



**T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
TEMEL SAĞLIK HİZMETLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**TÜRKİYE KRONİK HAVA YOLU HASTALIKLARINI
ÖNLEME VE KONTROL PROGRAMI**

**TÜRKİYE’NİN
HAVA KİRLİLİĞİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ
SORUNLARINA SAĞLIK AÇISINDAN
YAKLAŞIM**

**EYLÜL 2010
ANKARA**

T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü

TÜRKİYE KRONİK HAVA YOLU HASTALIKLARINI
ÖNLEME VE KONTROL PROGRAMI

TÜRKİYE’NİN
HAVA KİRLİLİĞİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ
SORUNLARINA SAĞLIK AÇISINDAN
YAKLAŞIM

Bu yayının tüm hakları Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğüne aittir. Kaynak gösterilmeksizin alıntı yapılamaz. Alıntı yapıldığında kaynak gösterimi “Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, yayın no ve tarihi” şeklinde olmalıdır. 5846 sayılı yasa gereği Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğünün onayı olmaksızın tamamen veya kısmen çoğaltılamaz.

ISBN : 978-975-590-342-2

Sağlık Bakanlığı Yayın No : 811

Ayrıntılı bilgi için: T.C. Sağlık Bakanlığı, Mithatpaşa Caddesi No: 3, Sıhhiye 06430, Ankara, Türkiye (Telefon: (0312) 585 10 00 (50 hat); e-posta: saglik@saglik.gov.tr

Baskı: Anıl Matbaacılık: 0312 229 37 41

Bu kitap, “Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıklarını (Astım-KOAH) Önleme ve Kontrol Programı (2009-2013) Eylem Planı”nın Hastalık Gelişiminin Önlenmesi Aktiviteleri Çerçevesinde; Paydaşlar Arasında Farkındalık Yaratma, İletişimi Geliştirme, Toplumsal Harekete Dönüşme, Araştırma ve Teknik Gelişme Gereksinimlerini Vurgulamaya ve Gidermeye Yönelik Olarak Hazırlanmıştır.

KONUK EDİTÖRLER

Prof. Dr. Celal KARLIKAYA

Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr. Hasan YÜKSEL

Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi
Çocuk Allerji Bilim Dalı

Prof. Dr. Hasan BAYRAM

Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

Doç. Dr. Lokman Hakan TECER

Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Sait SOFUOĞLU

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi
Kimya Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Arzu YORGANCIOĞLU

Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

EDİTÖRLER

Dr. Yasin ERKOÇ

Müsteşar Yardımcısı

Dr. Seraceddin ÇOM

Genel Müdür

Uzm. Dr. Bekir KESKİNKILIÇ

Genel Müdür Yardımcısı

Uzm. Dr. Nazan YARDIM

Daire Başkanı

Ertuğrul GÖKTAŞ

Şube Müdürü

Ayşe GÜNDOĞAN

Tıbbi Teknolog

YAZARLAR

(Soyadı Sırasına Göre)

Prof. Dr. Aysel ATIMTAY

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Hasan BAYRAM

Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ahmet CAN

Trakya Üniversitesi Mimarlık
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Arif Hikmet ÇIMRIN

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

Doç. Dr. Berkan DEMİRAL

Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
Kamu Yönetimi Bölümü

Doç. Dr. Müge Akpınar ELÇİ

Environmental and Occupational Health Department of Public Health and Preventive
Medicine, School of Medicine, St. George's University, Grenada, The Caribbean

Doç. Dr. Salih EMRİ

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

Uzm. Bio. Sevinç ERTAŞ

Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı
Hava Kalitesi Kontrol Birimi

Prof. Dr. Fatma EVYAPAN

Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Mehmet KARACA

İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Celal KARLIKAYA

Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

Uzm. Dr. A. Bilge ÖZTÜRK

Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi
Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı

Doç. Dr. Sait SOFUOĞLU

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi
Kimya Mühendisliği Bölümü

Dr. Mustafa ŞAHİN

Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
Hava Dairesi Başkanı

Doç. Dr. Lokman Hakan TECER

Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Hasan YÜKSEL

Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi
Çocuk Allerji Bilim Dalı

KATKIDA BULUNANLAR (TEŞEKKÜRLER)

(Soyadı Strasına Göre)

Prof. Dr. Recep AKDUR
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Halk Sağlığı Anabilim Dalı

Doç. Dr. Tayfun KINDAP
İstanbul Teknik Üniversitesi
Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü

Dr. Sabahattin KOCADAĞ
Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü
Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı

Uzm. Dr. Nilüfer ÖZBEK SCİMEMİ
Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü
Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı

Aliye ŞAYBAKHAN
Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
Hava Dairesi Başkanlığı

Prof. Dr. Gürdal TUNCAY
Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

Yrd. Doç. Dr. Alper ÜNAL
İstanbul Teknik Üniversitesi
Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü

Uzm. Dr. Özge YILMAZ
Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi
Çocuk Allerji Bilim Dalı

İÇİNDEKİLER

Sunuş	13
Teşekkür	15
Ön Söz	17
Tablolar Dizini	19
Şekiller Dizini	20
1 İç Ortam Hava Kirliliği	21
1.1 Giriş.....	21
1.2 İç Ortam Hava Kirleticileri, Kaynakları ve Sağlık Etkileri	23
1.2.1 Biyoaerosoller.....	25
1.2.2 İnce Partiküler Maddeler	28
1.2.3 Ağır Metaller.....	31
1.2.4 Uçucu Organik Maddeler.....	32
1.2.5 Aldehitler	36
1.2.6 Pestisitler.....	38
1.2.7 Kirletici Gazlar	39
1.2.7.1 Karbondioksit	39
1.2.7.2 Karbonmonoksit	40
1.2.7.3 Ozon.....	40
1.2.7.4 Kükürtdioksit.....	41
1.2.7.5 Nitrojen Oksitler	41
1.2.7.6 Asbest.....	42
1.2.7.7 Radon.....	45
1.3 Özel İç Ortam Kirletici Kaynakları.....	47
1.3.1 Biyomas	47
1.3.1.1 Çocuklarda Akut Alt Solunum Yolu İnfeksiyonları (AAYİ)	50
1.3.1.2 KOAH, Kronik Bronşit, Akciğer Fonksiyonları ve Solunum Sistemi Semptomları	50
1.3.1.3 Akciğer Kanseri	50
1.3.1.4 Tüberküloz.....	51
1.3.1.5 İnterstisyel Akciğer Hastalığı, Pnömonyoz ve Diğer Solunum Sistemi Etkileri.....	51
1.3.2 Çevresel Tütün Dumanı Maruziyeti (ÇTD).....	51
1.3.2.1 ÇTD Maruziyetinin Çocukların Solunum Sağlığı Üzerine Etkileri.....	52
1.3.2.2 Çevresel Tütün Dumanı Maruziyetinin Erişkin Solunum Sağlığı Üzerindeki Etkileri.....	53
1.3.2.3 Çevresel Tütün Dumanı Maruziyetinden Korunma	54
1.3.3 Sağlıksız Bina Sendromu (SBS).....	54
1.3.3.1 SBS Prevalansında artışa neden olan risk faktörleri.....	55
1.3.3.2 SBS İle İlgili Semptomlar.....	56

1.3.3.3 SBS'nin Ekonomik Sonuçları.....	57
1.3.3.4 SBS Salgınından Şüphelenildiğinde Atılacak Adımlar	57
1.4 Türkiye'de İç Ortam Hava Kirliliği İle İlgili Durum.....	57
1.4.1 Yasal Durum	62
1.4.1.1 İç Ortam Hava Kirleticisi Sigara için Güncel Yasal Durum ve Yasal Uygulamaların Etkinliği.....	62
1.5 İç Ortam Hava Kirliliği İle İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri	64
1.5.1 Mikrobiyal Aktivitenin Önlenmesi	65
1.5.2 Kimyasal Emisyonların Azaltılması	66
1.5.3 İç Ortam Havalandırması.....	68
1.5.4 İç Ortam Hava Kalitesini Arttırmak İçin Uygulanacak Stratejiler.....	69
1.5.4.1 Yanma Ürünleri.....	69
1.5.4.1.1 Biyomas Yakıtlar	69
1.5.4.1.2 Çevresel Tütün Dumanı.....	71
1.5.4.1.3 Kimyasal Kirleticiler	71
1.5.4.1.3.1 Uçucu Organik Bileşikler	71
1.5.4.1.3.2 Allerjenler	72
1.5.5 İç Ortam Hava Kirliliği: Önerilen Çözümler	73
2 Dış Ortam Hava Kirliliği.....	77
2.1 Giriş.....	77
2.2 Hava Kirleticileri	79
2.2.1 Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması.....	80
2.2.1.1 Kriter ve toksik Hava Kirleticiler	80
2.2.1.2 Birincil ve İkincil Kirleticiler	80
2.2.2 Kirleticiler	82
2.2.2.1 Partikül Madde	82
2.2.2.2 Ozon (O ₃).....	84
2.2.2.3 Azot oksitler (NO _x)	84
2.2.2.4 Kükürtdioksit (SO ₂)	85
2.2.2.5 Karbonmonoksit (CO)	85
2.2.2.6 Uçucu Organik Bileşikler	86
2.2.3 Hava Kirleticilerinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Olumsuz Etkileri.....	86
2.2.3.1 Epidemiyolojik Çalışmalar	86
2.2.3.2 Hava Kirleticilerin Etki Mekanizmaları	91
2.2.3.2.1 Gönüllü İnsan Laboratuvar Çalışmaları	91
2.2.3.2.2 Hücre Düzeyindeki Etkiler	94
2.2.4 Türkiye'deki Mevcut Durum ve Sorunlar	97
2.2.5 Hava Kirliliği Konusunda Yasal Düzenlemeler	103
2.2.5.1 Yönetmelikler	103
2.2.5.1.1 Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği..	105
2.2.5.1.2 Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği	106

2.2.5.1.3 Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği.....	106
2.2.5.1.4 Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği.....	107
2.2.5.1.5 Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği.....	108
2.2.5.1.6 Hava Kalitesi Ölçüm-İzleme Ağı.....	109
2.3 Hava Kirliliği Düzeyinin ve Sağlık Parametreleri Üzerindeki Etkilerinin Azaltılması Konusunda Öneriler.....	110
2.3.1 Hava Kirliliği Konusunda Sağlık Bakanlığı Olarak Yapılabilecekler .	114
3 İklim Değişikliği.....	117
3.1 Giriş ve Tanımlar	117
3.1.1 Sera Gazları, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği.....	117
3.2 İklim Değişikliğinin Nedenleri	119
3.2.1 Sera Gazı Emisyonları	119
3.2.1.1 Karbondioksit	120
3.2.1.2 Hidrofluorokarbonlar (HFCs), Perfluorokarbonlar (PFCs):	121
3.2.1.3 Metan:.....	121
3.2.1.4 Nitrözoksit (N ₂ O):.....	121
3.2.1.5 Karbonmonoksit:	121
3.2.2 Ozon.....	121
3.2.3 İnsan Faaliyetlerinin Etkisi (andropojenik iklim değişikliği).....	122
3.3 İklim Değişikliğinin Etkileri	122
3.3.1 Türkiye'deki Durum	124
3.3.2 İklim Değişikliğinin Sağlık Üzerine Etkileri	126
3.3.2.1 Sıcaklık Dalgaları ve Termal Stres	127
3.3.2.2 Kasırgalar, Fırtınalar, Seller ve Yangınlar.....	128
3.3.2.3 Vektör ve Zoonotik (VBZ) Hastalıklar	128
3.3.2.4 Su ve Yiyecek Kaynaklı Hastalıklar	129
3.3.2.5 Enfeksiyonlar, Salgın Hastalıklar	129
3.3.2.6 Stratosferik Ozon Azalması ve Ultraviyole Radyasyonu Etkileri .	130
3.3.2.7 Solunumsal Hastalıklar.....	130
3.3.2.8 Allerjik Hastalıklar	132
3.3.2.9 Sahra (Afrika) Tozu	132
3.3.2.10 Türkiye'deki Durum	133
3.4 Çözüm Önerileri.....	135
3.4.1 İklim Değişimini ve Etkilerini Önleyici Çalışmalar	135
3.4.1.1 Sera Gazlarını Azaltma Politikaları	135
3.4.1.2 Etkilerin Yönetimi ve Uyum Çalışmaları.....	136
3.4.1.2.1 Teknolojik Gelişme Düzeyi.....	136
3.4.1.2.2 Standart Yaşam Şartları ve Yerel Çevre Durumu	136
3.4.1.2.3 Mevcut Sağlık Durumu	136
3.4.1.2.4 Sağlık Sistemi ve Ulaşılabilirlik.....	136
3.4.1.2.5 Halk Sağlığı Alt Yapısı	136
3.4.2 Uyum Çalışmaları.....	136

3.4.2.1 İnfeksiyon Hastalıklarına Karşı Alınacak Önlemler:.....	136
3.4.2.2 Hastalık Sürveyansı	137
3.4.2.3 Koruyucu Teknolojiler.....	137
3.4.2.4 Hava Tahmini ve Uyarı Sistemi.....	137
3.4.2.5 Kriz Yönetimi ve Afet Hazırlığı	138
3.4.2.6 Halkın Sağlık Eğitimi ve Koruyucu Sağlık Hizmetleri	138
3.4.2.7 Yasama ve Yürütme	139
3.4.3 İklim Değişikliği ve Hava Kalitesi ile İlgili Kurum ve Kuruluşlar	139
3.4.3.1 Resmi Kuruluşlar:.....	139
3.4.3.2 Bilimsel Kuruluşlar.....	139
3.4.3.3 Sivil Toplum Kuruluşları	140
4 KAYNAKLAR.....	143

SUNUŞ

Kronik hava yolu hastalıkları (KHH) bugün dünyada milyonlarca insanı etkilemektedir. Astım ve solunumsal allerjiler, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), meslek hastalıkları, uyku apne sendromu ve pulmoner hipertansiyon bu hastalıklar arasında olup önemli bir halk sağlığı sorunudur. Önenebilir bu hastalıkların en temel ve ortak risk faktörü ise sigaradır.

Ülkemizde 2003 yılından itibaren uygulanmaya başlayan Sağlıkta Dönüşüm Programı bileşenlerine edinilen tecrübeler ışığında 2007 yılında “Daha iyi bir gelecek için sağlığın geliştirilmesi ve sağlıklı hayat programları” ve “Tarafların harekete geçirilmesi ve sektörler arası işbirliği için çok yönlü sağlık sorumluluğu” başlıkları da ilave edilmiş; 2010-2014 yıllarını kapsayan Stratejik Eylem Planımızda bulaşıcı olmayan hastalıkların gelişimine neden olan risk faktörlerini azaltarak bu hastalıkların görülme sıklığını ve bu hastalıklardan kaynaklanan ölümlerin azaltılması hedef olarak belirlenmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü 2005 yılında 4 milyon kişinin kronik solunum yolu hastalıkları nedeniyle öldüğünü bildirmiş ve bu sayının giderek artacağı öngörüsü ile kronik solunum hastalıkları alanında özellikle gelişmekte olan ülkelere yönelik, hükümetlerinin liderliğinde ve uluslararası destekle çalışmalar başlatılmasını önermiş ve Kronik Solunum Hastalıklarına Karşı Küresel İşbirliği-GARD (Global Alliance Against Chronic Respiratory Diseases) yapılanması gündeme gelmiştir. DSÖ uygulamalarına paralel olarak Türkiye GARD projesi kapsamında da “Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıklarını (Astım-KOAH) Önleme ve Kontrol Programı” hazırlanmıştır. Eylem Planının geliştirilip uygulanmasıyla bu hastalıklara bağlı ölümlerin ve beraberinde getirdiği ekonomik yükün azaltılması, akciğer sağlığının geliştirilmesi ve en önemli sağlık sorunlarından biri olduğuna dikkat çekilmesi amaçlanmıştır.

Programın hedefleri, kronik hava yolu hastalıkları konusunda toplumu bilgilendirmek, toplumsal farkındalığı arttırmak, başlıca risk faktörleri konusunda olumlu ve kalıcı davranış değişiklikleri oluşturmak için çalışmalar yürütmek, hastalıkları erken dönemde saptamak ve ilerlemesini önlemek, hastalıkların etkin tedavisi, komplikasyonların gelişiminin önlenmesi ve bu hastalıklara yönelik rehabilitasyon hizmeti sunulması, etkin surveyanslarının yapılması suretiyle insanların sağlık açısından kalitesi yüksek bir hayat sürdürmelerini sağlamaktır.

Bu bağlamda eylem planının “Hastalık Gelişiminin Önlenmesi” çalışma grubu etkinlikleri kapsamında iç-dış ortam hava kirliliğinin azaltılması ve iklim değişikliği konusunda ülkemizdeki sorunları tespit etmek ve alınacak önlemleri belirlemek üzere ilgili disiplinler, resmi kurumlar ve sivil toplum kuruluşları gibi taraflardan oluşan bir komisyon marifetiyle hazırlanan “*Hava Kirliliği ve İklim Değişikliği*” kitabını yayınlamaktan ve kullanıcıların istifadesine sunmaktan büyük mutluluk duymaktayız.

Bu raporun ilgili tüm kurum, kuruluş ve kişilere faydalı olacağı inancıyla çalışmada emeği geçenlere teşekkür eder, başarılı çalışmalarının devamını dilerim.

Dr. Seraceddin ÇOM
Temel Sağlık Hizmetleri
Genel Müdürü

TEŞEKKÜR

Kronik Solunum Hastalıklarına Karşı Küresel İşbirliği (Global Alliance Against Respiratory Diseases - **GARD**), kronik solunum hastalıklarının kontrol ve tedavisine yönelik ulusal ve uluslararası kuruluşların gönüllü olarak birleşip çalıştığı, Dünya Sağlık Örgütü bünyesinde kurulmuş bir organizasyondur. Bu birliğin farkı üye ülkelerin bu alandaki etkinliklerine ülke Sağlık Bakanlığı'nın katılma zorunluluğudur.

GARD kuruluş koşullarını tümüyle yerine getiren ve dünyada örnek proje olarak gösterilen “TÜRKİYE KRONİK HAVA YOLU HASTALIKLARINI ÖNLEME VE KONTROL PROGRAMI” başlıklı GARD Türkiye projemiz kapsamında 46 paydaşımızla birlikte çalışmalarımızı sürdürmekteyiz. Kontrol programımızda beş ayrı çalışma grubu etkinlikleri planlamakta ve paydaş temsilcilerinin de katılımıyla Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Bulaşıcı Olmayan Hastalıklar ve Kronik Durumlar Daire Başkanlığı Solunum Sistemi Hastalıkları Şube Müdürlüğümüzce yürütülmektedir.

3. çalışma grubumuz olan “ Hastalıkların Gelişiminin Önlenmesi “ Çalışma grubu Programın uygulamaya başlanmasından bu yana büyük bir özveriyle çalışmalarını sürdürmektedir. Kendi alanlarındaki hedeflerine ulaşmada planladıkları stratejilerden biri olan “İç ve Dış Ortam Hava Kirliliğinin azaltılması” stratejisi kapsamında kurdukları komisyonun ürünü olan bu “HAVA KİRLİLİĞİ VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ “ raporunu paylaşmaktan sonsuz mutluluk duymaktayım. Dünya gündeminin giderek en üst sıralarına oturan bu konunun ülkemizde ele alınmış olması, ilgili paydaşlarla ortak akılla böylesine kapsamlı bir rapor hazırlanması çok önemlidir ve belki de bizi dünyada böyle bir rapora sahip nadir ülkeler arasına almaktadır.

Bu süreçte yoğun emek harcıyıp özveriyle çalışan Çalışma grubu Başkanımız Prof. Dr. Celal Karlıkaya'ya, sekreteri Prof. Dr Hasan Yüksel'e, Çalışma grubunun ve Komisyonun çok değerli üyelerine yürekten teşekkür ediyorum. Ülkemiz Akciğer Sağlığı alanında yaptıkları bu hizmetten dolayı içtenlikle kutluyorum.

Prof.Dr. Arzu Yorgancıoğlu
GARD Ülke Koordinatörü
Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıklarını
Önleme ve Kontrol Programı
Yürütme Kurulu Başkanı

ÖN SÖZ

Uluslararası ve ulusal sağlık verileri kronik solunum hastalıklarının gittikçe artan bir halk sağlık sorununa dönüştüğünü göstermesi ile Sağlık Bakanlığı ve Türk Toraks Derneği öncülüğünde birçok paydaş bir araya gelerek Türkiye Kronik Havayolu Hastalıkları Önleme ve Kontrol Programını geliştirmiştir. Bu programın hastalık gelişiminin önlenmesi stratejisinde iç ve dış ortam hava kirliliği ile mücadele önemli bir yer tutmaktadır. Eylem planı hazırlanırken bu konuda yapılması gerekenlerin bir uzmanlar kurulunun hazırlayacağı rapor temelinde planlanması gereği benimsenmiştir. Daha sonra ortaya çıkan bilgi birikimi ile birlikte küresel iklim değişikliğinin de bu rapora eklenmesine karar verilmiştir. Çünkü artık tüm dünyada insanların temiz ve sağlıklı hava soluma özgürlüklerini, dahası sağlık ve yaşama haklarını kısıtlayan ve belki de insanlığın karşılaştığı en önemli yaşamsal tehlikelerden birisinin küresel ısınma olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu rapordan amaçlar ve hedefler şunlardır:

1. Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıkları Önleme ve Kontrol Programının paydaşları arasında hava kirliliği ve iklim değişimi konusunda ortak bir dil ve benzer bir farkındalık düzeyi sağlamak ve böylece bu konudaki sağlık politikalarının ulusal ve yerel düzeyde eşgüdümünü geliştirmek (İletişim).
2. İç ve dış ortam hava kirliliğini ve iklim değişikliğini önleme ile ilgili toplumsal bilincin yükseltilmesi ve kaynakların (kamu, özel sektör, sivil toplum kuruluşları...) harekete geçirilmesi (Toplumsal Hareket).
3. İç ve dış ortam hava kirliliğinin ve iklim değişikliğini saptanması, önlenmesi ve kontrolü için çalışan kamu ve sivil toplum hizmetlerinin ve programlarının güçlendirilmesi (Hizmetin Genişletilmesi) için temel çerçeve oluşturmak. Bu rapora dayalı olarak her bir ilimizdeki GARD kurulunca sorunlar ve çözüm planlarının raporlanmasına temel oluşturmak.
4. İç ve dış ortam hava kirliliğinin ve iklim değişikliğinin saptanması, önlenmesi ve kontrolü için yeni araç ve yöntemler geliştirilmesi ve uygulamaya sokulması için (Teknik Gelişme) temel teknik bilgiler aktarmak.

Bu rapor hem merkezi hem de yerel düzeyde karar vericiler, paydaşlar, hastalar ve konunun tüm ilgililerine yönelik olarak hazırlanmaya çalışılmışsa da bazı tıbbi ve mühendislik teknik bilgileri de içermektedir ve bir eğitim kitabından çok gündelik yararlı olacak bilgileri içermesine çalışılmıştır. Bu rapor kaçınılmaz olarak eksik bilgiler içerebilir. Bu konudaki her türlü geri bildirimim editörlüğümüze veya Sağlık Bakanlığı'na iletilmesi çok yararlı olacaktır.

Bu rapor çerçevesinde ülkemiz için hem yerel hem de ulusal düzeyde yeni bilgi ve belge üretmek, kanıta dayalı eylemleri hayata geçirmek amacı güdülmektedir. Bunun belirli aralıklarla, özellikle il raporlarıyla birlikte güncellenen bir rapor şeklinde olması gerektiği kanısındayız.

Ülkemiz ve dünyamız için hem iç ortam hem de dış ortamda havamızın daha fazla farkında olmamız, değerini bilmemiz gerekmektedir. Hem kişisel hem de ülke olarak yapabileceğimiz birçok şey vardır. Kalkınacağız derken soluğu kesilen insanlarımızın olmasına, vatanımızın, dünyamızın yok olmasına göz yumamayız. Dahası bu hastalıklar bir yandan soluğumuzu keserken bir yandan da iş ve işgücü kaybı ile birlikte ağır can ve sağlık harcamaları kaybı nedeniyle kalkınmaya da engel oluşturmaktadırlar.

Bu büyük sorunun çözümü toplumun her bireyi yanında toplumsal kurum ve kuruluşları da ilgilendirmektedir ve son bölümde belirtilen kurum ve kuruluşlardan eksiklikler varsa şimdiden af diliyoruz. Eminiz ki çok duyarlı kişiler ve kuruluşların hiçbirisinin katkısı ve desteği göz ardı edilemez. Başvuru yapılırsa bu gibi eksiklikler hem ulusal hem de il düzeyindeki kurul ve belgelerde giderilebilecektir.

Bu raporun hazırlanmasına emeği geçen başta birçok üniversiteden, gönüllü olarak emek veren bilim adamlarımız olmak üzere herkese teşekkür ediyor ve yararlı olmasını diliyoruz.

Prof. Dr. Celal KARLIKAYA
Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıklarını
Önleme ve Kontrol Programı
Hastalık Gelişiminin Önlenmesi
Çalışma Grubu Başkanı

TABLolar DİZİNİ

İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ

- Tablo 1. İç Ortam Hava Kirleticilerinin Potansiyel Kaynakları ve Sağlık Etkileri
- Tablo 2. İç ortamda yaygın olarak gözlenen UOB'ler ve kaynakları (Hansen, 1991'den uyarlanmıştır)
- Tablo 3. İnsan Dokularında Bulunduğu Gösterilmiş Olan Mineral Silikatlar (99)
- Tablo 4. DSÖ Alt Bölgelerine Göre Ev İçerisinde Tahmini Katı Yakıt Kullanım Oranları (*Who, 2005*)
- Tablo 5. Katı Yakıt Dumanı İnhalasyonun Çeşitli Solunumsal Hastalıkların Ortaya Çıkmasındaki Göreceli Etkileri
- Tablo 6. Ülkemizde İç-Dış Ortam Hava Kirletici Düzeyleri ve Sağlık ile İlişkili Çalışmalar
- Tablo 7. İç Ortam Hava Kalitesi ve İlgili Kılavuzlar

DIŞ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ

- Tablo 8. Türkiye'de 2008-2009 Kış Sezonu İçin En Kirli 10 İlde PM₁₀ Ve SO₂ Ortalama Konsantrasyonları
- Tablo 9. Hava Kalitesi Sektörü Altında Yer Alan AB Direktifleri

İKLİM DEĞİŞİMİ

- Tablo 10. Küresel Isınma ve İnsan Sağlığına Olası Etkileri

ŞEKİLLER DİZİNİ

İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ

Şekil 1. Bina-İçi Hava Kalitesi Sorunlarına Çeşitli Sebeplerin Katkı Payları

Şekil 2. Aldehit Temel Fonksiyonel Grubu

Şekil 3. Radyum-226'nın Kurşun-210'a Bozunma Yolu

İKLİM DEĞİŞİMİ

Şekil 4. Sera Etkisi

Şekil 5. Son 100 Yıldaki Küresel Karbon ve CO2 Salınımları ve Sıcaklık Değişimi

Şekil 6. İklim Değişikliğinin Olası Sağlık Etkileri

1 İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ

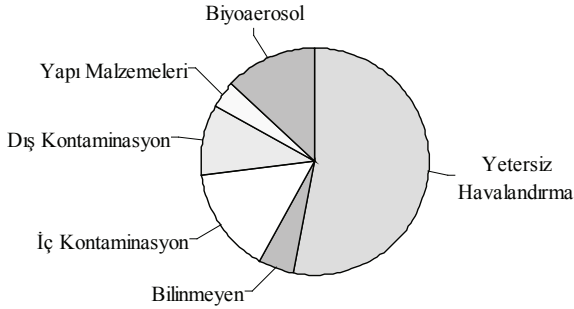
1.1 Giriş

İç ortamlar, insanların zamanlarının yaklaşık %80-90'ını geçirdiği konutlar, okullar, resmi binalar, kapalı spor salonları, eğlence yerleri ve taşıtlar gibi mekanlardır. İç ortam hava kalitesi ev, okul, ticari ve idari ofis binaları, hükümet binaları gibi endüstri harici binaların içinde bulunan insanların, ortam havasında bulunan kirleticilerin sağlığa olan etkilerinden korunması amacıyla gelişen bir bilimsel alan olarak ifade edilebilir. Her binanın kullanım amacı, içerisinde barındırdığı eşya türleri, yapı ve döşeme malzemelerindeki farklılıklar her binadaki hava kalitesinin değişkenliğinde birer parametre olup bu bölümde özellikle bu tip binalardaki kirleticiler ve kaynakları ele alınacaktır. Endüstriyel ortamlar ise üretime dayalı ve bir veya daha fazla spesifik kirletici açısından daha kirli bir hava kalitesi bulundurabildiğinden iş ve işçi sağlığı ana başlığı altında ele alınır.

İç ortam hava kalitesine, sıcaklık, nem oranı, ışık şiddeti, hava akım hızı gibi konfor parametrelerini de ekleyip bir bütün olarak ele aldığımızda İç Ortam Çevresel Kalite terimi ortaya çıkmaktadır. Bina ile ilgili semptomlar ya da Hasta Bina Sendromu, herhangi bir faktör ile sebep-sonuç ilişkisi kurulamayan yani kısaca nedeni belirlenemeyen, bina-içi çevresel kalitenin düşük olması sonucu kirleticilere ve konfor parametrelerine duyarlı kişilerde binada buldukları sırada gözlenen, binadan uzaklaşıldığında, örneğin akşam işten eve gidildiğinde, bir iyileşme gözlenen ya da tamamıyla ortadan kaybolan, klinik müdahale gerektirecek kadar ciddi boyutlara ulaşmayan ancak kişilerde performans kaybına sebep olan hava ile direkt irtibatla olan mukozalarda ve deride tahriş, baş ağrısı, bulantı vb. sağlık etkilerini, belirtilerini ifade eden benzer terimlerdir. Bu belirtiler ile muhtemel sebepleri arasında bir bağlantı kurulamaması genelde bina-içi hava derişimlerinin düşük olması sebebiyledir. Belirtiler arasında mukoza membran tahrişi (göz, burun, boğaz, ve deride tahriş), kızarıklık vb. deri reaksiyonları, genel semptomlar (baş ağrısı, bitkinlik, baş dönmesi, mide bulanması, konsantrasyon zorluğu) ve nefes alıp verme zorluğu gibi üst solunum yolu semptomları bulunmaktadır. Genel itibarla mikrobiyolojik etkenler sonucu ortaya çıkan bazı hastalıklar bina ile klinik olarak ilişkilendirilebilmektedir. Bunlar için Bina ile ilgili Hastalık terimi kullanılmaktadır. Bina ile ilgili hastalıklar arasında lejyoner hastalığı, astım, hipersensitivite pnömoniti, nemiendirici ateşi, kronik allerjik rinit bulunmaktadır.

Yaklaşık 1850'lerden itibaren iç ortamın insan hayatını etkileyen en önemli faktör olduğu düşünülmekteydi. Buna karşın 1960'lardan itibaren dış ortam kirliliği ile ilgili sorunlar ön plana çıktı ve önem kazanmaya başladı (1). Ama günümüzde de iç ortam kirleticilerine olan maruziyetin önemli bir morbidite ve mortalite nedeni olduğu konusundaki kanıtlar gittikçe artmaktadır. Özellikle 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizi sonrası enerji tasarrufu nedeni ile bina havalandırma ve klima sistemlerinin yarı kapasite ile çalıştırılması, ısı yalıtımı amacıyla binaların hava sızdırmaz özellikte tasarlanması, iç ortam havasına bağlı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını kolaylaştırmıştır. 1990'lı yıllarda prefabrike konut yapımının ve sentetik yapı malzemesi kullanımının artması, iç ortamlarda faks makinesi, bilgisayarlar gibi elektronik cihazların yaygınlaşması sorunu daha da karmaşık hale getirmiştir (2-4). Gerçekten de Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) pek çok risk faktörünün küresel hastalık yüküne olan etkilerini incelemiş ve iç ortam kirliliğinin küresel hastalık yükünün %2,7'sinden sorumlu, sekizinci neden olduğunu ortaya koymuştur. Genel olarak katı yakıt kullanımına bağlı iç ortam hava kirliliği pnömoni, kronik solunum sistemi hastalıkları ve akciğer kanserine bağlı 1,6 milyon ölümden sorumlu tutulmaktadır. Genel hastalık yükü (ki hastalığa göre düzeltilmiş yaşam yılları ya da 'DALY' (*dysability adjusted life years*; hastalık ve ölüme bağlı sağlıklı yaşam yılı kaybı) dış ortam kirliliğine bağlı hastalık yükünün beş katı kadardır. Gelişmekte olan yüksek mortaliteli ülkelerde iç ortamdaki duman tüm hastalık yükünün %3,7'sini oluşturmakta olup, malnütrisyon, cinsel yolla bulaşan hastalıklar, sağlıksız ve kirli su ile bulaşan hastalıklardan sonra en öldürücü nedenlerden birisidir. Popülasyonun bazı grupları kadınlar ve küçük çocuklar iç ortam kirliliğinin olumsuz etkilerine daha açık halde bulunmaktadır. Çünkü günlük etkinliklerinin büyük bir kısmı tam olarak havalandırılmayan ortamlarda katı yakıtların kullanıldığı dış ortama çıkışı bulunmayan ocaklarda pişirme ile geçmektedir (5).

İç ortam havası; i) biyolojik kaynaklı bakteri, mantar, küf, virüs, polen ve onların parçalarından oluşan biyoaerosoller ve ii) yemek pişirme, sigara içimi, ısıtma ve soğutma sistemleri, bina yapı malzemeleri ve mobilyalardan kaynaklanan biyolojik olmayan toz ve diğer kirleticiler nedeniyle kirletilebilmektedir. Bina-içi hava kalitesi sorunlarına çeşitli sebeplerin katkı payları Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Bina-İçi Hava Kalitesi Sorunlarına Çeşitli Sebeplerin Katkı Payları
(Kaynak: NIOSH-USA)

İç ortam havasındaki kirleticilerin miktarı ve türü; yapının özelliklerine, yapımında kullanılan malzemeye, ısıtma sistemine, havalandırma durumuna, içinde gerçekleştirilen aktivitelere (konut, işyeri, fabrika vb. olması), içinde yaşayan kişilerin davranış biçimlerine (sigara içme gibi) bağlıdır. İç ortam hava kirliliği yapının iç koşullarına bağlı olabileceği gibi; dış koşulların etkisi ile de oluşabilir. Özellikle ısınma amaçlı yakılan fosil yakıtlardan kaynaklanan kirleticiler, trafik emisyonları ve radon dış ortamdan iç ortama girebilir (2). Bu konu ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda, iç ortam hava kalitesinin bozulmasının çeşitli solunum yolu hastalıkları (astım gibi), allerjik hastalıklar (hypersensitivite pneumonitisi gibi) ve kansere neden olabileceği belirtilmektedir.

Bu raporda, iç ortam hava kirliliğine neden olan kirleticiler, kaynakları ve sağlık etkileri özetlenerek, ülkemizdeki sorunların tanımı, çözüm önerileri verilerek, halkın sağlığının korunmasına yönelik yapılması gereken çalışmalar ortaya konmaya çalışılmıştır. İç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi; sağlıklı nesillerin yetiştirilmesi, insan sağlığının korunması ile rahatsızlıklardan kaynaklanan iş kaybının azalmasına ve tıbbi tedaviler nedeniyle ortaya çıkan ekonomik kayıpların da önüne geçecektir.

1.2 İç Ortam Hava Kirleticileri, Kaynakları ve Sağlık Etkileri

Farklı türde pek çok hava kirleticisi iç ortamlarda bulunabilmektedir. Bunlar yerleşim yerlerine, binalardan binalara, hatta aynı ev içinde farklı odalarda bile

değişiklik göstermektedir. Bazı iç ortam kirleticileri temel olarak dış ortamdaki kaynaklanırken, bazılarının aynı zamanda ev içi kaynakları da vardır. Bunlar arasında biyoaerosoller, havada asılı solunabilen parçacıklar, uçucu organik bileşikler, kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂), karbon monoksit (CO), fotokimyasal oksidanlar, kurşun ve bazı oksidanlar bunlar arasında sayılabilir. Tablo 1’de iç ortamlarda sıkça rastlanan hava kirleticileri, kaynakları ve sağlık etkileri özetlenmiştir. İlerleyen bölümlerde her bir kirletici ile ilgili yapılan çalışmalar ve sonuçları özetlenmiştir.

Tablo 1. İç Ortam Hava Kirleticilerinin Potansiyel Kaynakları ve Sağlık Etkileri

Kirletici	Potansiyel Kaynakları	Sağlık Etkileri
Biyoaerosoller	Bitkiler, hayvanlar, kuşlar, insanlar, yastıklar, yataklar, ev tozları, ıslak veya nemli malzemeler, dış ortam	Enfeksiyon hastalıkları; astım, solunum yolu hastalıkları, allerjik reaksiyonlar; zehirleyici etkiler
İnce partiküler maddeler	Sigara içimi, ısıtma veya yemek pişirme aktiviteleri, toz, toprak, deri döküntüleri, mantar sporları, kağıt ve kumaş fiberlerinden oluşan çökelen tozların tekrar ortama yayılması	Solunum yolları hastalıkları, akciğer fonksiyonları ile ilgili hastalıklar, kalp hastalıkları
Ağır metaller	Sigara içimi, dışarıdan içeriye taşınan parçacıklar, boya, ısınma amaçlı yakıt yakılması	Toksisite, gelişim bozukluğu, üreme bozuklukları
Uçucu Organik Bileşikler	Sigara içimi, parfümler, saç spreyleri, mobilya cilaları, temizlik maddeleri, hobi ve sanat malzemeleri, pestisitler, halı ve iplik boyaları, tutkal, yapıştırıcı ve yalıtım malzemeleri, boyalar, vernikler, yapıştırıcı bantlar, ahşap koruyucular, kuru temizlenmiş elbiseler, güve ilaçları, hava tazeleyici kokular, depolanmış yakıtlar ve otomotiv ürünleri, kirlenmiş sular, plastikler	Bu kirleticilerin çoğu sinirsel/davranışsal zehir, karaciğer zehiridir ve kalbi etkiler

Formaldehit	Kontra plaklar, laminant parkeler, dolaplar, mobilyalar, formaldehit köpük yalıtım katkıları, halı ve kumaşlar, sigara içimi	Uzun süre maruz kalındığında gözlerde sulanmaya, gözlerde ve boğazda yanma hissine, mide bulantısına ve solunum zorluklarına yol açabilir, kanserojendir
Pestisitler	Böcek ve karınca öldürücüler, fare zehirleri, mantar ilaçları, mikrop öldürücüler, ot ilaçları	Bu kirleticilerin bir çoğu beyin ve karaciğeri zehiri, üreme zehiri ve hassaslaştırıcıdır, kanserojendir
Kirletici gazlar: <i>Karbondioksit</i> <i>Karbonmonoksit</i> <i>Azot oksitler</i> <i>Kükürt oksitler</i>	Eksik yanma ürünleri, uygunsuz çalıştırılan gaz veya yağ kazanları-sıcak su ısıtıcıları, ocaklar, kömür, odun sobaları, kombiler, havalandırmasız gaz sobaları-keresen ısıtıcılar, tütün ürünleri, gazlı pisirme sobaları, araç egzozları	Hastalarda boğulma etkisini güçlendirir, frekansını artırır; sağlıklı yetişkin erkeklerde iş gücünü azaltır, baş ağrıları, göz küçülmesi, sağlıklı yetişkinlerde değişken belirtiler gösterebilir; hastalarda kalp-akciğer fonksiyonlarını olumsuz etkiler
Asbest	Boru ve kazan yalıtımı, tavan ve döşeme levhaları, dekoratif spreyleyler, kaplama ve lambriyerler	Uzun süre soluyanlarda asbestozis hastalığı ve mezotelioma vs. oluşturur
Radon	Binaların bulunduğu yerdeki toprak ve kayaç özellikleri, yer altı suları, bazı bina malzemeleri	Kanserojendir

1.2.1 Biyoaerosoller

Havada bulunan sentetik olarak üretilmiş veya doğal olarak biraraya gelmiş biyolojik taneciklere biyoaerosol denmektedir. Biyoaerosoller; bakteriler, mantarlar, mantar sporları, virüsler ile polen ve bunların parçacıklarını içeren biyolojik kökenli hava kaynaklı tüm organik tozların genel adıdır. Bu biyolojik canlılara ve onların endotoksin, mikotoksin ve uçucu organik bileşikler (UOB) gibi mikrobiyal metabolitlerine maruz kalınması durumunda olumsuz sağlık koşulları oluşabilmektedir (6). Bu tip kirleticilerin bulunduğu evlerde astım krizlerinin sıklaşması ve kronik solunum yolu hastalıkları arasında ilişki bulunduğu yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir (7).

Biyoaerosollerin kaynakları, organik maddelerin mikrobiyal parçalanması, insan aktiviteleri ve/veya biyooerosollerin atmosferik taşınımıdır. Mikroorganizmalar iç ortama ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinden, kapılardan, pencerelerden, duvar açıklıklarından, su tesisat borularından gelebildiği gibi, insanlar tarafından, özellikle de ayakkabı veya kıyafetleri ile de iç ortama taşınabilmektedir. Mikroorganizmaların iç ortamda büyümesini ise; iç ortamın nem oranı, sıcaklık ve besin (kir, odun, kağıt, boya vb.) varlığı ile oksijen ve ışık miktarı belirlemektedir. İç ortamda en yaygın bulunan mikroorganizmalar, mantar ve bakterilerdir. Mantarların ürettikleri sporlar havaya karışabilmektedir; bazı mantarlar ise zehirli maddeler olan mikotoksin veya uçucu organik bileşikler de üretebilmektedir. İç ortamlarda hastalık yapabilen en yaygın mantar türleri *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*, ve *Alternaria sp.*'dir. Benzer olarak, bazı bakteriler de zehirli maddeler olan endotoksinler ve uçucu organik bileşikleri üretebilmektedir.

Yapılan çalışmalar, havada yüksek miktarda bulunan mikropların astım ve allerjik rinite (8), hipersensitivite pnömonitisi (9) ve hasta bina sendromuna (10) neden olduğunu göstermiştir. Ancak, yarattıkları sağlık sorunları yalnızca allerjik hastalıklarla sınırlı değildir; biyooeosoller ve yan-ürünlerinin enfeksiyona neden oldukları (11) ve toksik etkilerinin de (12) bulunduğu bilinmektedir. Patojenik biyolojik madde ile biyolojik olmayan bileşiklerin aynı kaynaklara sahip olması ve iç ortamda bulunan ince tozların biyooerosoller ile birlikte bulunması durumunda astım krizlerini ve allerjiyi tetiklemesi nedenleriyle, insan sağlığı yönünden yapılan iç ortam hava kalitesi ile ilgili çalışmalarda çoğunlukla biyolojik konsantrasyonlarla birlikte biyolojik olmayan kirletici konsantrasyonları da ölçülmektedir (12-14).

Bakteri hücreleri, patojen veya allerjen mikroplar gibi organik partiküllerin, inorganik tozların üstüne yapışarak hareket ettikleri bilinmektedir (15). Biyooerosollerin tozların üstüne olan transfer süreci birçok fizikokimyasal faktörün yanı sıra partiküllerin çapları ile de alakalıdır (16). İç ortamda gerçekleştirilen çalışmalardan, sigara dumanı gibi küçük aerodinamik çapa (0.01-1 μ m) sahip inorganik partiküllerin çapları çok daha büyük olan bakteri (bakteri boyut aralığı; 0.2-15 μ m) ve mantarları taşıyamadığı, ancak bakteri endotoksinleri gibi biyooerosoller taşıyabildikleri tespit edilmiştir (16;17).

Biyooerosollerin en önemlileri olan bakteriler ve mantarlar aşağıda detaylı olarak anlatılmaktadır (18).

Bakteriler; tek hücreli, gerçek çekirdeği olmayan, oldukça küçük organizmalardır. Bakteriler şekline ve boyutuna göre değişim göstermektedir. Şekle göre; küresel (coccus), çubuk (bacillus), ve spiral (spirillum) olarak sınıflandırılmaktadır. Düşük bakteri boyutları 0.4 ila 2.0 µm arasında değişirken (cocoid bakteriler); 4-20 µm boyutlarında (bacilli) olanları da vardır. Bakterilerin çoğu heterotroftir. Bu nedenle basit veya karmaşık organik molekülleri metabolize ederler. Bakteriler doğadaki birçok substrat üzerinde çoğalabilirler. Bakterilerin çoğalması için çevresel faktörler de önemlidir: oksijen varlığı, nem ve sıcaklık seviyesi ve pH gibi. Bakteriler UV ışınlarını tolere edemezler ve birkaç saat içerisinde ölürlür. Çoğu hava kaynaklı bakteriler mezofilik (20-35 °C) koşullarda optimum üreme gösterirler. Bakteriler, hücre içi ve hücre dışı olmak üzere kendi metabolitleri olan bazı toksinleri üretirler. Bu toksinlerin içerisinde mikrobiyal uçucu organik bileşikler (MVOC) olarak adlandırılan gazlar da yer almaktadır.

Bakteriler iç ortam havasında, ortam koşullarına bağlı olarak, 10-10000 CFU/m³ mertebelerinde bulunabilirler. Ortam havasındaki bakterilerin tespitinde kullanılan genel yöntem “canlı (kültür edilebilir) organizmalar”ın örneklenmesidir. Bu yöntemle örneklenen bakteriler, toplam hava kaynaklı bakterilerin yaklaşık %10’u kadardır. Gram pozitif coccus dediğimiz grupta *Staphylococcus*, *Streptococcus* ve *Micrococcus* türleri insan derisinden ve üst solunum yolu sisteminin mukoz membranlarından yayılmaktadır. Bakteri türlerinin sağlık etkileri konusu, literatürün en yeni konularındandır.

Mantarlar; bakterilere göre daha büyük yüzey alanına ve hyphae denilen uzantılara sahip organizmalardır. Mantarların gerçek çekirdeği vardır ve eşeyli (özel koşullarda) ve eşeysiz üreme yapabilirler. *Penicillium*, *Aspergillus* ve *Cladosporium* sporları birbirine yapışarak boyutlarını büyüttükleri için yere daha çabuk çökerler. Partikül çapı, yere çökme hızı ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Ancak, sporlar çökeldikleri yerden hava akımının hareketi veya bir dış hareket vasıtasıyla tekrar süspans olarak havaya karışabilirler. Mantarlar ayrıca, zor çevresel koşullar karşısında spor oluşturarak hayatta kalabilirler. Spor çapları 2 ila 100 µm arasında değişmektedir. Mantarlar, besin spesifiktir; yani bazı mantar türlerinin üreyebilmesi için belirli substrata gereksinimleri vardır. Mezofilik funguslar 20-35 °C arasında optimum üreme hızındadırlar. Ancak bazı mantar türleri aşırı nem ve sıcaklık koşullarına karşı dayanıklıdır. Mantarlar, mikotoksin adı verilen toksinleri nütrient sınırlaması olduğu zaman ortama yayarlar. İç ortam havasında bolca bulunan

Penicillium ve *Aspergillus* genellikle mikotoksin üretirler. Aflatoksin, *Aspergillus* bir türünün ürettiği, günümüzde üzerinde önemle durulan bir mikotoksindir (19).

İç ve dış ortamdan izole edilen mantar türlerine bakıldığında, arada sporlar ve yapı açısından belirgin bir fark olduğu görülmektedir. Mesela, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aureobasidium* gibi türler genellikle dış hava ortamında daha çok bulunmaktadır. Ortam havasından sıklıkla izole edilen mantar türlerine ait detaylı bilgi aşağıda verilmiştir (19)

Alternaria: Bitki çürümesinden çoğalan mantar türüdür ve dış ortamda daha çok gözlenir. İç ortamda ise şartlar uygun olduğunda substrat üzerinde çoğalır. Selülozu parçalayabilme özelliği vardır bu nedenle kuru duvar kâğıdı veya ahşap üzerinde gözlenir. Mikotoksinler üretir ve allerji ile astıma neden olduğu bilinmektedir (20).

Aspergillus: 175 türü olan bir mantar grubudur ve neredeyse her yerde bulunabilir. Ortam koşulları uygun olduğu zaman, insan-kaynaklı substrat üzerinde ilk koloni oluşturan mantarlardandır. Düşük nem seviyelerini tolere edebilmeleri yaygın olabilmelerini sağlamaktadır. Birçok türü mikotoksin üretebilmektedir. Allerji, pnömonit ve astıma sebep olduğu belirtilmektedir (21).

Cladosporium: Dünyanın her yerinde yaygın olarak bulunan ve genellikle dış ortamlarda daha fazla bulunan, bitki çürümesi ile beslenen bir mantar türüdür (22). Pencere kenarlarında, boyanmış duvarlarda ve çeşitli selüloz bazlı maddelerde yaygın olarak rastlanmaktadır.

Penicillium: Bazı türleri besin parçalanması sırasında oluşmaktadır, diğer türleri ise çeşitli organik substratlar üzerinde bulunabilmektedir. Duvar, ahşap, boyanmış yüzeyler, duvar kağıdı ve çeşitli evsel malzeme üzerinde bulunabilmektedir. Birçok türü mikotoksin üretmektedir özellikle besinlerden sindirim yoluyla alındığı zaman ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Ayrıca Organik Toz Sendromu denilen hastalığa da neden olmaktadır.

1.2.2 İnce Partiküler Maddeler

Bugüne kadar gerçekleştirilmiş birçok epidemiyolojik çalışmada, partiküler maddeden kaynaklanan hava kirliliği seviyesi ile solunum yolu hastalıkları, akciğer fonksiyonları, kalp ve solunum yolu problemleri nedeniyle hastanelere başvuru ve ölüm vakaları arasında ilişki tespit edilmiştir (23;24). Dış ortamda gözlenen

partiküler madde (PM), farklı parçacık boyutuna ve kimyasal kompozisyona sahip partiküllerin karışımından oluşmaktadır. Kaba parçacıklar ($>2.5 \mu\text{m}$) daha çok mekanik süreçler sonucu oluşurken, ince partiküller ($<2.5 \mu\text{m}$, PM_{2.5}) ve ultra ince partiküller ($<0.1 \mu\text{m}$) dizel yakıtların yanması gibi direkt ortama atılabildikleri gibi gazların kimyasal reaksiyonları sonucu ikincil kirletici olarak da oluşabilmektedirler (24). Her ne kadar partiküller ile yarattıkları sağlık riskleri bilinse de, hangi partikül boyutunun hangi mekanizmayla sağlık sorunları yarattığı tam olarak bilinmemektedir (23;25). Sağlık etkisine en çok yol açan grubun çözünebilir *transition* metaller, kuvvetli aerosol asitleri ve ultra ince partiküller olduğundan şüphelenilmektedir (23;26). Ultra ince partiküllerin sahip olduğu yüksek yüzey alanı ve akciğerlerin içine girerek kana karışabilme özelliklerinden ötürü, sağlık etkileri açısından PM konsantrasyonundan daha çok ortamda bulunan ultra ince partikül sayısının daha önemli olduğunu söylemektedir.

İç ortamdaki partiküller iç ortam aktivitelerinden ve dış ortamdaki kaynaklanmaktadır. İç ortamda gözlenen partikül maddelerin kaynaklarını belirleyebilmek için; hava-değişim oranı, dış ortam PM seviyesi, iç ortam aktiviteleri, ortama atılan partiküllerin aerodinamik çapları dikkate alınarak tespit edilebilir (27;28). İç ortamda sigara içimi veya ısıtma veya yemek pişirme gibi toz yayıcı bir aktivitenin gerçekleşmediği durumda kişilerin aktiviteleri (yürümek, temizlik yapmak gibi aktiviteler) toz, toprak, deri döküntüleri, mantar sporları, kağıt ve kumaş fiberlerinden oluşan çökelen tozların tekrar ortama yayılmasına sebep olmaktadır (29-31) .

Partiküllerin yarattığı sağlık etkileri ile ilgili epidemiyolojik çalışmaların birçoğu, şehrin merkezinde yapılan dış ortam ölçümlerine dayalı olarak gerçekleştirilmektedir. Ancak, farklı türdeki iç ve şehrin değişik bölgelerindeki dış ortam PM konsantrasyonlarının değişkenliği bu çalışmaların sonuçlarının genellenemeyeceğini göstermektedir. Bu nedenle, farklı türdeki iç ortamlarda ve hemen dış ortamlarında yapılan çalışmalara ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle son yıllarda gerçekleştirilen birçok çalışma farklı türdeki iç ortamlar ve hemen dışında yer alan dış ortamlarında PM_{2.5} seviyelerin ölçümüne yönelik olmuştur (25;27;32;33). Bu çalışmalar iç ortamda ölçülen partiküllerin, dış ortamlardaki partikül seviyeleri arasında kuvvetli bir korelasyon olduğunu göstermektedir.

İç ortam hava kirliliği ince partiküller gibi kirleticilerden kaynaklanan birçok

solunum yolu hastalığına sebep olabilmektedir. 2.5 mikron ve altı parçacıklara maruz kalınması durumunda birçok göz ve solunum yolu problemleri oluşmaktadır. Biyolojik olmayan partiküller, fungal sporelerden bağımsız olarak fungal allerjen moleküllerini taşıyarak akciğerlerin çok daha derinlerine inmesini sağladıklarından ortamda ayrıca ince toz parçacıklarının bulunması önemlidir. Sigara dumanı, soba yanması veya pişirme ile oluşan partiküller gibi yanma süreçleri sonucunda oluşan ince partiküller (<2.5 µm) (34) ve yerel veya uzun mesafeli toz taşınımı sonucu iç ortamda oluşan ince toz partiküllerinin (35) biyoaerosol düzeyleri ile etkileşimi büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle biyoaerosollerin bulunduğu iç ortamlarda bulunan toz miktarı ve parçacık boyut dağılımının da bilinmesi çok önemlidir.

Okullar, hassas grup olan çocukların gün boyu vakitlerini geçirdikleri ortamlar olduğu için, iç ortam hava kalitesinin belirlenmesinde öncelik verilen ortamların başında gelmektedir. Her ne kadar, okullar genel olarak sigara içilmesine müsaade edilmeyen ve yemek pişirilmesi gibi aktivitelerin olmadığı yerler olsa da, yüksek PM konsantrasyonlarının gözleendiği ortamların başında gelmektedir (36-39). Ancak, iç ortam kaynaklı PM'nin sağlık etkilerinin içerdiği kimyasal kompozisyondan ötürü dış ortam PM'lerine göre daha az toksik etkisinin olduğu öne sürülmektedir (40).

Partiküllerin iç ortam yüzeylerine çökme hızını etkileyen en önemli faktörün havalandırma olduğu birçok çalışma ile belirlenmiştir (41;42). Ofis ortamlarında, havalandırmanın etkisi ile submikron partikül konsantrasyonlarında azalma sağlandığı tespit edilmiştir (41). Fromme et ark., (43) tarafından Almanya'da sınıflarda yapılan çalışmada kışın artan PM seviyesinin yetersiz havalandırma sonucu oluştuğu, öğrencilerin fiziksel aktivitelerinin çökelen tozların havalanmasında önemli rol oynadığı tespit edilmiştir.

Ankara'da farklı türdeki iç ortamlarda; ev, işyeri, okul ve kreş, yaz ve kış aylarında, günün farklı saatlerinde ve haftanın değişik günlerinde iç ve dış ortamda PM2.5 seviyeleri ve ortalama parçacık boyutları ölçülmüştür (44). Kış döneminde ölçülen ortalama PM2.5 konsantrasyonları hemen hemen tüm ortamlarda yaz dönemine kıyasla daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Kış döneminde iç ortamda gözlenen en yüksek PM2.5 konsantrasyonu, 53.82 µg·m⁻³ ile bir işyerinin toplantı odasında, en düşük ise 25.92 µg·m⁻³ ile kreşin uyku odasında ölçülmüştür. Yaz döneminde gözlenen en yüksek konsantrasyon 36.06 µg·m⁻³ ile ev içinde, en düşük konsantrasyon ise 5.52 µg·m⁻³ ile aynı kreşin yemekhanesinde ölçülmüştür. Eş

zamanlı olarak dış ortamlarda gerçekleştirilen PM2.5 konsantrasyonlarını kullanarak hesaplanan partiküllerin iç/dış oranı yaz aylarında havalandırmanın daha etkin yapılması ile yüksek (>1), kış aylarında ise düşük (<1) olarak tespit edilmiştir. Kış aylarında iç ortamda tespit edilen partiküler madde ortalama çapı, yaz aylarına göre daha yüksek bulunmuştur. Her iki mevsimde de iç ortamda toz yayıcı aktivitelerin (öğrencilerin, koşması, sigara içilmesi), dış ortamda ise inversiyon olması durumunda toz konsantrasyonlarında artışa, dış ortamda yağmur veya kar yağması durumunda toz konsantrasyonlarında önemli ölçüde azalma tespit edilmiştir.

Trafiğe yakın evlerde iç ortam PM2.5 konsantrasyonlarına ev içi aktivitelerin dış ortamdaki trafikten daha fazla katkısı olduğu, trafik katkısını belirleyen faktörün evin yola olan mesafesinin değil, evin havalandırma şekli olduğu belirlenmiştir (45).

Yunanistan'da bir üniversitenin farklı iç ortamlarında gerçekleştirilen ince partiküler madde ölçümleri, hem PM10 hem de PM2.5 fraksiyonları için sigara içiminin PM için en belirgin kaynak olduğu tespit edilmiştir (46).

Avrupa'nın dört şehrinde, Atina, Prag, Helsinki ve Basel, sigara içilmeyen evlerde dış ortamdaki içeriye taşınan ve iç ortamdaki kaynaklanan PM2.5 seviyelerinin tespitine yönelik gerçekleştirilen çalışmada, ortalama infiltrasyon hızı tüm şehirlerde benzer bulunmuştur (47). İç ortamdaki fiziksel aktiviteler ve aile karakterizasyonunun önemli olduğu tespit edilmiştir.

1.2.3 Ağır Metaller

Ağır metallerden kurşun, civa, kadmiyum, krom vb. antropojenik elementler, dış havada bulunan partikül ve toprak tozunun iç ortamlara girmesi/sızması ile iç havayı kontamine etmektedir. Sigara dumanı ise en önemli bina-içi kaynaklardan birisini oluşturmaktadır ki, dumanının kadmiyum vb. ağır metaller içerdiği tespit edilmiştir. Bina-içi hava kalitesi çalışmaları sonucunda da, sigara içilmiş ortamlarda çeşitli ağır metaller değişik derişimlerde tespit edilmiştir.

Kurşun, çeşitli endüstriyel ürünlerde birbirinden farklı amaçlarla kullanılan yeryüzü minerallerinde doğal olarak bulunduğundan, toprak, su ve havada doğal olarak bulunabilen, demirden sonra dünyada en çok kullanılmış olan metaldir.

Boyalarda pigment, eskiden pillerde, eve gelen su borularında, metal kaynaklarında, benzinde oktan artırıcı bileşik olarak uzun süre kullanılmıştır. Konservelerde kaynakla kapatma sonucu oluşan emisyonlarla, evde kurşun içeren boyaların veya su boruları aracılığıyla insanlar kurşuna maruz kalmışlardır. Ev atmosferinde kurşuna, kurşun içeren boya ve kontamine atmosferik partiküller ve toprak tozu yoluyla maruz kalınmaktadır. Kurşuna diğer maruz kalınma yolu ise atmosfere atılan egzoz gazlarındaki kurşun olup yarattığı sağlık etkilerinin belirlenmesi nedeniyle birçok gelişmiş ülkede kurşunun katkı maddesi olarak kullanılmasından vazgeçilmiş ve yakın zamanda Türkiye’de de bu standart uygulama yürürlüğe konulmuştur. Ancak kurşuna iç hava yoluyla maruziyet kurşun içeren ev boyalarından kopan parçacıkların evdeki toz partiküllere yapışması sayesinde özellikle eski yapılarda ağız ve solunum yoluyla devam etmektedir. Ağız yoluyla maruziyet, özellikle kurşunun beyin gelişimi üzerine etkisine açık ve hassas olan ve ellerini önce tozlu yerlere, sonra da ağızlarına götürme davranışını gösteren bebeklerde ve küçük çocuklarda görülmektedir. Bebek ve çocukların kan kurşun seviyeleri ile ev tozu, ev tozundaki kurşun ile de kurşun içeren boyayla boyanmış duvarlardan kopan parçacıklar, yapılan çalışmalarda ilişkilendirilmiştir. Ağız yoluyla maruziyet ana maruziyet yolu olup solunumdan daha önemli bir rol oynamıştır.

Kurşuna maruziyet hamilelerde toksisiteye sebep olacağı gibi fetusta gelişim bozukluğu yaratabilmektedir. Küçük yaşlarda kurşuna maruziyet de çocuklarda özellikle zeka gelişimini olumsuz etkileyen nedenler arasında sayılmaktadır. Kurşunlu boyalardan kurtulunmasına karar verildiğinde 1990’lı yıllarda yeni bir boya ortaya çıkmıştır. Bu lateks boyalarda ise içindeki fenilciva asetattan dolayı civaya maruziyet rapor edilmiştir. Fenil-civa asetat, ürünün raf ömrünü uzatmak için kullanılmış olan bir katkı maddesidir.

1.2.4 Uçucu Organik Maddeler

Yüksek toksisiteleri ile uçucu organik bileşikler (UOB), başlıca da formaldehit en önemli iç ortam kirleticileri arasındadır (48-50). UOB’ler, özellikle boya, vernik, yapıştırıcı, döşemelik gibi yapı malzemelerinden kaynaklanmaktadır. Ofis ortamlarında ise, bu yapı malzemelerine ilave olarak fotokopi makineleri ile diğer bazı ofis malzemeleri UOB’ler için önemli kaynaklardır (51;52).

UOB'a maruz kalınmasının yarattığı sağlık etkileri literatürde yaygın olarak dökümanite edilmiştir (53;54). Yarattığı sağlık riskleri sebebiyle, iç ortam hava kalitesinin tespitinde diğer kirletici türlerinin yanı sıra UOB seviyesinin de belirlenmesi önemlidir. Düşük konsantrasyonlarda uyuşukluk, baş ağrısı ve yorgunluk gibi özellikle sinir sistemiyle ilgili şikayetlere sebep olan uçucu organik bileşikler ve formaldehit, maruziyetin kronik hale gelmesi ile kanserojenik etkiler göstermektedir. Ayrıca düşük konsantrasyonlardaki UOB'lere sürekli maruziyet, solunum yolu hastalıklarına ve astıma sebep olmaktadır (55). Benzen, toluen, etilbenzen, ksilen ve stiren yüksek toksisiteleri ile en zararlı UOB'ler olarak gruplandırılabilirler (56). Maruz kalınan konsantrasyon yükseldikçe etkilerin ağırlaştığı, koma ve ölüme kadar gidebildiği görülmüştür (57).

Hem dış hem de iç ortamda çok farklı UOB kaynakları bulunmaktadır. Dış ortam için ana kaynak trafikken, başlıca iç ortam kaynakları ısınma, pişirme, boya, oda koku spreyleri, halılar, temizlik maddeleridir (58;59).

İç ortamda yaygın olarak bulunan UOB'ler:

- Alifatikler; ör. Metan, etan, propan, butan, vb.
- Olefinler; ör. Propan, isobuten, isopenten, vb.
- Aromatikler; ör. Toluen, ksilen, benzen, etil benzen, 4-fenilsiklohekzen vb.
- Halojenli hidrokarbonlar; ör. Trikloroetilen, perkloroetilen, 1,1,1-trikloroetan, vb.
- Terpenler; ör. α -pinen, β -pinen, limonene, vb.
- Diğerleri; ör. Aseton, metanol, isopropanol, metil etil keton, metil isobutil keton, vb.dir (60).

Farklı UOB'ler ve birbirlerine olan oranları iç ve dış ortamda UOB kaynaklarını tanımlamakta kullanılmaktadır. Örneğin terpen grubuna ait bileşiklerin ana kaynağı ahşap mobilya ve panellerde kullanılan boyalardır. Buna karşılık, aromatik hidrokarbonların ana kaynağı otomobil emisyonlarıdır (59;60). Tablo 2'de, iç ortamda yaygın olarak gözlenen UOB'ler ve kaynakları özetlenmektedir.

Tablo 2. İç Ortamda Yaygın Olarak Gözlenen Uçucu Organik Bileşikler ve Kaynakları (Hansen, 1991'den uyarlanmıştır)

	Bileşik Adı	Kaynakları
Alifatikler ve olefinler	Pentan ve penten n-hekzan ve hekzen cyclohekzen iso-oktan nonane ve nonene dekan ve undekan	Yapıştırıcı, boya ve kaplamalar, preslenmiş ahşap mobilyalar, temizlik maddeleri, pestisitler, parfüm içeren sıvılar, sıvı yakıtlar, fotokopi makineleri
Aromatikler	Toluen Ksilen Benzen Etil benzen	Yapıştırıcı, boya ve kaplamalar, temizlik maddeleri, pestisitler, petrol yakıtı, sentetik tekstil, mum
Halojenli hidrokarbonlar	1,1,1-trikloroetan Trikloroetan Metilen klorit Perkloroetilen	Temizlik maddeleri, yapıştırıcılar
Terpenler	α -pinen, β -pinen, limonene, isopren	Ahşap mobilyalar, biyogenik kaynaklar (bitki, ağaç vb.)
Diğerleri	Akrolein Formaldehit Nonanol Aseton Metil etil keton Metanol, etanol İsopropanol, fenol	Boyalar ve kaplamalar, temizlik maddeleri, preslenmiş ahşap ürünler, ticari ürünler, fotokopi makineleri, sigara dumanı

İç ortam hava kalitesinin, hem ev içi kaynaklardan hem de dışarıdan taşınan kirlilikten etkilendiği bilinmektedir. UOB'ler için, Baek ve ark. (61) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, iç ortam UOB bileşiklerine hem iç ortamdaki ısıtma, soğutma uygulamaları hem de havalandırma oranına bağlı olarak dış ortamdaki trafik emisyonlarının önemli katkılarına olduğu tespit edilmiştir. Hatta iç ortamda sigara içilen ortamlarda dahi, UOB seviyesine sigara dumanının katkısının trafik emisyonlarının katkısından daha az olduğu tespit edilmiştir. İç ortamda gözlenen UOB'lerin kaynak tespiti için yapılan bir çalışmada, ev içi kaynakların katkısının %42-73, dış ortam katkısının %18-34 arasında değiştiği tespit edilmiştir (62). Ev, iş ve okul dışında insanların vakitlerinin %25'ini geçirdikleri dükkanlar ve restoranlarda, UOB seviyelerinin oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir (63).

İç ortam UOB seviyesi genellikle dış ortamdaki daha yüksektir (59;64). Bu farklılık Almanya’da evlerde 10 kat’a kadar ulaşmaktadır (59). Bu çalışmada ayrıca, 1994-2001 yılları arasında sürdürülen çalışmalar sonucu zaman içinde iç ortam UOB seviyesinde terpenler hariç azalma olduğu tespit edilmiştir.

UOB seviyeleri mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir. Ev içi mevsimsel UOB değişiminin belirlendiği bir çalışmada kış aylarında iç ortam UOB’lerinin yaz dönemine göre yaklaşık 3 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (59). Benzer şekilde soğuk mevsimde, sıcak mevsime göre yüksek iç ortam UOB’ler görüldüğü rapor edilmiştir (65;66). Dış ortam benzer seviyesinin de kışın fazla yazın düşük olduğu tespit edilmiştir (67). Gözlenen mevsimsel farklılık birçok faktörden kaynaklanabilmektedir. Genel olarak soğuk ortamlarda fotokimyasal reaksiyonların hızının düşük olması (68), ısıtma kaynaklarının emisyonlarının soğuk dönemde daha fazla olması (68) ve karışım yüksekliğinin kışın daha az olması (69) bu farklılığı yaratan başlıca etmenlerdir.

İç ortamda bulunan UOB’lerin ozonla reaksiyona girmesi sonucunda kuvvetli iritasyon etkiye sahip kimyasalların oluştuğu bilinmektedir (70). UOB’lerin ozonla reaksiyona girme süreleri her bir bileşik için farklıdır. Ortamda bulunan UOB ve ozon konsantrasyonu bu süreyi etkileyen önemli faktörlerdir. Eğer ozon konsantrasyonu, UOB konsantrasyonundan belirgin olarak yüksekse, o bileşiğin yarılanma süresi sadece ozon konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. Yapılan araştırmalarda özellikle limonen, stiren, 1,1,1 trikloroetan, o-ksilen, m-p ksilen, 1,2,4 trimetil benzen ve diklorometan bileşiklerinin ozonla reaksiyona girme eğilimlerinin yüksek olduğu görülmüştür (70). Ozonun iç ortamdaki d-limonenle etkileşiminin incelendiği bir çalışmada, reaksiyonlar sonucunda hem kararlı türlerin hem de serbest radikallerin oluştuğu ortaya konmuştur. Oluşan serbest radikaller ortamda bulunan diğer maddeler ile reaksiyonlara girerek doymuş ve doymamış aldehitler ile organik asitler oluştururlar. Ara basamaklarda oluşan ürünler, d-limonenin kendisinden daha fazla iritasyon etkiye sahiptir (71).

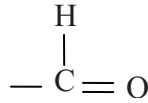
Yukarıda bahsedilen UOB’lerin kaynaklarından başka, iç ortamda mikroorganizmalardan kaynaklanan kokusu ile de hissedilebilen birçok uçucu organik bileşik üretilmektedir. Mikrobiyal Uçucu Organik Bileşik (MUOB) olarak da adlandırılan daha çok alkol ve keton grubundan olan bu bileşikler, iç ortamdaki seviyeleri oldukça düşük olduğundan toksikolojik etkileri açısından önemsizdirler.

Ancak bir ortamda ölçülmeleri o ortamda küf ve bakterilerden kaynaklanan mikrobiyolojik üremenin göstergesi olduğundan tespit edilmeleri önemlidir (72-74). Schleibinger ve ark. (74) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, MUOB emisyon hızının mikroorganizma tür ve sayısına, ve büyüme ortamına bağlı olduğunu, havalandırma olduğu durumda iç ortamdaki seviyesinin tayin sınırlarının altına inebileceğinden ötürü küf vb. mikrobiyolojik aktivitenin varlığının kanıtında tek başına kanıt olamayacağı söylenmektedir.

Schleibinger ve ark. (74) küf üremesi olan 44 ev ile küf üremesi olmayan 40 evde MUOB ölçümleri gerçekleştirmiş ve istatistiksel olarak farklılığın bir tek 2-metil-1-butanol ve 1-octen-3-ol bileşikleri için belirgin olduğu, küf belirteci olarak kullanılan 2-metilfuran ve 3-metilfuran'nın sigara emisyonları ile ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir.

1.2.5 Aldehitler

Uçucu organik madde grubunun en önemli alt gruplarından olan aldehitlerin ortak özelliği Şekil'de gösterilen fonksiyonel gurubu yapılarında içermeleridir.



Şekil 2. Aldehit Temel Fonksiyonel Gurubu

En basit bileşiği karbon bağına bir hidrojen bağlandığında ortaya çıkan formaldehittir. Ana gruba bağlanan alkil, grupları daha karmaşık aldehitlerin oluşumuna olanak verir: Örneğin CH₃ bağlanırsa asetaldehit, CH₃=CH bağlanırsa akrolein, CH₃-CH=CH bağlanırsa krotonaldehit ve bir benzen halkası bağlanırsa benzaldehit oluşmuş olur. Suda çözünürlükleri yüksek olan bu bileşikler, soluma yoluyla vücuda alındıklarında mukozada kolayca çözünürler. Dolayısıyla, tehlikeli birer mukoza irritanıdır; bazıları deride de tahrişe sebep olabilmektedir. Bu açıdan bakıldığında, diğerlerinden 10 ile 1000 kat daha fazla tahriş edici olan krotonaldehit, formaldehit ve akrolein en önemli üç aldehittir. Ancak bunlardan formaldehit en yüksek derişimlerde ve en sık rastlanan bileşiktir.

Formaldehit, çevrede en yaygın bulunan aldehittir. Uçucu bir bileşik olmasına rağmen, UOB analizlerinde yaygın olarak kullanılan gaz kromatografisi yöntemleri ile tayin edilemez. Bu sebepten dolayı ayrı olarak incelenirler (75). Formaldehit

birçok bina yapı malzemesinin, mobilyaların ve bazı temizlik maddelerinin yapısında bulunur. Formaldehitin diğer bir kaynağı da sigara dumanıdır. Düşük konsantrasyonlarda göz yaşarması, üst solunum yolu irritasyonu; yüksek konsantrasyonlarda ise alt solunum sistemi irritasyonu ve pulmoner ödem yapar. Astımlılarda astım krizini tetikleyebilir. Diğer bir etkisi de merkezi sinir sistemi üzerinedir. Kısa süreli bellek kayıpları ve anksiyeteye neden olabilir. Sağlık üzerine olumsuz etkileri 0.1 ppm – 1.1 ppm düzeylerinde ortaya çıkan formaldehit olası mesleki kanser nedenleri arasında sayılmaktadır. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) formaldehiti grup 2A olarak kanserojen olarak sınıflamıştır (76-78).

Uçucu organik bileşiklerin kaynağı ise sigara dumanı, ahşap yapı malzemesi, kişisel bakım ürünleri, temizlik maddeleri ve boyadır. İnsan sağlığı üzerine etkileri formaldehit'in etkilerine benzerdir; bitkinlik, bellek kaybı ve anksiyeteye neden olabilir (76-78). Kanada'nın Quebec kentinde Ocak-Nisan 2005 tarihleri arasında, 96 konutta, Gilbert ve arkadaşlarınca (4) yapılan bir çalışma yeni ahşap mobilyalarla döşenmiş ve sigara içilen konutlarda formaldehit konsantrasyonunun yükseldiğini; doğru yapılan havalandırma ile bu seviyelerin düştüğünü göstermiştir. Aynı çalışma ısınmada gaz ve fuel-oil kullanılan konutlarda nitrojen dioksit konsantrasyonunun yüksek olduğu; dış ortam havasında da nitrojen dioksit konsantrasyonunun yüksek olması nedeni ile iç ortam havasındaki nitrojen dioksit konsantrasyonunu düşürmenin ancak özel filtreli havalandırma sistemleri ile mümkün olduğunu göstermiştir. Evcı ve arkadaşlarınca (79) Ankara kent merkezinde bulunan 46 adet kahvehanede yapılan bir araştırma ise kahvehanelerin %91.3 ünde formaldehit düzeyleri yüksek bulunmuştur. Aynı çalışma; kahvehanelerin ısınma tipi ile formaldehit düzeyi arasında bir ilişki olduğunu; sıvı yakıt kullanan kahvehanelerde formaldehit düzeylerinin daha yüksek olduğunu göstermiştir (79). Türkiye'de konuyla ilgili yapılan diğer bir araştırmada, Ankara'da 25 evden toplanan 309 iç ortam hava örneğinde formaldehit seviyeleri araştırılmıştır (80). Yapılan araştırmada, iç ortam formaldehit konsantrasyonun geniş bir aralıkta (6.5-540 µg m⁻³) değiştiği ortaya konmuştur. İncelenen örneklerde, sigara içilen evlerdeki formaldehit konsantrasyonunun daha yüksek olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca evin yaşı, iç ortamın sıcaklığı, bağıl nem, ahşap eşyaların yoğunluğu da formaldehit konsantrasyonu üzerinde etkilidir.

Kanada'nın Prens Edward adasında Gilbert ve ark. (81) tarafından yapılan çalışmada, 59 konutta yapılan diğer bir araştırmada formaldehit, asetilaldehit ve

akrolein seviyeleri sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Formaldehit; 1970 den sonra yapılmış binalarda daha eski binalara göre yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada yeni mobilya, halı kullanılması ve yeni boya yapılması ile formaldehit konsantrasyonu arasında ilişki bulunamamıştır. Asetilaldehit ve akrolein ise beklenildiği gibi sigara içilen evlerde ve 1970 sonrası yapılmış konutlarda yüksek bulunmuştur. Bu çalışma konut yapımında kullanılan yeni yapı malzemelerinin risk oluşturduğunu göstermiştir (81). Clarisse ve arkadaşlarınca (78) Paris'te yatak odası, oturma odası ve mutfaktan bölümleri bulunan 61 konutta yapılan bir diğer çalışmada aldehit konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Formaldehit, asetilaldehit, pentanal ve heksanal konsantrasyonları bu çalışmada iç ortamlarda propionaldehit ve benzaldehite göre daha yüksek bulunmuştur. Aldehit konsantrasyonlarını yeni yapılmış yer ve duvar kaplamalarının, sigara içilmesinin, karbon dioksit konsantrasyonunun ve ısının yükselmesinin olumsuz etkilediği bu çalışmada gösterilmiştir (78). Japonya'nın Nagoya kentinde 37, İsveç'in Uppsala kentinde 27 konutta yapılan diğer bir çalışmada dış ve iç ortam havasında formaldehit, nitrojen dioksit ve uçucu organik bileşikler değerlendirilmiştir (82). Bu çalışmada Nagoya kentinin dış ortam havasında ve çalışmanın yürütüldüğü konutların iç ortam havasında formaldehit, nitrojen dioksit ve uçucu organik bileşik konsantrasyonları Uppsala'dan yüksek çıkmıştır. Çalışmanın diğer bir sonucu ise her iki kentte de iç ortam havasının dış ortam havasından daha kirli olmasıdır. Her iki kentte de formaldehit ve uçucu organik bileşikler on yıldan daha yeni olan ve sigara içilen evlerde daha yüksek bulunmuştur. Nagoya ve Uppsala'da nitrojen dioksit konsantrasyonlarının ise ısınma sistemlerinden etkilendiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmalarda iç ortam havasındaki yüksek formaldehit, ve uçucu organik bileşik konsantrasyonlarının ortamda yaşayanların sağlığını nasıl etkilediği araştırılmamıştır (82).

1.2.6 Pestisitler

Pestisitler bakteri, mantar ve diğer organizmalara ilave olarak sinekler ve kemiriciler gibi haşaratları öldürmek veya kontrol etmek üzere kullanılan kimyasallardır. İç ortamda kullanılmasının dışında, tarla ve bahçelerde kullanılan pestisit ürünleri de zamanla yaşadığımız ortamlara taşınabilmektedir. Pestisitlerin pek çoğu kendiliğinden zehirlidir. Birçoğu uçucu organik bileşikler içerir. Özel belirtileri maruz kalınan pestisit tipine ve uygulanan yere, alınan doza ve maruz kalan şahsın hassasiyetine bağlı olarak değişebilir. Göz, burun ve boğazda tahrişlere neden olur ve merkezi sinir sisteminin zarar görmesine neden olur. Bazı pestisitlere

kronik olarak maruz kalınması karaciğere böbreklere ve sinir sistemine zarar verebilir, kansere yakalanma riskini yükseltir.

İç ortamlarda pestisitler için herhangi bir standart yoktur. New York şehrinde 2001 ve 2004 yıllarında hamile bayanların evlerinde yapılan örnekleme sonucunda evlerin tümünde Chlorpyrifos, diazinon ve propoxur pestisitleri tespit edilmiştir. Ortamda kalıcılıkları çok uzun süreler alan bu kirleticilerin, geçen süre zarfında seviyelerinin değişim göstermediği ve seviyesinin sabit olduğu tespit edilmiştir (83). ABD’de hem EPA hem de bazı eyaletlerde Tarım Bakanlığı okullarda kimyasal pestisit kullanımını en aza indirecek tedbirler üzerinde çalışmalar gerçekleştirmektedir (84). Bu tür ürünler dikkatli bir şekilde ve üreticinin verdiği talimatlar doğrultusunda kullanılmalıdır. Her zaman oda dışında karıştırılmalı ve seyreltilmeli, sadece tavsiye edilen miktarlarda kullanılmalıdır. Boşalan pestisit kapları başka bir amaçla kullanılmamalı, uygun bir şekilde uzaklaştırılmalıdır. İç ortamda pestisit kullanımı sırasında mutlaka havalandırma sağlanmalıdır. Eğer mümkünse haşerelerin öldürülmesi için kimyasal olmayan yöntemler tercih edilmelidir. Gerekli olmayan pestisitler kapalı bir ortam içerisinde depolanmamalıdır. Eğer mümkünse giysiler ayrı olarak havalandırılmalı bir ortamda güve ilacı ile saklanmalıdır.

1.2.7 Kirletici Gazlar

Fosil yakıtların yakılması sonucu oluşan karbonmonoksit, karbondioksit, kükürtdioksit, nitrojen oksitler, partikül maddeler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar bu gruptaki kirleticilerdir. İç ortam kaynaklı olabileceği gibi dış ortam kaynaklı da olabilir. Özellikle bacasız kerozen sobaların ve gaz ısıtıcıların kullanıldığı konutlarda iç ortam havasında karbonmonoksit, karbondioksit ve nitrojen oksit konsantrasyonları daha yüksektir (76;85;86). Fotokopilerden ve lazer yazıcılardan yayılan ozon, duman ve egzoz ürünlerinden karbon monoksit gözlerde ve boğazda yanmaya, öksürük, baş dönmesi, baş ağrısı ve mide bulantısına sebep olabilirler.

1.2.7.1 Karbondioksit

Yanma ve solunum sonucu ortam havasına karışır. Özellikle kerozen sobaların kullanımının artmasından sonra ciddi sağlık sorunlarına neden olmaya başlamıştır. Asfiksiye neden olur. Dış ortamda bulunan karbon dioksit miktarı 300-400 ppm arasındadır. Çağdaş, uluslararası iş yerlerinde izin verilen en fazla karbon dioksit miktarı 5000 ppm’dir. Ancak günümüzde genellikle iç ortamlarda 1000 ppm

düzeyine geldiğinde o ortamda yaşayanlarda yakınmaların başladığı bildirilmektedir. Baş ağrısı, iştahsızlık, göz, burun ve boğaz irritasyonu, üst solunum yolu irritasyon belirtileri ortaya çıkmaktadır.

1.2.7.2 Karbonmonoksit

Yetersiz yanma sonucu oluşan renksiz, kokusuz ve öldürücü bir gazdır. İç ortamlardaki en önemli karbonmonoksit kaynakları sigara dumanı ve bacasız gaz yağı ocaklarıdır (87). Ülkemizde iç ortamlarda mangal yakma alışkanlığı ve baca temizliğine önem verilmemesi nedeni ile ölümlere neden olmaktadır. Bina içindeki karbon monoksitin bir diğer kaynağı da binaların çevresinden içeriye giren eksoz dumanları ve havalandırma sistemi iyi olmayan ocaklardan yayılan dumanlardır. EPA ve DSÖ tarafından önerilen değer 8 saatlik 9 ppm; 1 saatte en fazla alınabilecek doz ise 25 ppm olarak belirlenmiştir.

Temel olarak hemoglobinin oksijen bağlamasını bozarak etki eden karbonmonoksit zehirlenmelerinde erken dönemde baş dönmesi, bulantı ve konfüzyon gibi nonspesifik belirtiler ile ortaya çıkan zehirlenme ilerleyen dozlarda ölümcül aritmiler ve nöropsikiyatrik yakınmalara neden olabilir (87;88). Kandaki karboksi hemoglobin düzeyleri zaman içinde birikebildiği için, düşük konsantrasyonlara uzun süreli kronik maruziyet önemli sağlık sorunları ortaya çıkarabilir (87).

1.2.7.3 Ozon

Ozon doğada serbest halde bulunmaz. Atmosferin üst katmanlarında dalga boyu çok kısa olan mor ötesi kozmik ışınların etkisi ile oksijen molekülünün parçalanmasından oluşur. Temiz havada 100 m³ de 200-400 µg bulunur. Ancak, iç ortam ısıtıcılarında kullanılan bazı yakıtlar bina-içi emisyon kaynağıdır. Kerosen ısıtıcıları kullanıldığında ve iyi bir havalandırma yoksa Ozon konsantrasyonunun 150 µg/m³ düzeyine ulaştığı tespit edilmiştir. İçinde indirgen tozlar bulunan kent havasında ise çok zayıftır. Ozon ayrıca havanın sağlığa elverişli olmasını sağlayan güçlü bir bakteri öldürücüdür. İç ortama, dış ortamdan gelebildiği gibi, iç ortamlarda çalışan yazıcı, fotokopi makinesi, bilgisayar gibi elektronik aletlerden de kaynaklanabilmektedir. İç ortamlarda kullanılan bazı tipteki hava arıtma cihazları da ozon üretebilmektedirler. Ozon eşik değerinin üzerinde bulunduğu çocuklarda, yaşlılarda, solunum rahatsızlığı olanlarda ve hatta sağlıklı bir insanda bile solunum problemlerine ve ağır astıma neden olabilir. Ozon, azalmış akciğer

fonksiyonları (89), kronik solunum yolu hastalıklarının alevlenmesi (90), solunum yolu hastalıklarından kaynaklanan hastane yatışları (90-92) ve mortalite (93;94) ile ilişkili bulunmuştur.

Çalışmalar, inhale ozonun güçlü oksidan kapasitesinin olduğunu ve insan epitel hücreleri ile alveolar inflamatuvar hücrelerde stres sinyal iletim yollarını ve NF-κB gibi transkripsiyon faktörlerini aktive ettiğini bildirmektedir (23;95).

1.2.7.4 Kükürtdioksit

Kükürtdioksit ise renksiz ancak keskin kokulu, yanma sürecinde sülfür içeren fosil yakıtlarından ortaya çıkan bir dış hava kirleticisidir. Dış ortamdan içeriye taşınabildiği gibi, iç ortam ısıtıcılarında kullanılan bazı yakıtlardan da kaynaklanabilmektedir. Kerosen ısıtıcıları kullanıldığında ve iyi bir havalandırma yoksa SO₂ konsantrasyonunun 150 µg/m³ düzeyine ulaştığı tespit edilmiştir. Zehirli bir gazdır, üst ve alt solunum yolu yakınmalarına yol açar. Yetişkin ve çocuklarda astıma, çocuklarda akciğer enfeksiyonlarına yatkınlığa neden olabilir. Türkiye’de, kışı daha ılıman geçen bölgelerde, borulu ya da borusuz gaz sobası kullanımı klimalardan önce oldukça yaygınlık göstermekteydi. Türk linyitleri sülfür içeriklerinin azımsanmayacak kadar yüksek olmasından dolayı, kışları dış havadaki yüksek derişimlerin iç hava kalitesine etkisi de önemlidir. Kömür kullanımı ile ilgili problemlerden kaçınmak üzere valilik emriyle birçok yerleşim biriminde kömür yakma saatlerinin düzenlendiği ve ithal kömür yakma zorunluluğunun getirildiği bilinmektedir.

1.2.7.5 Nitrojen Oksitler

Nitrojenmonooksit, nitrojendioksit gibi yanma sonucu oluşan gazları kapsamaktadır. Mukoz membranlarda irritasyon, kronik akciğer hastalığı, astım ve 150 ppm in üzerindeki konsantrasyonlarında ölüme neden olur. Özellikle nitrojendioksit çocuklarda astıma neden olabilir. Baltimore kent merkezinde yaşayan 100 astımlı çocuğun evlerinde yapılan çalışmada özellikle ısınma amaçlı olarak karozen soba kullanılan evlerle, sigara içilen evlerde nitrojen dioksit konsantrasyonu yüksek bulunmuştur (96).

Almanya’nın doğusunda üç ayrı bölgede Schafer ve arkadaşlarınca yapılan çalışmada atopik egzama tanısı alan çocukların evlerinde ısınma sistemine bağlı olarak iç ortam havasında nitrojen dioksit konsantrasyonunun yüksek olduğu

belirlenmiştir (97). Hong Kong’da üç buz pateni salonunda Guo ve arkadaşlarınca (98) yapılan bir çalışma salon havasında buz pistini korumak için kullanılan propan gazının etkisi ile salonların havasında CO, nitrojen monooksit, nitrojen dioksit ve uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonlarının yüksek olduğu, partikül madde ve kükürt dioksit konsantrasyonlarının ise normal olduğu belirlenmiştir (98).

1.2.7.6 Asbest

Bitkisel ve hayvansal liflerden başka inorganik ve mineral lifler de hava kalitesini etkilemektedir. İç ortam hava kalitesini etkileyen inorganik liflerden en önemlisi asbesttir. Asbest ya da Anglosakson literatüründe asbestos kelimesi eski Yunanca’da yanmaz, ateş almaz anlamındaki asbestinon kelimesinden gelmektedir. Bazı Avrupa ülkelerinde ise asbest yerine Latince “lekesiz” anlamına gelen amiantos’tan türeyen “amiant” kelimesi kullanılmaktadır. Isı ve sıcaklığa karşı dirençli ve yüksek gerilme kuvvetli fiberlerden oluşan bu mineraller sahip olduğu özellikler nedeniyle endüstride pek çok alanda kullanılmaktadır. Asbestin yanmaması, dayanıklılığı, asit ve bazlardan etkilenmemesi önemli özellikleri arasındadır. Bu özellikler nedeniyle asbest 20. yy’ın başlarından itibaren gittikçe artan miktarlarda kullanılmaya başlanmıştır. Kullanım yerleri çatı örtüsü levhalarında, yer döşeme malzemelerinde, içme ve kullanma suyu nakleden borularda, yanmayan kumaşlarda, filtrelerde, balata ve contalarda, sürtünme elemanlarında (ör. Fren balataları), ses ve ısı yalıtımı gereken yerlerde ve daha birçok üründe kullanılmaktadır. Asbest, 1972’de EPA tarafından tehlikeli bir madde olarak kabul edilmiştir. Daha sonra yapılan araştırmalarda ise asbest liflerinin deri teması ya da ağız sindirimi yolu ile vücuda girmesinin herhangi bir tehlikesi ve sağlık riski bulunmadığı bildirilmiştir. WHO uzmanlar grubunun iç ortamda inorganik liflere insanların maruz kalmasından kaynaklanabilen olumsuz sağlık etkileri konusunda yaptığı bir araştırmada, iç ortam havasında bulunan asbest liflerinin boyu 5 mikrondan uzun ve çapı 1 mikrondan küçük olması durumunda ve teneffüs edilen havadaki yoğunluğunun 70-200 F/m³ ve daha fazla olması durumunda; bu rakamlardaki asbest liflerine yıllar süren bir süreçte maruz kalınması ve bu durumların diğer risk faktörleri ile birleşmesine bağlı olarak sağlık tehlikesi yarattığı belirlenmiştir. Bu koşullar altında solunum yolu ile vücuda giren asbestin çeşitli akciğer hastalıklarına, fibrojenik bir akciğer hastalığı olan asbestozise, akciğer kanseri ve mesoteliomaya (abdominal boşluk ve göğüs zarı kanseri) neden olduğu da tesbit edilmiştir. Asbestozise, asbest fiberlerine ağır ve uzun zaman maruz kalınca meydana gelir. WHO uzmanlar grubu, 100 F/m³’lük

bir iç ortam asbest lifi konsantrasyonu için asbest kaynaklı kanser riskinin yüksek olduğunu da belirtmiştir. Asbest ocaklarında ya da asbestli ürünleri imal eden yerlerde çalışan işçiler, kontrolsüz ortamda uzun yıllar çalışırlarsa solunum yolları yönünden hastalık riskleri artmaktadır. Ayrıca asbest ile havadan gelen kontaminasyonlar yaygındır ve birçok insanın akciğerinde asbest lifi bulunabilmektedir.

İlk araştırmaların yarattığı genel yasaklama eğiliminden sonra ikinci dönem araştırmaların olumlu sonuçlar vermesi üzerine asbestin ve asbestli ürünlerin yasaklanması düşüncesi, yerini asbest çıkarımı ve üretimini sağlık kontrolü önlemleri altında yapılması görüşüne bırakmıştır. Nitekim DSÖ ve ILO gibi uluslararası kurumlar da resmi kararlarında bu görüşü belirtmişlerdir. Asbestli ürünleri kullanan tüketiciler yönünden ise herhangi bir sağlık riski ve sakıncası bulunmamaktadır. Örneğin, asbestli çatı malzemesi kaplatan, asbestli çimento borularla taşınan suyu içen, fren balatasında asbest bulunan arabayı kullanan insanların bu nedenle karşılaştıkları sağlık riski ne tıbbi ne de istatistiki olarak ispatlanamamıştır.

1980'li yıllara kadar asbest binalarda, gemilerde yapım ve yalıtım malzemesi olarak kullanılmıştır. Bu yıllardan sonra yapılan çalışmalar ile asbestin insanlarda akciğer kanseri, plevral ve peritonal mezoteliomaya neden olduğu gösterilmiş ve bu maddenin kullanımı yasaklanmıştır. Ancak eski binalarda sorun sürmektedir. Asbest akciğer ve gastrointestinal sistem kanserlerinin yanı sıra akciğerlerde asbestozis diye adlandırılan fibröz hastalığa da neden olmaktadır (76;85;86).

Tablo 3. İnsan Dokularında Bulunduğu Gösterilmiş Olan Mineral Silikatlar (99).

Mineral grubu ve formu	Ana kaynakların bulunduğu başlıca alanlar	Temel ticari kullanım ve/veya diğer temas yolları
Asbest mineraller		
Serpantin		Çatı izolasyonu, gemi yapım ve tamiri, değerli taşların parlatılması, taş ve beton kesilmesi, dökümhane izolasyon işlemleri, asbestli çimento kullanımı (borular, oluklar, çubuklar, çatı kaplama, izolasyon ateşe dayanıklı malzemeler, güçlendirilmiş plastikler (elektrik düğmeleri), ısıya dayanıklı tekstil malzemeleri, kağıt ve sprey dolguları
Krizotil (beyaz asbest)	Kanada (Quebec, British Kolombiyası, New Foundland, Yukon)	
	Çin (Şesuan Bölgesi)	
	Rusya	
	Brezilya	
	Akdeniz Ülkeleri (Kıbrıs, Korsika, Yunanistan, İtalya, Türkiye)	
	Güney Afrika (Swaziland, Zimbabve, Güney Afrika Cum)	
Amfiboller		
Krosidolit (Mavi asbest)	Güney Afrika (Kuzey Batı Cape) Batı Avustralya	Temel olarak çimento ürünlerine karıştırılmaktadır
Amosit (Kahverengi asbest)	Güney Afrika	Plastik ve lastik dolgusu
Antofilit	Finlandiya	İşleme sırasında ortaya çıkar, özellikle kırsal kesimde evlerde badana olarak kullanılır
Tremolit	Genellikle bazı silikat yataklarında (asbest, talk, vermikülit ve demir madeni) onlarla bulaşmış olarak bulunur	Ticari olarak kullanılmamakta, kırsal kesimde ev içlerinde ve çatılarında badana ve izolasyon etkisinden dolayı kullanılır.
Grünerit	Bazı demir madenlerinde ek olarak bulunur	
Asbest olmayan mineral silikatlar		
Kil mineralleri (sıklıkla ince taneli pudra benzeri) ör. kaolin ve bentonit	Çin, Çekoslovakya, ABD, İngiltere, Almanya, Mısır, Japonya	Kağıt, tuğla, çimento yapımında dolgu maddesi, yansıtıcılar, seramik, nemlendiriciler
Mika		
Vermikülit (ısınmıca genişir)	Avustralya, Kenya, Güney Afrika	Absorban, yapıştırıcı, izolasyon, ateşe dayanıklı madde yapımı
Zeolit (fibröz) ör. erionit	Türkiye (Kapadokya bölgesi)	Erionit kayalardan yapılmış evler, toprakta tremolitle karışmış lifler, boya ve badana olarak kullanılan sepiolit

Tablo 3'ten anlaşılacağı üzere asbest teması başlıca iki yolla gerçekleşmektedir. Bunun dışında meslek dışı (*'paraoccupational'*) temas da önemlidir:

- Endüstriyel ya da mesleki temas
- Meslek dışı temas: mesleki temasla elbiselere, çamaşırlarla eve getirilen asbestin yol açtığı maruziyet.

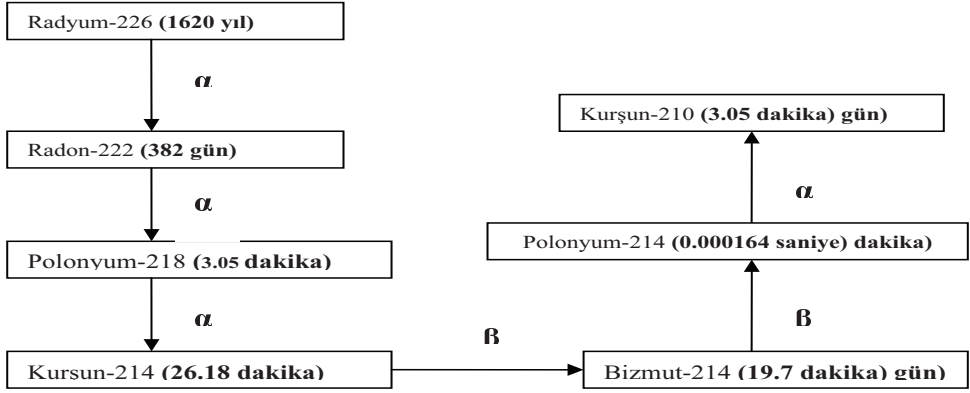
Çevresel temas. Çevresel asbest teması ise Türkiye, Kıbrıs, Yunanistan, Korsika, Afganistan ve Yeni Kaledonya'da önemli bir sağlık sorunu yaratmaya devam etmektedir. Asbest dışı bir fibröz zeolit olan erionit maruziyeti de ülkemizde Kapadokya yöresinde bazı köylerde görülmekte ve başta malign mezotelyoma olmak üzere önemli sağlık sorunları oluşturmaktadır (100;101).

1.2.7.7 Radon

Radon doğal olarak oluşan radyoaktif bir gazdır. Yerküre yüzeyinde herhangi bir yerde bulunabilir. Coğrafik bölgenin jeolojik yapısıyla yakından ilişkili olarak çevreye yayılım göstermektedir. Uranyumun (238U) doğal olarak bozunması ile granit, sist ve kireç taşı gibi kayalardan difüze olarak havaya çıkabilen yaygın bir kirleticidir.

Şekil 3, Radyum 226'nın Kurşun 210'a bozunma reaksiyonlarını göstermektedir. Görüldüğü üzere, bu bozunma sürecinde zaman kavramı her bir dönüşüm için farklı olmakla birlikte parçalanma ürünü olarak her aşamada radyoaktif ışınlarla reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Radonun parçalanma ürünleri negatif yük taşıdığından havadaki partiküllere yapışırlar. Etkin maruziyet de, bu partiküllerin solunum yoluyla, üst solunum yollarında ve akciğerlerde çökmesi sonucu oluşur. Binalarda birikebilmekte ve kimi zaman-yüksek derişimlere ulaşabilmektedir. Radon kokusuz ve renksiz, ağır bir gazdır. Özellikle bodrum katlarında birikerek, ABD ve Avrupa'da, bazı iç ortamlarda kabul edilebilir sınırların üzerinde bulunan, her yıl akciğer kanseri ölümlerine sebep olan önemli bir kirleticidir (102). Radon parçalanma ürünleri akciğere inhale edilip orada depolandığı zaman alfa emisyonları alveolü döşeyen hücreler içerisine penetre olur. Bu hücrelerde depolanan enerjinin karsinogenezi başlattığı düşünülmektedir. Sigara dumanı radon ile birlikte sinerjistik etki göstermektedir. Halen sigara içen ya da sigarayı bırakmış olanların özellikle yüksek risk altında oldukları düşünülmektedir. Akciğer kanseri tipik olarak maruziyetten 5 ila 25 yıl sonra gelişir. Maruziyet düzeyi 100 Bq/m³ olan

popülasyonda toplam akciğer kanseri relatif riskinin hiç maruz kalmayanlara göre 1,06 (%95 CI 1,01-1,10) olduğu hesaplanmıştır. Bu da mesleki maruziyet sonucu elde edilen risk oranlarıyla uyum göstermektedir (103).



Şekil 3. Radyum-226'nın Kurşun-210'a Bozunma Yolu

ABD'de yapılan bir çalışmada konutların %5–10 nunda iç ortam havasında yüksek radon konsantrasyonları olduğu gösterilmiştir (104). Bina içindeki radonun en önemli kaynakları çeşitli yapı malzemeleri, su, binanın altındaki ve çevresindeki toprak, kayalar ve kanalizasyon sistemleridir. Konutlarda radon düzeyi ancak ölçümle belirlenebilir. Radonun 2 pCi/lit'lik maruziyeti başta akciğer kanseri olmak üzere kanserlere neden olur (76;85;86). Radonla ilgili çalışmalarda, ABD'de yapılan ölçümlerin ortalama değeri 1,75 pCi/lit iken Türkiye'de 0,25-10 pCi/lit aralığında ölçülen derişimlerin ortalama değeri 0,9 pCi/lit olmuştur. Yine Türkiye'de, Mersin'de yapılan bir çalışmada, yaz ve kış ayları olmak üzere yatak odası ve oturma odalarında yapılan ölçümlerin aralarında fark olmadığı ancak mevsimlere göre kış değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. İçel'de 100 evde yapılan ölçümlerde radon konsantrasyonları, yaz aylarında 22-159 Bq/m³, kış aylarında 13-59 Bq/m³ arasında değişim göstermiştir. Ortalama değerler ise 23 Bq/m³ ve 44 Bq/m³ bulunmuştur. Yer çatlaklarının daha fazla olduğu jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerde diğer yerlere nazaran daha yüksek derişimler ölçülmektedir. Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP), eski evlerde yaşayanlar için maruziyet sınırını 20 mSv (microsievert), yeni yapılarda ise yılda 10 mSv sınır değer olarak tavsiye etmektedir. Bu değerler sırasıyla 400 Bq/m³ (9.6 pCi/L) ve 200 Bq/m³ (4.8 pCi/L) radon konsantrasyonlarına karşılık gelmektedir.

ABD’de, uzun süreli ortalama derişimlerin 4 pCi/lit seviyesini geçtiği binalarda, bu derişimleri düşürmek için gerekli tedbirlerin alınması kanuni bir zorunluluktur. Bu rakamın seçilmesinin sebebi günde beş sigara içilmesi durumunda oluşan kanserden ölüm riskine (0.013-0.050) eşdeğer bir risk oluşturmasıdır. 1 pCi/lit seviyesinin altında derişimlerde bu risk 0.003-0.013 aralığına gerilemektedir. Dünyada ortalama radon derişiminin 1.3 pCi/lit olduğu kabul edilmektedir.

1.3 Özel İç Ortam Kirletici Kaynakları

1.3.1 Biyomas

Biyomas bir grup biyolojik materyalden kaynaklanan (hayvan ve bitkiler ve onların atıkları) yakıtlardır. Bu biyolojik materyal bulunulan coğrafi bölgeye göre farklılıklar gösterebilir. Bu materyallerin bir kısmı ısınma ya da pişirme amaçlı kullanılabilir. Dünya nüfusunun %50’ye yakını yani 3 milyar kişi evlerini ısıtabilmek, yemek pişirmek ve aydınlanmak için temel olarak biyomas kullanmaktadırlar. Bu oran gelişmiş ülkelerde %0 olup, Çin, Hindistan, Sahra altı Afrika gibi bölgelerde %80’i geçmektedir. Latin Amerika’nın kırsal kesimlerinde ise evlerin %30 ila %70’inde pişirme amaçlı biyomas kullanılmaktadır. Odun en sık kullanılan biyomas çeşididir. Ya işlenmemiş odun şeklinde ya da odun kömürü olarak kullanılır. Odun kömürünün kirletici etkisi daha azdır. Özellikle ağaçların seyrek olduğu ya da ormanın uzakta olduğu bölgelerde bu yakıtlar hayvan dışkısı, hayvan atıkları mısır koçanı, ot gibi gibi takviyeler yapmak gerekebilir. Biyomas yakıtı düşük enerjilidir. Az ısı verir buna karşın çok fazla kirleticinin ortaya çıkmasına neden olur (105).

Biyomasın İç Ortam Kirliliğine Katkısı: Yemek pişirme iç ortam kirliliğine en fazla yol açan etkinliktir. Bununla birlikte bazı bölgelerde özellikle de Asya’da, ısıtma da önemli bir kirlilik kaynağı oluşturmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin çoğunda evde yaşayanlar biyoması açıkta ya da dış ortama açılan bir bacası olmayan sobalarda yakmakta bu durum da önemli ölçüde partikül madde, karbonmonoksit, nitrojendioksit ve polisiklik aromatik hidrokarbon açığa çıkmasına yol açmaktadır. Havalandırmanın kötü olduğu koşullarda biyomas yakılması çok yüksek düzeyde iç ortam kirliliği oluşturmaktadır. PM10 24 saat ortalama düzeyleri 300-3000 µg/m³ olup bu düzey yemek pişirme sırasında ise 30.000 µg/m³’e ulaşmaktadır. Benzer biçimde bazı evlerde 24 saatlik CO düzeyleri 2 ila 50 ppm’e yemek pişirme sırasında ise 500 ppm’e ulaşmaktadır (106). Biyomas yanmasına bağlı iç ortam kirliliğinin ölçümü oldukça zordur. Bunun nedeni bu kirliliğin ev içerisindeki

zamansal ve mekansal yayılımının değişiklikler göstermesi, aynı zamanda evin havalandırma özelliğinden de etkilenmesidir. Gelişmekte olan ülkelerde biyomas kullanılan evlerdeki iç ortam kirliliği gerek mutfaklarda gerek yatak odalarında, gerek tüm evde sağlık için belirlenmiş standartların kat kat üzerindedir. Bu düzeye yoğun emisyonların eklendiği aşırı kirli zaman dilimlerinin de eklendiği akıldan çıkartılmamalıdır. Dış ortama açık soba ya da ocaklarda biyomas kullanılması da yüksek oranda iç ortam kirliliğine neden olmaktadır. Bu durum havalandırması bulunmayan sobalarla kıyaslandığında iç ortam kirliliğinde önemli bir azalmaya yol açsa da dış ortam kirliliğine özellikle de solunabilen partikülleri arttırmak suretiyle katkıda bulunmaktadır. Çin ve diğer gelişmekte olan ülkelerde yapılan araştırmalar iç ortam kirliliğine maruziyetin özellikle kadın ve çocuklarda dış ortam kirliliğine oranla çok daha fazla olduğunu ortaya koymuştur (105). Çin’de özellikle kırsal kesimde PM10 maruziyetinin %80-90’ı iç ortam kirliliğinden kaynaklanmakta; buna karşın şehirlerde bu oran %60’lara inmektedir (107).

Tablo 4. DSÖ Alt Bölgelerine Göre Ev İçerisinde Tahmini Katı Yakıt Kullanım Oranları (Who, 2005).

Altbölge	Alt bölge nüfusu (bin)	Ev içi katı yakıt kullanımların popülasyona oranı Nokta tahmini (rank)
Afrika D	293,440	73.4 (68.1–77.7)
Afrika E	337,547	85.8 (80.5–89.2)
Amerika A	320,704	1.5 (0.9–2.0)
Amerika B	430,674	24.6 (18.8–30.8)
Amerika D	71,318	52.9 (42.6–63.2)
Doğu Akdeniz B	139,532	6.1 (2.0–12.1)
Doğu Akdeniz D	357,476	55.2 (49.8–60.1)
Avrupa A	410,714	0.2 (0.0–0.5)
Avrupa B	216,930	41.5 (32.0–50.7)
Avrupa C	245,688	22.8 (13.9–41.0)
Güneydoğu Asya B	292,334	66.5 (61.1–71.8)
Güneydoğu Asya D	238,808	83.5 (78.3–88.3)
Batı Pasifik A	153,357	0.2 (0.1–0.2)
Batı Pasifik B	1,528,144	78.1 (73.0–82.8)
Dünya	6,036,664	56.5 (51.7–61.5)

Kısaltılmaların tanımı: A: çok düşük çocuk ve erişkin mortalitesi B: düşük çocuk ve erişkin mortalitesi; C: düşük çocuk yüksek erişkin mortalitesi; D: yüksek çocuk yüksek erişkin mortalitesi; E: yüksek çocuk, çok yüksek erişkin mortalitesi.

Biyomas yakıtlarının solunum sistemi etkileri: Biyomas yakılması sonucu ortaya çıkan maddelerin solunum sistemi üzerine olan etkilerini araştıran çalışmaların sayısı ve nitelikleri sınırlı olmakla birlikte bu konudaki yayınlar gittikçe artmaktadır. Katı yakıtların özellikle şu üç hastalığa yol açtığı konusunda güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Küçük çocuklarda (yaş < 5) alt solunum yolu enfeksiyonları, kadınlarda KOAH ve özellikle de kömür dumanına maruz kalan kadınlarda akciğer kanseri (Tablo 5). Erkeklerde ise kömür dumanı maruziyeti ile KOAH ve akciğer kanseri arasındaki ilişki orta derecede bulunmuştur. Biyomas dumanı maruziyeti ile çocuk ve erişkinlerde astım, erişkinlerde tüberküloz ve akciğer kanseri arasında ise zayıf bir ilişki bulunmaktadır. Kronik biyomas dumanı maruziyeti ile düşük akciğer fonksiyonları ve havayolu obstrüksiyonu arasındaki ilişkiyi ortaya koyan çok az sayıda araştırma bulunmaktadır (108).

Tablo 5. Katı Yakıt Dumanı İnhalasyonun Çeşitli Solunumsal Hastalıkların Ortaya Çıkmasındaki Göreceli Etkileri*

Kanıt düzeyi	Hastalık	Hasta grubu, Yaş (yıl)	Nisbi Risk	95% GA
Güçlü	Akut alt solunum yolu enfeksiyonları	Çocuklar, <5	2.3	1.9–2.7
	KOAH	Kadınlar, >30	3.2	2.3–4.8
	Akciğer kanseri (odun kömürü dumanı maruziyeti)	Kadınlar, >30	1.9	1.1–3.5
Orta	KOAH	Erkekler, >30	1.8	1.0–3.2
	Akciğer kanseri (odun kömürü dumanı maruziyeti)	Erkekler, >30	1.5	1.0–2.5
Orta	Akciğer kanseri (odun kömürü dumanı maruziyeti)	Kadınlar, >30	1.5	1.0–2.1
	Astım	Çocuklar, 5–14	1.6	1.0–2.5
	Astım	Kadın, erkek, ≥15	1.3	1.0–1.7
	Tüberküloz	Kadın, erkek 15	1.5	1.0–2.4

* (108) nolu kaynaktan uyarlanmıştır. Kısaltmalar GA: Güven Aralığı; KOAH: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı.

1.3.1.1 Çocuklarda Akut Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları (AAYE)

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde çocuklarda evde biyomas maruziyeti ile AAYE arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Özellikle katı yakıt maruziyeti kullanımı ile artmış AAYE riski arasında önemli bir ilişki olduğu ortaya konulmuştur. Artmış risk oranı 1,8 ile 5,5 arasında değişmektedir (%95 Güven Aralığı 1,3-8,5). En yüksek risk annesinin sırtında taşınan çocuklarda görülmektedir. AAYE riski PM10 düzeyi 2.000 µg/m³'ün üzerine çıktığında ekspanansiyel olarak artmaktadır. Alt solunum yollarının savunma mekanizmalarında kirliliğin neden olduğu bozulmanın çocuklarda enfeksiyonlara yatkınlığı arttırdığı düşünülmektedir.

1.3.1.2 KOAH, Kronik Bronşit, Akciğer Fonksiyonları ve Solunum Sistemi Semptomları

Katı yakıt dumanlarına maruziyet özellikle kadınlarda KOAH, kronik bronşit, kronik havayolu hastalığı ve havayolu obstrüksiyonuna neden olmaktadır. Başta odun dumanı olmak üzere iç ortam kirliliğine maruz kalmış olan kadınlarda KOAH riski (OR 3,2; %95 GA: 2,3-4,8) erkeklere göre (OR, 1,8; 95% GA: 1,0-3,2) belirgin bir biçimde daha yüksektir. Bu durum erkeklerin bu kirleticilere muhtemelen daha az maruz kalmasına bağlıdır. Daha yeni yapılan iki araştırmada da ise KOAH'ın tanımı bronkodilatör sonrası FEV₁/FVC <%70 alınmış ve KOAH ve biyomas maruziyeti daha kesin bir biçimde ortaya konulmuştur. Bu çalışmalardan bir tanesinde 5.539 kişi çalışmaya alınmış ve odun ocağında 10 yıl ya da üzerinde yemek pişirmenin yaş, cinsiyet, aktif pasif sigara içimi, öğrenim durumu, tüberküloz anamnezi, kömür maruziyeti ve tozlu bir iş yerinde çalışma gibi pek çok faktörden bağımsız olarak KOAH'a yol açtığı gösterilmiştir. (OR: 1,5; %95 GA: 1,36-2,36; p<0,001). Solunum belirti sıklığı özellikle öksürük ve balgam, biyomas kullanarak yemek pişiren kadınlarda daha temiz yakıt kullananlara oranla (gaz, kerosen, kömür) daha yüksek bulunmuştur. Annenin biyomas dumanına maruz kalması bebeklerin düşük doğum ağırlıklı olmasına, bunun sonucu akciğer gelişiminin bozulmasına ve erişkin evrede akciğer fonksiyonlarının olumsuz etkilenmesine neden olur (109).

1.3.1.3 Akciğer Kanseri

Özellikle Çin'de, açık ocaklarda kömür yakarak yemek yapan kadınlarda, kömür dumanı maruziyeti ile akciğer kanseri arasında güçlü bir ilişki varlığı ortaya konulmuştur (110). Diğer taraftan biyomas dumanı kullanan kişilerde artmış

akciğer kanseri riski ile ilgili çalışmaların sonuçları çelişkilidir. Özellikle odun dumanı olmak üzere biyomas maruziyeti ile kadınlardaki akciğer kanseri özellikle de adenokanser riski arasında zayıf bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki erkeklerde ortaya konmamıştır.

1.3.1.4 Tüberküloz

Yeni yapılan sistematik bir derleme ve metaanalizde iç ortam kirliliği ile tüberküloz arasında hafif-orta bir ilişki bulunmaktadır. Bunun nedeni mikobakterilere karşı savunma mekanizmalarında meydana gelen bozulma olabilir (111).

1.3.1.5 İnterstisyel Akciğer Hastalığı, Pnömonyoz ve Diğer Solunum Sistemi Etkileri

Özellikle BT incelemeleri ile biyomas maruziyeti olan kadınların hemen tümünde interstisyel bir tutulumu gösteren küçük opasitelere, lineer retiküler çizgilenmelere rastlanmıştır. Bununla birlikte kullanılan yakıtların cinsi, soba ya da ocaklar, iç ortamdaki zeminin ve diğer malzemeler, pişirme süreçleri bölgeden bölgeye çok önemli farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle küçük opasitelerin hangi maruziyetlere bağlı olarak ortaya çıktığını ortaya koymak oldukça zordur (105).

1.3.2 Çevresel Tütün Dumanı Maruziyeti (ÇTD)

Sigara dumanı bazıları farmakolojik olarak aktif, antijenik, sitotoksik, mutajenik ve karsinojenik olan 4000'den fazla madde içerir. Ana akım dumanın %92-95'i gaz fazındadır ve 1 ml'de 0.3–3.3 milyar partikül içerir. Ortalama partikül çapı 0.2 µm.dir; yani solunabilir düzeydedir. Tütün dumanı nitrozamin, polisiklik hidrokarbonlar gibi kanserojenlerden başka benzo-alfa-piren, benz-alfa-antrasen, nikel, vinil klorid, kadmiyum, amonyak, karbonmonoksit, nikotin, nitrozoksit ve formaldehid gibi binlerce iritan ve mutajenik madde içerir. Sigaranın yanan bölgesindeki sıcaklık 900 °C'ye kadar ulaşmaktadır. Dumanın içeriği sürekli değişmektedir. Bu bileşikler dolaylı olarak bazı fizyolojik yanıtlara veya direkt olarak enflamasyona yol açabilmektedirler. Sigara içimi akciğerlerde kanseröz etkilerden başka merkezi ve periferik havayollarını, alveolleri, kapillerleri ve akciğerin immün sistemini etkiler (112).

Amerika Birleşik Devletleri'nde Çevresel Korunma Ajansının 1993'te düzenlediği bir raporda çevresel tütün dumanı maruziyetinin (ÇTD) çocuklar ve sigara içmeyen erişkinlerde önemli solunumsal zararlara neden olduğu bildirilmiştir.

Sigara içen kişinin ortam havasına kattığı dumana çevresel tütün dumanı (ÇTD) denir. ÇTD yanmakta olan tütünden çevreye yan akımla yayılan duman ile sigara içen kişilerin dışarıya üflediği ana akım dumanından meydana gelmiştir. Yan akım dumanı ana akım dumanına göre daha düşük ısılarda ve daha derişik koşullarda meydana geldiği için pek çok toksik madde ve karsinojen yan akım dumanda ana akım dumana göre daha yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır (113).

Bir sigaradan ortama saçılan dumanın çok büyük çoğunluğu yan akımdan oluşmaktadır. Bazı kanser yapıcı maddelerin miktarı yan akım dumanda ana akıma göre 10-200 kat daha fazladır. Sigara dumanı Çevre Koruma Kurumları tarafından Sınıf A (kesin insan kanserojeni) kanser yapıcı olarak tanımlanmaktadır. Dumanla kaplı havayı soluyan kişi, istemeden ve çoğunlukla farkında olmadan zarara uğramaktadır. Çünkü ÇTD çoğunlukla görünmez ve kokusu farkedilmez. Ülkemizde her yıl 10,000 civarında kişinin kapalı ortamdaki tütün dumanı nedeniyle hayatını kaybedebileceği tahmin edilmektedir. Avrupa'da 2002 yılında 25 ülkede, 80.000 insanın ÇTD'den öldüğü bildirilmektedir. Dünya genelinde yılda en az 200.000 işçinin işyerinde ÇTD solunması nedeniyle öldüğü Uluslararası İşçi Sağlığı Örgütü'nce (ILO) hesaplanmıştır (112).

1.3.2.1 ÇTD Maruziyetinin Çocukların Solunum Sağlığı Üzerine Etkileri

DSÖ'nün verilerine göre dünyada 1 milyardan fazla erişkinin sigara içtiği ve en az 700 milyon çocuğun yani dünyadaki çocukların yarısından fazlasının kapalı ortamlarda sigara dumanı ile kirlenmiş havayı soludukları tahmin edilmektedir. Ev içinde sigara dumanı maruziyetinin akciğer fonksiyonlarında kayba neden olduğu bildirilmektedir. Pasif sigara içimin akciğer fonksiyonlarında neden olduğu etki burada biyolojik olarak üç farklı tip maruziyetin önemli olabileceğini göstermektedir: i) in-utero maruziyet ii) hayatın ilk iki yılı içerisinde alt solunum yolu enfeksiyonlarının en sık görüldüğü ve annenin sigara içmesinin en etkili olduğu devre iii) daha sonraki çocukluk yıllarındaki maruziyeti. Doğum öncesi ÇTD maruziyetinin doğumdan sonraki maruziyetlere göre solunum fonksiyonlarına çok daha fazla olumsuz etki yaptığı gösterilmiştir. Ayrıca annenin sigara içmesinin bebeklikte ve erken çocukluk evresinde daha fazla alt solunum yolu hastalığına (krup, bronşit, bronşiolit ve pnömoni) neden olduğu konusunda da yeterince kanıt bulunmaktadır. Ayrıca babanın sigara içmesinin okul çocuklarında astım ve solunum sistemi yakınmaları ile yakın ilişkili olduğu gösterilmiştir. Babanın içtiği sigara miktarı ile astım, hırıltı ve

kronik öksürük arasında doza bağlı bir ilişki olduğu gösterilmiştir (113). ABD’de her yıl bir milyonun üzerinde astımlı çocukta solunum belirtilerinde kötüleşmenin nedeninin ÇTD olduğu bildirilmektedir (112).

Ani Çocuk Ölümü Sendromu: Çevresel tütün dumanı maruziyetinin çocuklardaki bir diğer etkisi de ani çocuk ölümü sendromudur. Bu sendrom 1 ay ile 1 yaş arasındaki çocukların genellikle uyku sırasında aniden ve açıklanamayan ölümleri ile karakterizedir. Yaklaşık 50 çalışma bu sendromda çevresel tütün dumanı maruziyetinin ani çocuk ölümü sendromu ile olan ilişkisini değişmez bir biçimde ortaya koymuşlardır (113)

1.3.2.2 Çevresel Tütün Dumanı Maruziyetinin Erişkin Solunum Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Erişkinlerde ÇTD maruziyetinin kanser dışı etkilerini araştıran çalışma sayısı oldukça azdır. Araştırmaların çoğu çocuklara yöneliktir. Bununla birlikte ÇTD maruziyetinin erişkinlerde de olumsuz sonuçlara yol açtığı ve solunum fonksiyon kaybında azalma, solunum semptomlarında ve astımda artışla birlikte olduğunu gösteren araştırmalar bulunmaktadır.

Akciğer Kanseri: Çevresel tütün dumanının erişkinler üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar daha çok sigara içmeyen ve ÇTD’na maruz kalanlarda akciğer kanseri riskini ortaya koymaya yöneliktir. ÇTD, ABD çevresel Korunma Ajansı tarafından insanlar için A grubu akciğer kanseri olarak sınıflandırılmıştır. Bu etki için bir sınır değeri yoktur. Zhong ve ark. (114) 35 olgu-kontrol çalışması ve beş kohort çalışmasının meta analizini yapmışlar ve daha önce eşlerinin sigara içmesine bağlı ÇTD maruziyeti olan sigara içmeyen kadınlarda akciğer kanseri riskinin hafifçe ama istatistiksel olarak anlamlı biçimde artmış olduğunu ortaya koymuşlardır: Nisbi risk 1.2’dir (%95 GA:1.12-1.29). Ayrıca maruziyet arttıkça buna bağlı biçimde riskin de arttığını ortaya koymuşlardır. İş yerinde ÇTD maruziyeti ise akciğer kanseri riskini erkeklerde %15, kadınlarda ise %29 dolayında arttırmaktadır (114).

Hemen ortaya çıkan etkileri: Gözlerde tahriş, sulanma, yanma, baş ağrısı, burunda rahatsızlık, akıntı, öksürük, boğaz ağrısı, kalp hızı ve tansiyonun yükselmesi, solunumsal yakınmalarda artış ve enfeksiyonlar; var olan hastalıkların alevlenmesi, kalp hastalığı olan kişilerde kalp krizi, astım, KOAH, allerjilerin alevlenmesi (112).

Uzun vadede ortaya çıkan hastalıklar:

- Solunum hastalıkları: İş yeri veya sosyal ortamlarda sigara dumanına maruz kalmak KOAH (Kronik tıkaçıcı akciğer hastalığı) ve erişkin astımına neden olmaktadır.
- Kalp Krizi: Çevresel tütün dumanı kalp-damar hastalıklarını %20-70 oranında arttırmaktadır. Tam dumansız ortamlar kanunu uygulanan yerlerde kalp krizleri % 60 azalmaktadır.
- Kanser: Sigara içmeyenlerde çevresel tütün dumanına maruziyet akciğer kanserini %32 oranında arttırmaktadır. Sigaraya maruz kalan kadınlarda meme kanseri riski artmaktadır.

1.3.2.3 Çevresel Tütün Dumanı Maruziyetinden Korunma

Çevresel tütün dumanına maruz kalmanın güvenilir bir eşik dozu yoktur. Bilimsel araştırmalar klima, havalandırma veya sigara içilebilir ve içilemez gibi bölümlere ayırmanın etkisiz yöntemler olduğunu göstermiştir. Eldeki kanıtlar Türkiye ve birçok ülkede tüm kapalı ortamların tamamen dumansızlaştırmasını gerekli kılmıştır. Ülkemizde “Dumansız Hava Sahası” teması içinde “Havayı Korumak” kampanyası kronik havayolu hastalıklarının önlenmesi ve hastaların akut zararlarından korunması yönünden tanıtılması, yaygınlaştırılması ve sahiplenilmesi gereken bir kampanyadır (112). Ülkemizde Uluslararası Tütün Çerçeve Sözleşmesi ve 4207 sayılı kanun gereği tüm kamusal alanda (birkaç istisna dışında) kapalı ortamda tütün tütürmek yasaklanmıştır. Pasif sigara dumanı öncelikle lokanta, kafeterya, bar gibi hizmet sektöründe çalışanları etkilediğinden iş yaşamı için de dikkat edilmesi gereken bir konudur (112). Zararından korunmanın tek etkin yolu kapalı alanların tamamen sigarasızlaştırılması – dumansızlaştırılmasıdır (112).

1.3.3 Sağlıksız Bina Sendromu (SBS)

1970'lerden beri büyük binalarda yaşayan kişilerde belli semptomlar dikkat çeken bir sıklıkta görülmeye başlandı. Bazı olgularda yaşadıkları bina ile ilişkilendirilen hatta burada bulunan bazı malzemelere atfedilen bu yakınmalar nedeniyle bu semptomlar topluluğuna “bina ile ilişkili hastalıklar” adı verildi.

DSÖ'ndeki bir çalışma grubu 1983'de bu soruna Sağlıksız Bina Sendromu (SBS) adını ortaya koydu (WHO 1982). SBS, belli bir binada yaşayanlarda spesifik

olarak ortaya konulmuş bir nedene bağlanamayan mukoza, cilt ve genel semptomlarla ortaya çıkan bir sendromdur. Kişi başına ortaya çıkan ortalama semptom sayısına “bina semptom indeksi” adı verilmektedir. Burada semptomu olan bu binada çalışanlardır ama aslında sağlıklı koşullar, içerisinde yaşanan binaya aittir. DSÖ 1986’da bu tip yakınmalara yol açabilecek binaların %30 oranında olduğunu ve bu tip binalarda yaşayan ya da çalışanların %10 ila %30’unda yakınmaların görülebileceğini ortaya koydu. ABD’de bir binanın hasta kabul edilebilmesi için içerisinde yaşayanların %20’den fazlasında en az haftada iki kere SBS’ye ait belirtilerin bulunması gerekmektedir (115). SBS’nin neden olduğu medikal, sosyal ve ekonomik kayıplar büyük oranlara ulaşmaktadır. Genelde ofis olarak kullanılan binalarda ve buralarda çalışanlarında görülmektedir (116). Bununla birlikte okullarda, hastanelerde, bakım evlerinde ve rutubetli, sızıntı sorunu yaşayan evlerde de görülebilir. Nitekim Kuzey Avrupa ülkelerinde bu terim konutlar için de kullanılmaktadır (117;118).

1.3.3.1 SBS Prevalansında Artışa Neden Olan Risk Faktörleri

- **Kişisel Faktörler**

- * Kadın Cinsiyet
- * Binada alt kademe çalışmak
- * Atopi
- * Havayolu hiperreaktivitesi
- * Daha önce var olan bir hastalık

- **Çalışma Ortamına Ait Faktörler**

- * Kağıt tozuna maruziyet
- * Sigara dumanı
- * Ofis tozu
- * Bilgisayarları daha fazla kullanmak

- **Bina Faktörleri**

- * İç ortam ısısının yüksek olması (klimalı binalarda >23 °C)
- * Klimalı ofislerde taze hava ile havalandırmanın düşük olması (<10 lt/saniye/ kişi başı)
- * Isı ve aydınlatmanın kişilerin kontrolü dışında düzenlenmesi
- * Klimalı binalar
- * Binanın bakım hizmetlerinde yetersizlik
- * Temizliğin ya da temizlenebilirliğin yetersiz olması
- * Su sızıntılarının olması

1.3.3.2 SBS İle İlgili Semptomlar

- **Genel Semptomlar**

Genel bir yorgunluk hissi genellikle en sık rastlanan belirtidir. Genellikle işe geldikten itibaren birkaç saat içerisinde ortaya çıkar. Binadan ayrıldıktan sonra dakikalar içerisinde geçer. Kuzey ülkelerinde yakınmalar mevsimsel olabilir. Özellikle kış aylarında kötüleşebilir. Bu da güneş ışığının önemini ortaya koymaktadır. Baş ağrısı migren tipi değildir. Nadiren ağrıdır. Künt ya da başta basınç hissi şeklindedir. İskandinav ülkelerinde beraberinde kafada sersemlik hissi de bildirilmiştir (119).

- **Müköz Membran Semptomları**

En sık görülen belirti burunda tıkanma ya da doluluktur. Hapşırık ya da akıntıyla seyreden gerçek bir nezle nadirdir. Bu daha çok bir alerjene bağlı allerjik rinit hastalığında görülür. Boğazda kuruluk ve hafif susama isteği ikinci sıklıkta görülen mukozal semptomdur. Özellikle mesleklerini sesini kullanarak icra edenlerde örneğin haber spikerleri ya da santral memurlarında bu durum önemli bir sorun yaratabilir. Gözlerde kuruma en az rastlanan müköz membran semptomu olsa da özellikle kontakt lens takanlarda önemli bir sorun oluşturabilir. Gün içerisinde lensler kullanılamaz hale gelebilir. Objektif bulgular iç epikantusta azalmış sekresyon birikimi ve gözyaşı tabakasının parçalanma zamanında uzamadır (120).

- **Cilt Sorunları**

Cilt kuruluşu anket formlarıyla en zor ortaya konan sorundur. Düzelmeye uzun zaman aldığından anket formlarında daha az oranda bildirilme riski vardır. Bilgisayar ekranlarına bağlı nadir görülen yüz döküntüsü bulunmaktadır. Elektrik yüklü partiküllerin yüze çökmesiyle ortaya çıkabilmektedir (121).

1.3.3.3 SBS'nin Ekonomik Sonuçları

Ekonomik sonuçları çevre ortamındaki sorunlara bağlı olarak üretimde azalma, iş gücü harcamaları ve ortam koşulları üzerine olan harcamalara bağlı olarak değişmektedir. İngiltere'de SBS'ye bağlı olarak işgücü kaybının bedeli yılda 400.000 sterlindir (120).

Bununla birlikte büro çalışanlarında verimliliği ölçme oldukça zordur. Oda deneylerinde hava akım hızının kişi başına 10 lt/s'den 30 lt/sn'ye yükselmesinin daktilo yazma hızını 3 kat arttırdığı gösterilmiştir (122).

1.3.3.4 SBS Salgınından Şüphelenildiğinde Atılacak Adımlar

- Grip ya da nezle salgınının araştırılması,
- Klima ya da ventilasyon sistemindeki bozuklukların kontrol edilmesi,
- İç ortamda ya da dışarıdaki önemli kirlilik kaynaklarının kontrol edilmesi (118;120)

Bunlarla ilgili sorun yoksa HVAC sistemlerinin tasarımının, nasıl işlediklerinin, ısıtma sisteminin bakımının yapılıp yapılmadığının ve uygun biçimde çalıştırılıp çalıştırılmadıklarının kontrol edilmesinin yanı sıra binada yerleşim, alan kullanımı ile ilgili yapılan değişikliklerin bulunup bulunmadığının ve bu değişikliklerin HVAC sisteminin çalışmasına etki edip etmediğinin kontrol edilmesi; ayrıca iş ve yönetim düzenlenmesinde aksaklıklar bulunup bulunmadığının kontrolü bu konuda atılması gereken adımların başında gelmektedir.

Uygulanacak bir anket formu ile durumun ne düzeyde olduğunun gösterilmesi ve bina semptom indeksinin ortaya konulması da önem taşımaktadır (120).

Üretim yapılmayan binalardaki kirleticilerin konsantrasyonları genellikle oldukça düşük düzeydedir. Bununla birlikte kirlilik kaynakları ortaya çıktığında ya da havalandırma yeterli olmadığında partikül kirleticiliği önemli boyutlara ulaşabilir (123).

Dış ortamdaki büyük toz parçacıkları merkezi havalandırmada bulunan büyük filtrelerle temizlenebilir. Böylece işlenmiş-temizlenmiş hava tüm binaya dağıtılabilir. Buna karşın bu filtrelerin bakımı yeterince yapılamazsa aşırı kirlenir, bütünlükleri bozulabilir ve önemli bir kirletici kaynağı haline gelebilirler. Filtrelerin etkin olmaması durumunda ise toz havalandırma mazgallarında, fanlarda ve susturucularda birikebilir. Soğutucu sarmallarda nemlenme olduğunda ise burada bir birikinti meydana gelir ve böylece küf üremesi için uygun bir ortam oluşur. Ayrıca kirlenmiş havalandırma sistemleri odada kötü kokuların birikmesine neden olabilir (115).

1.4 Türkiye’de İç Ortam Hava Kirliliği İle İlgili Durum

Türkiye’de iç ortam hava kalitesinin tespitine yönelik oldukça sınırlı sayıda uluslararası bilimsel dergilerde yayınlanmış çalışma mevcuttur (124-131). Ülkemizde iç ortamda kişilerin maruz kaldıkları kirletici düzeyleri ile ilgili

yapılan çalışmalar daha çok biyoaerosol düzeylerinin, sınırlı sayıda da UOB'lerin belirlenmesine yöneliktir. İstanbul, Ankara, İzmir, Edirne, Kocaeli ve Afyon illerinde yapılan çalışmalar ile sınırlıdır. Edirne'de ilköğretim okulları ve kreşlerde ölçülen bakteri ve mantar (132), İzmir'de ve Afyon'da evlerde ölçülen mantar seviyeleri (127;129), Kocaeli'de ev, ofis ve okullarda ölçülen UOB (125) ve PM2.5 ve PM10 ile bunlardaki elementel (133) düzeyler, İstanbul'daki ilköğretim Okullarında ölçülen PM2.5 ve PM10 düzeyleri (130), Ankara'da evlerde ölçülen formaldehit düzeyleri (131) ve farklı türdeki iç ortamlarda ölçülen biyoaerosol, UOB ve PM2.5 düzeyleri (134) ve ulaşılabilecek maksimum seviyeler dışında başkaca bir bilgi yoktur. Ayrıca, Nükleer Araştırma Enstitüsü liderliğinde Türkiye çapında yapılan çalışmalar ile iç ortam havasında karşılaşılan radon gazı düzeyleri de ölçülmüştür. Ancak, iç ortam hava kalitesinin ölçülerek mevcut durumun tespitine yönelik başka çalışmaların başlamış ve yapılmakta olduğu iki yılda bir düzenlenen Türk Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON) bünyesinde 2007 yılında yapılmaya başlanan İç Hava Kalitesi Sempozyumunda sunulan bildirimlerden anlaşılmaktadır. Bunların, bir kısmı bilimsel dergilerde yayınlanmış (yukarıda bahsedilen) bulunmaktadır; bazılarının da yakın gelecekte yayınlanmaları beklenebilir. Bu sempozyumda, 2007 ve 2009 yıllarında UOB (135-140), PM (44;135;141;142), ozon (143;144) seviyelerini bildiren çalışmalar ve bir spesifik olmayan sağlık semptomlarının yaygınlığını bildiren çalışma (143) sunulmuştur.

Kırsal alanda yaşayan kadınlarda biyomas teması ve KOAH prevalansı arasındaki ilişkiyi göstermek için yapılan epidemiyolojik çalışmalar bunun sigara içmeyen kadınlarda önemli bir etyolojik ajan olduğunu göstermektedir. İç ortam ölçümleri yapılmıştır ama yetersizdir (145-149).

İç ortam havası ile sınırlı olmamakla beraber Türkiye'de asbest maruziyeti ile ilgili çalışmalar da yapılmıştır. İlk asbest yatakları 1921'de Eskişehir'de Mihaliççık civarında işletilmeye başlandı. Elimizdeki kayıtlara göre 1969'larda Türkiye'de asbest üretimi yaklaşık 3.000 ton civarındaydı ve çatı kaplama malzemesi, diğer yapı malzemeleri, boru, asbestli çimento, çatı izolasyonu ve kağıt imalatında kullanılmaktaydı. Üretim yeterli olmayınca başta Kanada, Güney Afrika ve Sovyetler Birliği olmak üzere diğer ülkelerden ithal edilmeye başlandı (100).

Çevresel asbest teması Türkiye, Kıbrıs, Yunanistan, Korsika, Afganistan, Kore, Çin, Yeni Kaledonya'da önemli bir sağlık sorunu yaratmaya devam etmektedir (150-

154). Ülkemizde başlıca çevresel asbest tremolit (155-158), aktinolit (159;160), tremolitkrizotil(161), antofilitkrizotil(159) olarak bulunmuştur. Ülkemizde çevresel asbest teması aynı zamanda asbest dışı bir fibröz zeolit olan eriyonit maruziyeti de Kapadokya yöresinde bazı köylerde görülmekte ve başta malign mezotelyoma olmak üzere önemli sağlık sorunları oluşturmaktadır (100;153;162;163). Eriyonit maruziyetine bağlı özellikle malign plevral mezotelioma olguları önceleri Türkiye’den bildirilirken 2009 yılında Kuzey Amerika’dan da bir olgu bildirilmiştir (164).

Tablo 6’da özetlendiği gibi ülkemizde sınırlı sayıda hava kalitesi, iç ortam hava kirliliği ve sağlık ilişkisinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır. Bu tablodan da görülebileceği gibi, bina-içi ortamlarda mantar dışında herhangi bir kirlenici ölçümü ve sağlık ile ilişkili çalışma mevcut değildir. İstanbul’da gerçekleştirilen bir kaç dış ortam hava kalitesi verisi ve hastane acil başvurusu çalışması dışında, hem bina-içi ve dışı ortamda farklı türdeki kirlenicilerin ölçüldüğü hem de sağlık kayıtlarının periyodik takip ve muayeneler ile tutulduğu herhangi bir çalışma mevcut değildir.

Tablo 6. Ülkemizde İç-Dış Ortam Hava Kirlenici Düzeyleri ve Sağlık ile İlişkili Çalışmalar

İncelenen Parametre	Hastalık	Çalışma	Sonuçlar	Referans
Mantar	Çocuklarda astım ve/veya Rhinitis	Adana’da 19 astımlı ve/veya allerjik rinitli 4-13 yaş aralığındaki çocukların 1 yıl boyunca her gün hastalıkları ile ilgili gözlem kayıtları tutulmuş, ayda bir oturdukları evin oturma odası/yatak odasında alınan örneklerde mantar ölçümleri yapılmıştır.	Ölçülen mantar koloni sayısı oldukça düşük olarak tespit edilmiştir. En sıklıkla gözlenen mantar türü <i>Cladosporium</i> , <i>Penicillium</i> ve <i>Aspergillus</i> olduğu bulunmuş, günlük tutulan astım veya rinit kayıtları ile evlerde gözlenen mantar düzeyleri arasında herhangi bir ilişki tespit edilmemiştir. Örneklem sayısının artırılması gerektiği önerilmiştir.	İnal et al., 2007 (165)

Mantar	Astım	İzmir’de 127 astımlı, 127 kontrol grubu evlerinde kış döneminde mantar ölçümleri yapılmıştır.	En yaygın gözlenen mantar türlerinin <i>Aspergillus</i> ve <i>Penicillium</i> olduğu, astımlı ve kontrol grubu evlerinde gözlenen mantar koloni sayısının farklılık göstermediği bulunmuştur.	Ceylan et al., 2006 (166)
CO, SO ₂ , NO, NO ₂ , PM10	Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH)	1997-2001 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Hastanesinde KOAH nedeniyle acile yapılan başvurular ile aynı dönemde ölçülen dış ortam hava kalitesi verileri ve meteorolojik verilerin aylık ortalamaları incelenmiştir. Toplam 1586 hasta kayıtları kullanılmıştır.	KOAH nedeniyle yapılan başvuru sayısı ile sıcaklık arasında negatif, SO ₂ ve PM10 için pozitif korelasyon bulunmuş, diğer kirleticiler ile ise herhangi bir ilişki tespit edilmemiştir.	Hapcioglu et al., 2006 (167)
CO, SO ₂ , NO, NO ₂ , PM10	Akut Koroner Sendrom (AKS)	1997-2001 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Hastanesinde AKS nedeniyle acile yapılan başvurular ile aynı dönemde ölçülen dış ortam hava kalitesi verileri ve meteorolojik verilerin aylık ortalamaları incelenmiştir. Toplam 2889 hasta kayıtları kullanılmıştır.	AKS nedeniyle yapılan başvuru sayısı ile sıcaklık arasında negatif, SO ₂ , CO, NO ve PM10 için pozitif korelasyon bulunmuş, başvuruları artıran en önemli parametrenin SO ₂ artışı ve sıcaklık azalması olduğu tespit edilmiştir.	İşsever ve ark., 2005 (168)
SO ₂ ve toplam partiküler madde	Astım	Zonguldak’da 6-16 yaş grubu çocuklarda astım ve allerji sıklığını tespit etmek için 1500 anket yapılmış, eş zamanlı olarak dış ortam SO ₂ ve PM kayıtları ile ilişkisiz olarak bakılmıştır.	Ankete katılanların %11,2’sinde hırıltı semptomu bulunduğu tespit edilmiş, dış ortam SO ₂ ve PM sonuçları ile astım semptomları arasında çok güçlü bir ilişki bulunmuştur.	Tomac ve ark., 2005 (169)

Mantar	Astım	Isparta'da 24 astımlı, 14 kontrol grubu evlerinde 1 yıl boyunca mantar ölçümleri yapılmıştır.	En yaygın gözlenen mantar türlerinin <i>Penicillium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Aspergillus</i> ve <i>Alternaria</i> olduğu, astımlı ve kontrol grubu evlerinde gözlenen mantar koloni sayısının farklılık göstermediği bulunmuştur.	Unlu ve ark., 2003 (170)
İç ortam sosyo-demografik karakteristikleri ve ev özellikleri	Akut Solunum Sistemi Enfeksiyonu (ASE)	Ankara'nın Altındağ ilçesinde yaşayan 0-24 ay arası bebeklerden ASE tanısı konmuş 42 hasta ve kontrol grubu seçilerek, yaşadıkları çevre, ailenin sağlığı, ev özellikleri ve sosyo-demografik koşullarını belirlemek amacıyla anket uygulanmıştır.	ASE tanısı konmuş hasta grubunun ailesinde nazal akıntı görülme oranı 2,82 kat, evlerinde sigara içilen çocuklarda ASE görülme oranı ise 3,28 kat daha fazla olarak tespit edilmiştir. Bebeklerin doğum kiloları, anne sütü ile beslenmeleri, ailelerin sosyo-demografik karakteristiği ve evlerin özellikleri ile ASE arasında herhangi bir ilişki tespit edilmemiştir.	Yücel ve ark., 2002 (171)
SO ₂ ve toplam partiküler madde	Rinit	İstanbul'da doğal gaz kullanımı öncesi ve sonrasında rinit vakalarının yüzdeleri incelenmiştir.	Doğal gaz kullanımına geçildiği 1994 yılı öncesinde bireylerin %62,5'i rinitten yakınırken, 1996 yılında bu oran %51'e inmiştir. Yaş, cinsiyet, sigara içiciliği, ısıtma kaynağının değişiminin bu oranın azalmasında etkisi olduğu vurgulanmıştır.	Keles ve ark., 1999 (172)

1.4.1 Yasal Durum

1.4.1.1 İç Ortam Hava Kirleticisi Sigara için Güncel Yasal Durum ve Yasal Uygulamaların Etkinliği

Çevresel sigara dumanının zararlarının bilinmesi ve tamamen dumansız ortamların yararının kesinleşmesi ile birlikte uygulamalar yürürlüğe girmiştir. Ancak 1996 yılında kabul edilen 4207 sayılı yasada belirlenen yasaklar içinde odalar tahsis edilmesi gereken hastaneler, okullar, spor tesisleri gibi öncelikli mekanlarda bile yasakların büyük oranda ihlal edildiği görülmüştür. Sadece ülkemizdeki pratik değil dünya pratikleri de bu yöndedir ve artık yasakların etkili olması için bir takım odalar, bölmeler vb. tahsis edilmemesi gerektiği anlaşılmıştır. Tütün endüstrisinin mahkeme kararı ile açıklanması zorunlu kılınan iç yazışmalarından 1992 tarihli birisinde (ör. <http://www.pmdocs.com>), tüttürme yasakları ile birlikte odalar, bölümler tahsis edilmesinin sigara yasaklarını büyük oranda veya tamamen etkisizleştirdiği, bırakma oranlarını çok az oranda arttırabildiği ve sigara tüketimine hiç etkisi olmadığı teyit edilmiştir (173).

4207 Sayılı Yasada 3 Ocak 2008 tarihinde değişiklik yapılmasından sonra (*Global Omnibus, 2008*):

- 19 Temmuz – 23 Ağustos 2009 tarihleri arasında yapılan denetimlerde: 5988 kamu binası, 67.102 özel işletme ve 3.124 toplu taşıma aracı olmak üzere toplam 76.214 denetim gerçekleştirilmiştir. Bu denetimlerde % 99,4 oranında Kanun hükümlerine uyulduğu tespit edilmiştir.

Kanunun kabullenilebilirliğini ve uygulanabilirliğini kolaylaştırabilmek ve toplumu Kanunun getirdiği yasaklara hazır hale getirmek, yasa ile ilgili olarak halkı bilgilendirilmek ve bilinçlendirmek amacıyla başlatılan “Dumansız Hava Sahası” ve “Havanı Korumak” Ulusal Medya Kampanyalarında yapılan ölçümlerde yasa %94 oranında benimsenmiştir. Tütünle mücadele çalışmalarındaki üstün gayretinden dolayı, DSÖ tarafından hem Sayın Sağlık Bakanı, hem de Başbakanı ödülleri verilmiştir.

19 Mayıs 2008 tarihinden itibaren uygulanan yeni düzenlemelerin etkinliğini değerlendirmeye yönelik değişik araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalarda elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- Dumansız Hava Sahası uygulaması ile birlikte halkımızın tütün ve tütün ürünlerinin zararları konusundaki farkındalığı artmıştır. Halkımızın;
 - %94'ü çalışanların sigaradan korunma hakkı olduğunu,
 - %93,8'i devletin vatandaşlarını sigaradan koruması gerektiğini,
 - %94,8'i sigara rahatsız edici etkisi olduğunu,
 - %95,3'ü sigaranın doğrudan sağlığımızı tehdit ettiğini,
 - %86,7'si yeni yasanın genel anlamda kabul gördüğünü ve onaylandığını düşünüyor.
- Dumansız Hava Sahası uygulaması gerek sigara içen gerekse içmeyen vatandaşlarımızdan büyük bir destek görmüştür. Halkımızın;
 - %96,1'i kamu kurumları ve banka gibi yerlerde
 - % 97,3'ü toplu taşıma araçlarında
 - %96,8'i restoranlarda
 - %82,1'i kahvehanelerde
 - %90,4'ü alışveriş merkezlerinde sigara içilmemesini destekliyor.
- Kapalı ortamlarda hava kalitesini değerlendirmeye yönelik ölçümlerde Dumansız Hava Sahası uygulaması ile birlikte havadaki partikül miktarlarında;
 - Kamusal alanlarda %57,1 - %97,2
 - Hastanelerde %75,4
 - Alışveriş merkezlerinde %88,7
 - Özel işletmelerde %77,6 - %90,3 arasında azalma tespit edilmiştir.
- Sağlık Bakanlığı denetim ekiplerince yapılan ziyaretlerde yasaya uyum oranı;
 - Kamu binalarında %95'in üzerinde,
 - Özel hukuk kişilerine ait işletmelerde %80'ler civarında,
 - Toplu taşıma araçlarında ise %90'ın üzerinde olduğu tespit edilmiştir.
- Dumansız Hava Sahası uygulaması ile birlikte;

2008 yılında yapılan bu araştırmanın sonuçları 2006 yılında yine TÜİK tarafından yapılan araştırma sonuçları ile kıyaslandığında:

- Sigara kullanma oranları toplum genelinde %2,1 azalmıştır. (Azalma oranları: Erkeklerde %2,7, Kadınlarda %1,4)
- Sigara içenlerin ortalama %7'si sigarayı bırakmış,
- %21'i ise toplam içtikleri sigara miktarını azaltmış,
- Çalışanların %44'ü mesai saatleri içerisinde sigara içme sayısını azaltmış,

- Yasak olmamasına rağmen %19'u evde sigara içmemeye başlamış, %21'lik bir kesim ise sadece balkonda içmeye devam etmiş, %9'u ise evde sigara içme sıklığını azaltmıştır.

1.5 İç Ortam Hava Kirliliği ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Sorunlar da maddeler gibi elementlerden oluşurlar. Bunların kimyasını bilmeden sorunları çözmek mümkün değildir. Sorunlara çözüm bulunması, onlara yol açan nedenler ortadan kaldırılarak gerçekleştirilebilir. Sorunlar çözülmedikçe, diğer sorunlarla birleşerek yeni sorunlar oluşturabilirler. Bu durumda belirli koşullar altında geçerli olabilecek çözümler de çözüm olmayabilir, hatta yeni sorunlar yaratabilir.

Gelişmekte olan ülkelerde iç ortam hava kalitesinin geliştirilmesi ile ilgili kılavuzların genel çerçevesi Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. İç Ortam Hava Kalitesi ve İlgili Kılavuzlar

Ölçek tipi	Uygulanacak zaman dilimi	Öneriler	Uygulama ölçeği
Pragmatik	Hemen	Katı yakıtlar evlerde kullanılan temel yakıtlardır	Mümkünse tüm evlerde soba ve diğer ısıtıcı araçların dumanının dışarıya vermelerinin sağlanması
		Daha temiz fosil yakıtlara geçiş: örneğin LPG daha fazla yaygınlık göstermekte	Mümkünse tüm evlerde pişirme ve gerekirse ısınmanın daha temiz yakıtlarla gerçekleştirilmesi
Orta vadeli	İç ortam hava kirliliği verilerinin elde edilebildiği her koşulda erken vadeli; bu verilerin elde edilemediği koşullarda orta vadeli	Katı yakıtlar günümüzde hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunları iyi tasarıma sahip sobalarda yakmak ve/veya daha temiz fosil yakıtlara geçiş geniş ölçekli çalışmalarda etkin olarak kabul edilmiştir.	Farklı soba, kirlenici ve diğer önlemlerle elde edilen kirlilik düzeyleri

Geleneksel	Gelişmekte olan ülkelerdeki risk faktörleri ve kirlilik düzeyleri ile ilgili daha çok veri elde edildiğinde gelişmiş ülkelerle kıyaslamak	Günümüzde daha temiz fosil yakıtlar daha yaygın kullanılmakla birlikte hala fakir ülkelerin kentsel ve kırsal kesimlerinde kullanılmamaktadır	Gelişmiş ülkelerde iç ve dış ortam hava kirliliği konusunda olduğu gibi iç ortam hava kirliliği konusunda rehberler düzenlenebilir
------------	---	---	--

Yapılan çalışmalar sonucunda özellikle kreş ve ilkököl gibi kalabalık ve hava kirliliğine karşı hassas olan insan gruplarının bulunduğu ve gün boyu aktivitenin yoğun olduğu ortamlarda iç ortam havası kirlilik derişimlerinin özellikle kış mevsiminde çok yüksek seviyelerde olduğu; nemli ve sıcak bölgelerde iç ortam biyoaerosol seviyelerinin yüksek olduğu; sigara içilen, fotokopi makinası, yazıcı ve bilgisayarların bulunduğu ortamlarda uçucu organik bileşiklerin ve ozonun oldukça yüksek seviyelere ulaşabildiği; iç ortamlardan kullanılan temizlik malezemelerinin uçucu organik bileşik miktarlarını önemli ölçüde yükselttiği tespit edilmiştir.

İç ortam hava kirliliği etkisinde kalmanın ve sağlık risklerinin azaltılması için: i) havalandırma sistemi bulunmalı, ii) kirletici kaynaklar kontrol altına alınmaya çalışılmalı, özellikle bu iç ortamlarda kullanılmak üzere çözücü yerine su bazlı temizleyiciler kullanılmalı, temizliğin mümkünse insanların binadan ayrıldığı saatten sonra yapılmasının ve temizlik sırasında binanın havalandırılmasının sağlanması.

Havalandırma sisteminin yapılmasının teknik donanım eksikliği veya yüksek maliyet dolayısı ile mümkün olmadığı durumlarda en azından özellikle kış mevsiminde iç ortamın sık aralıklarla doğal havalandırılmasına özen gösterilmelidir. Ancak havalandırmanın kış mevsiminde sıcaklık düşüklüğünün yoğun olduğu sabah saatlerinde değil öğleden sonra yapılması daha uygun olacaktır.

İç ortam hava kirliliği kaynaklarının ortadan kaldırılması ve emisyon derişimlerinin azaltılması için alınabilecek önlemler, kirlilik kaynaklarının giderilmesi, etkin havalandırmanın sağlanması başlıkları altında sıralanmıştır.

1.5.1 Mikrobiyal Aktivitenin Önlenmesi

Bakteri, mantar veya küf gibi mikroorganizmaların insan sağlığını bozduğu, hastalık yapıcı olduğu bilindiğinden bu gibi mikroorganizmaların üremesinin önüne geçilmesi yapılması gereken ilk uygulamalardır.

İç ortamda su sızıntısının olması, su birikintilerinin olması, nemli bölgelerin bulunması mikrobiyal büyüme için uygun ortam hazırlarlar. Bu nedenle tüm binanın, çatı ve bodrum katları dahil, bu tip nem varlığı yönünden incelenmeli, su boruları, bağlantı parçaları su sızıntıları yönünden incelenmeli ve gerekli önlemler alınarak, neme sebep olan problem ortadan kaldırılmalıdır. Bir ortamdaki nemin varlığı, koku veya görsel inceleme ile tespit edilebilir. Nemli ortamların, su birikintileri hemen temizlenmelidir, mümkünse 24 saat içinde değilse 48 saat içinde bu tip ortamların kurutulmaları gerekmektedir.

Mikroorganizmalar tarafından kaplanmış olan yüzeyler, deterjanlar ve sert kıllı fırçalar ile temizlenmeli veya yenisi ile değiştirilmelidir. Küflü yüzeylerin temizlenmesi oldukça dikkat isteyen bir husustur. Çoğu zaman küflü yüzeyin çıkarılarak yenilenmesi gerekli olmaktadır.

1.5.2 Kimyasal Emisyonların Azaltılması

İç ortamlarda kullanılan temizlik malzemeleri, böcek veya sinek öldürücüler, oda kokuları, çeşitli ofis ekipmanları, okul araç ve gereçleri gibi pek çok farklı malzeme sonucu kimyasal madde emisyonları oluşmaktadır. Bu kimyasalların büyük bir kısmı tehlikeli (toksik, reaktif, paslandırıcı, parlayıcı veya patlayıcı) kimyasal sınıfına girmektedir. Evler ve kreş gibi hijyen sebebiyle sık temizlik yapılan ortamlarda, kullanılan temizlik malzemelerinden kaynaklanan kimyasal emisyonlar yüksek seviyelere ulaşabilmektedir.

Temizlik malzeme üreticileri pek çok farklı türde temizleyici ürün üretip, kullanıma sunmaktadır. Tuvalet ve fırını temizlemek için asit, banyoyu dezenfekte etmek için fenol, mobilyaları cilalamak için damıtılmış petrol ürünleri, çamaşırlarımızı beyazlatmak için klor ve yalnızca evlerimizi temiz tutmak için çeşitli zehirli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Günlük yaşamda kullanılan bu ürünler 55.000'in üzerinde kimyasal madde içermektedir. Kullanılan bu temizlik malzemeleri sadece toprağı ve su kaynaklarını değil, buharlaşmış olarak teneffüs ettiğimiz havayı da kirletmektedir. Sprey boyalar, fırın temizleyiciler, dezenfektanlar, mobilya parlaticıları ve diğer tüm sprey ürünler, birkaç gün sonra teneffüs edilen havanın bir parçası olmaktadır.

Dezenfekte edici temizlik madde buharları teneffüs edilirse, tehlikeli olacak uçucu organik kimyasallar olarak karaciğer, böbrek, akciğer, pankreas ve dalakta

hasara neden olabildiği gibi, merkezi sinir sistemini etkileyerek depresyon, sinirlilik ve hiperaktiviteye de yol açabilir.

Oda deodorantlarının çoğu hiçbir şekilde havadaki kötü kokuları yok etmez. Bazıları rahatsız edici kokuları, hoş kokularla örtmeye çalışır, bazıları da burun yollarını yağlı bir tabakayla kaplayıp insanın koku alma duyusunu engelleyen bir kimyasal yayar. Oda deodoratlarında bulunan kimyasal maddelerden bazıları naftalin, fenol, kresol, etanol, ksilen ve formaldehit'tir.

Bu tip ürünleri kullanmak yerine, eski geleneksel temizlik malzemelerinin, arap sabunu, çamaşır sodası, sirke, karbonat vb. kullanımı ile yaratacağı sağlık risklerini azaltmak mümkündür.

Okul ve kreşlerde kullanılan boya, tutkal gibi yapıştırıcılar, oyun hamurları oldukça tehlikeli kimyasalları içerebilmektedir. Bu malzemelerin üstünde “zehirli” olmadıklarına dair bir uyarı yazısı bulunması Türkiye’de zorunlu değildir. Bu nedenle, kullanılan bu tip malzemelerin içerikleri kontrol edilmelidir. İçlerinde petrol türevi bulunan malzemelerden uzak durulmalıdır. Boya seçiminde su bazlı boyaların tercihi, tahta kalemi seçiminde toluen veya metil isobutil keton içeren kalem yerine su veya alkol bazlı kalemlerin tercihi, yapıştırıcılar içinde kutusunda zehirli olmadığına dair sertifikası bulunan ürünlerin tercihi, bu tip iç ortamlarda hava kalitesinin korunmasını sağlayacaktır.

Fotokopi makinesi, bilgisayar monitörü, yazıcı ile mobilya ve halı gibi ofis ekipmanlarının ve iç ortamda yer alması, kimyasal emisyon, ozon, partikül madde gibi pek çok kirleticinin kaynağı olmaktadır. Fotokopi makinesi, bilgisayar ve yazıcı gibi makinelerden kaynaklanan kimyasal emisyonlar çalışır durumda olduklarında çok daha fazla hava kirletici emisyon yaydığı testlerle tespit edilmiştir. Bu cihazların kullanılmadığı durumda kapalı olmaları emisyonları azaltacak bir önlemdir.

Sigara içilmesi sırasında 4000’den fazla kimyasal madde açığa çıktığı bilinmektedir. Bu kirleticilerden, arsenik, siyanür, naftalin, toluen, benzo piren, fenol gibi bileşiklerin birçoğunun kansere neden olduğu da bilinmektedir. İç ortamda sigara içilmesinin önlenmesi için 19 Mayıs 2008 tarihinden itibaren tüm iç ortamlarda sigara yasağının başlaması ile iç ortamlarda hava kalitesinin iyileşmesi yönünde önemli bir adım atılmıştır. Özellikle sağlık eğitiminde yasal zorunlulukların benimsenmesi yanında henüz yasal zorunluluk olmayan evlerde de içilmemesi

yönünde eğitim yapılması; başta kronik solunumsal ve kardiyak hastalığı olan ailelerle, çocuklu ve hamile olan ailelerde yararlı olacaktır.

Yukarıda bahsedilen tüm kirletici kaynakları olan ürünleri kullanmak gerektiğinde veya zorunlu olduğu durumda, iç ortamı havalandırmak yaratacağı sağlık etkilerini önemli ölçüde azaltacaktır.

1.5.3 İç Ortam Havalandırması

İç ortamların havalandırması mekanik veya doğal havalandırma yolu ile yapılabilmektedir. Doğal havalandırma seçeneği, pencere veya kapıların açılması ile iç ortamın havalandırılmasıdır. Bu seçenek, kişilerin isteğine bağlı olmakta, dış ortamdaki sıcaklık düşükçe, ısı kaybının önlenmesi için havalandırma sıklığı azaltılmaktadır. Oysa iç ortamların havalandırma gereksinimleri, dış ortam sıcaklığına bağlı olarak değil, barındırdığı insan sayısı ve iç ortamdaki aktiviteler ile orantılı olarak yapılmalıdır. Kreşler, okullar gibi pek çok kişinin barındığı iç ortamlarda sürekli havalandırmanın yapılması bir zorunluluktur. Bu durumda doğal havalandırma değil, mekanik havalandırma seçeneği gündeme gelmektedir. Mekanik havalandırma sistemleri, dış ortamdaki havanın iç ortama bir fan vasıtası ile aktarılması şeklinde yapılabildiği gibi, HEPA filtrelerden veya diğer temizleme sistemlerine sahip sistemlerle iç ortama temizlenerek verilebilmektedir. Dış ortam havası genel olarak iç ortamdaki havadan daha temizdir, ancak Ankara'da kış aylarında görüldüğü gibi, özellikle sabah saatlerinde dış ortam hava kalitesi kötüleşebilmektedir. Bu durumda, dış ortamdaki kaynaklanan kirleticiler iç ortama girebilmekte, sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Bu durumda mekanik havalandırma seçeneği bir temizleme sistemine sahip olmalıdır. HEPA filtre sistemine sahip bir havalandırma sistemi, %99'un üzerinde asgari verimlilik garantisi ile 0.003 mikrona kadar inen boyutlardaki son derece ince kirletici taneciklerini filtre edebilmektedir. HEPA filtreler, toz ve allerji yapıcılar gibi kirletici taneciklerin yok edilmesine ilaveten, uçucu organik bileşikler ile diğer gaz kimyasallar ve hoş olmayan kokular gibi moleküllerin bertaraf edilmesinde de etkindirler. Bu tip sistemler sürekli veya kesikli olarak çalıştırılabilir. Zaman ayarlayıcı sistem vasıtasıyla, istenilen zaman aralıklarında otomatik olarak devreye girebildikleri gibi, CO₂ sensörleri vasıtasıyla da kendi kendine çalışabilmektedir. Havalandırma gereksiniminin tespitinde ortamdaki CO₂ miktarının sürekli izlenmesi ve iç ortam havasında CO₂ seviyesi 1500 ppm'e ulaştığı durumda havalandırma sisteminin devreye sokulması,

sağlayacağı büyük enerji tasarrufunun yanı sıra uygun konfor koşullarındaki hava kalitesi ile bina içinde sağlıklı ve verimli bir ortam oluşturulabilir. Ancak bu tip filtrelerin kullanılmasında, havalandırma cihazlarının bakımı oldukça önemlidir. Düzgün bakımları yapılmayan filtrelerde oluşan Lejyonella gibi öldürücü bakteriler başka sağlık problemlerine yol açtıklarından, düzenli bakımlarının yapılması ve temizlenmeleri önemlidir.

Mekanik havalandırma sistemlerinin kurulması ve işletilmesi oldukça maliyetlidir. Ancak iç ortam hava kalitesinin sağlanmasında oldukça faydalıdır. Özellikle kreş ve okullar gibi çok sayıda çocuğun bir arada buldukları ortamların iç hava kalitesini sağlamak için masraftan kaçınılmaması gereklidir. Bu tip bir sistem yoksa her gün saat başı en az 10 dakika pencerelerin açılması ile iç ortam hava kirlilik seviyesi önemli ölçüde düşürülebilir. Okulların iç ortam hava kalitesinin sağlanması için önerilen temiz hava hızı kişi başına 24 m³/saat civarındadır (ASHRAE Standard 62). Bir sınıfta 40 kişi bulunduğu durumda o ortama sağlanması gereken temiz hava 960 m³/saat olacaktır. Bu havanın 1 m²'lik bir pencereden 1.5 m/sn hızla girmesi durumunda, pencerenin saatte 10 dakika açık kalması ile gerekli temiz hava sağlanabilir.

1.5.4 İç Ortam Hava Kalitesini Arttırmak İçin Uygulanacak Stratejiler

Kirletici kaynaklarının ortamdaki uzaklaştırılması, daha uygun bir yere taşınması ya da kirletici kaynaklarının azaltılması ya da havalandırmanın artırılması iç ortam kirliliğinin azaltılması için uygulanan temel stratejilerdir.

Kirleticinin ortadan kaldırılması kirliliğin kontrolünde en etkin yöntemdir. Bununla birlikte her zaman uygulanması mümkün olmayabilir. Doğal havalandırma bina özellikleri, binada oturanların etkinlikleri ve hava koşullarına göre değişmekte ve bu nedenle havalandırmayı her zaman kontrol etmek mümkün olamamaktadır. Bununla birlikte tüm kirletici derişimlerinin azaltılmasında etkin bir yöntemdir (174).

1.5.4.1 Yanma Ürünleri

1.5.4.1.1 Biyomas Yakıtlar

Pişirme gereçlerinin ıslah edilmesi örneğin biyomasın açık ocaklar yerine bacası olan sobalarda yakılması iç ortam kirliliğini büyük oranda azaltacaktır. Bu tip sobalarda duman çıkışının az olması bunların sağlık çalışanları tarafından koruyucu

girişimler olarak önerilmesini sağlamıştır. Teknik olarak ocak, soba tasarımlarının karmaşık olması, kullanıcılarda davranış değişikliği gerektirir ve bunun sürekli kılınmasındaki zorluklar, sobaların bakım ve kullanımlarındaki güçlükler sobalarla elde edilen başarıları önemli ölçüde etkilemektedir. Laboratuvar ortamında deneysel olarak incelenen sobalarda elde edilen sonuçlarla, pratik kullanımda elde edilen sonuçlar arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bu tip girişimlerin etkin olabilmesi için doğal ortam iklim değişiklikleri, bölgeden bölgeye değişik amaçlı enerji kullanımı, bölgenin alt yapısı, kullanıcıların davranış ve sosyokültürel özellikleri mutlaka göz önüne alınmalıdır. Ayrıca bölgesel olarak daha temiz fosil yakıtlara geçilmesi önerilir. Örneğin bazı bölgelerde odun kömürü, bazı yerlerde doğal gaz kullanımı yaygınlaştırılabilir (105). Katı yakıtların sağlık üzerindeki etkilerini inceleyen ilk randomize kontrollü çalışma Guatemala’da gerçekleştirilmiştir. Burada *plancha* adı verilen bacalı sobaların dumanı etkisi solunan havadaki CO düzeylerine bakılarak ölçülmüş ve CO düzeylerinin bu sobaların kullanımıyla önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir (175). Kerosen, sıvılaştırılmış petrol gazı, doğal gaz, elektrik gibi alternatif yakıtlar da hava kalitesinin iyileştirilmesi için kullanılabilir. Bununla birlikte günümüzdeki bilgiler yoksul kesimlerde halen kullanılmakta olan yakıt sobalarının iyileştirilmesi ve enerji kullanımındaki davranış değişikliklerinin sağlanmasının, katı yakıt sobalarının yerine sıvı yakıt ya da elektrik sobalarının yerleştirilmesine göre çok daha etkin olduğunu ortaya koymaktadır. Uluslararası Solunum Dernekleri forumu, dünya çapındaki biyomas dumanlarının olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla bir proje başlatmıştır. Biyomas yakıtların kullanım biçimlerindeki değişiklikler, daha önemlisi bu yakıtların yerine daha etkin daha temiz fosil yakıtların kullanılması projenin son amacıdır (176).

Özellikle katı yakıtların tamamını ya da bir bölümünü dışarıdan alan topluluklar, temiz yakıtları daha da ucuza alabilirlerse petrol, doğal gaz gibi enerji kaynaklarının kullanımı için gerekli insiyatiflerin başlatılması daha kolay gerçekleşecektir ve dönüşüm daha başarılı olacaktır. Evlerin uluslararası standartlara uygun enerji kullanacak şekilde tasarlanması, havalandırma deliklerinin varlığı özellikle PM ve CO başta olmak üzere kirleticilerin etkin bir biçimde temizlenmesini sağlayabilir. Yaşanan ortamdaki ayrı bir mutfak, ailenin tüm kirleticilerin etkisinde kalmasını önleyebilmektedir. Parçacıklar ve gazlar yüksek etkinlikli partikül süzme özelliği olan HEPA filtrelerle donatılmış özel hava temizleme gereçleriyle ortamdaki uzaklaştırılabilir (105;174;176).

1.5.4.1.2 Çevresel Tütün Dumanı

İç ortamlarda gelen ventilasyonun artışı çevresel tütün dumanının kokusunu azaltabilir. Ama sağlık risklerini tamamen ortadan kaldırmaz. Etkinliği yüksek hava temizleme sistemleri belirli koşullarda tütün dumanı içerisindeki partikülleri temizleyebilir ama gaz kirleticileri ortadan kaldırmaz. Bir iç ortamdan sigara dumanını en etkili biçimde temizlemenin tek yolu sigara içmenin tamamen yasaklanması ya da kapalı ayrı ve diğer ortamlara hava dolaşımı tamamen önlenmiş odalarda içilmesine izin verilmesidir. DSÖ'nün MPOWER stratejileri bu konuda ayrıntılı bilgi sunmaktadır (173;177). Bu açıdan bar ya da restoran gibi eğlence yerleri yüksek oranda çevresel tütün dumanının bulunduğu alanlardır. Toplumda açık ortamlarda sigaranın yasaklanması ile partikül ve kadmium emisyonlarında azalma olduğu tespit edilmiştir (178). Asılı partikül ve nikotin derişimleri aynı restoranda sigara içilen ve de sigara içilmeyen alanlarda ölçülmüş, sigara içilmeyen alanlarda %40 - %65 oranında azaldıkları saptanmıştır (179). Yani sigara içilen ve içilmeyen alanların aynı ortamda birbirinden basit bir şekilde ayrılması iç ortam hava kirleticilerini tamamen ortadan kaldırmamaktadır. Türkiye'de de bazı ülkelerde olduğu gibi toplumsal alanlarda sigara içilmesi kanunen yasaktır.

1.5.4.1.3 Kimyasal Kirleticiler

1.5.4.1.3.1 Uçucu Organik Bileşikler

İç ortamlarda uçucu organik bileşiklerin varlığı gösterilmiş olsa da bunların çoğu toksikolojik ve duysal etkiler gösterecek düzeylerde değildir. Bu nedenle standart değerlerin altında bu bileşiklerin sağlığı tehdit edici bir özellik taşımadıkları düşünülmektedir. Uçucu organik bileşiklerin var olduğu ortamın havalandırılması, oldukça etkin bir yöntemdir (180). Kullanılmayan boya, cila ya da benzeri maddeler içeren kutular evlerde ağızları açık bir biçimde saklanmamalıdır. Kuru temizlemeden yeni çıkmış giysileri eve birkaç gün geç getirerek trikloretilen miktarlarını birkaç kat azaltabilmek mümkündür. Oda deodorantları ve parfümler mümkün olduğunca kullanmamalıdır. Özellikle güzel koku veren maddeler oldukça uçucu sentetik kimyasallardır ve bu nedenle uçucu organik bileşiklerin önemli bir bölümünü oluşturabilme potansiyelleri bulunmaktadır. Kişisel olarak kullanılan hoş kokulu ürünler sadece parfümlerle sınırlı değildir. Deterjan, yumuşatıcı, sabun, şampuan, deodorant, cilt losyonları ve kozmetikler de aynı kategoriye girmektedirler. Bu maddelerdeki uçucu organik bileşiklerin etkisinden kurtulmanın tek yolu bu

ürünlerin kullanılmamasıdır. Ev içerisine açılan garajlarda otomobilleri çalışır halde bulundurmamak gerekir. Uçucu maddeler içeren kaynakları evden uzak tutmak gerekir. Duman alarmları ve CO detektörleri etkenlerin arttığı durumlarda erkenden uyarı vererek korunmayı sağlayabilir (174).

1.5.4.1.3.2 Allerjenler

İç ortam hava neminin kontrolü (<%45-50) ve havalandırma hızı, alerjen etkisinde kalma kontrolünde önemli faktörlerdir. Standart nem oranı, merkezi havalandırma ile sağlanabilir. Merkezi havalandırma sistemlerinde yoğuşma olmamasına dikkat etmek gerekir. Bazı iklimlerde ek olarak nem azaltıcı sistemler de eklenmelidir (180).

Tüylü, kürklü ev hayvanları evin insan yaşamayan bölümlerinde beslenmelidir.

Ev tozu oluşturan kaynaklar saptandığında, bunların azaltılması gerekir. Çocukların yatak odalarına halı yerleştirmemek uygundur. Halı, kilim ya da kumaş mobilyaları tamamen kaldırmak mümkün değilse yerler sık sık HEPA filtreli elektrik süpürgesiyle temizlenmelidir. Evlerde yataklarda antiallerjik örtü ya da kılıfların kullanılması allerjen konsantrasyonunu azaltmaktadır. Yatak örtülerinin her hafta 50 °C’de yıkanması önerilmektedir. Akarisidler özellikle halılardaki mayt sayısını azaltabilirler ve geride kalan mayt allerjenlerini de denatüre edebilmek için tannik asid kullanılması önerilmektedir (103).

Hamamböceği allerjenleri özellikle şehir merkezlerindeki evlerde önemli bir sorundur. Hamamböceği allerjenlerinin en yüksek düzeyde olduğu yerler mutfaklardır. Hamamböcekleri ortamın temiz tutulması, açıkta yiyecek bırakılmaması ve özellikle böceklerin giriş deliklerinin uygun şekilde kapatılmasıyla ortamdaki uzaklaştırılır. Allerjen derişimi etkin bir biçimde azaltmanın astımlı hastaların iyileşmesine olumlu etkisi tam olarak ortaya konamamıştır (181).

Rutubet ve Küf: Teorik esaslara uygun tasarımı yapılmış ve dış cepheleri standarda uygun yalıtılmış binalar aşırı rutubetin ve mikrop üremesinin önlenmesinde büyük öneme sahiptir. Özellikle küfü önlemede, iç ortam sıcaklığının, havalandırmanın ve yoğuşmanın kontrolü büyük önem taşımaktadır (174). Havalandırma tüm binada etkin bir biçimde yapılmalı, su birikintileri önlenmelidir. Özellikle düşük gelirli kişilerin yaşadığı, bakımsız, kötü malzeme ile yapılmış

evlerde nem ve küflenme önemli bir sorundur. Özellikle hastalık yükü oldukça fazla olan bu popülasyonun bir de yaşadıkları ortamdaki olumsuz etkilenmemeleri için toplumun bu kesiminin yaşadığı evlerin koşullarının düzeltilmesi gerekir. Bir binada su ve rutubet varlığına karşı iki basamaklı bir yaklaşımı uygulanmaktadır. Birincisi, su kaçaqları ve rutubetlenmenin daha da ağır hale gelmesini önlemek, çatlakları delikleri kapatmak, su kaçaqlarını ve tahliye borularını tamir etmek. İkincisi, ortaya çıkmış hasarın tamir edilmesidir. Bu alanların renklerinde, yapılarında ya da kokularında meydana gelen değişikliklere bakılarak rutubet ya da küften etkilenip etkilenmedikleri anlaşılabilir (182).

İç ortam hava kirliliği dünyanın farklı bölgelerinde farklı açılardan sağlık sorunu olmayı sürdürmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde özellikle katı yakıtların ısınma ve yemek pişirmede kullanılması, gelişmekte olan ülkelerde ve şehirlerde standarda uygun yalıtım yapılmaması sonucunda ortaya çıkan uçucu kimyasal önem taşımaktadır. Bu durum özellikle sosyoekonomik koşulları iyi olmayan bölgelerde daha belirgindir (183). İç ortam hava kalitesinin sağlanmasında en etkin yöntem ısınma ve yemek pişirme için kullanılan yakıtların değiştirilmesidir (184). Özellikle gelişmekte olan, yoksul bölgelerde ve kırsal alanda biyomas yakıtın ucuz olması nedeni ile kısa dönemde değiştirilmesi zor görünmektedir (184). Isınma ya da yemek pişirme amacı ile biyomas kullanılan evlerde havalandırmanın yeterli olmaması ve bu yakıtların bacası olmayan ocaklarda kullanılması da iç ortamdaki etkilerini arttırmaktadır (105). Ayrıca bu bölgelerde bazı kişilerin geçim kaynağını da biyomas yakıt toplanarak satılması oluşturmaktadır (184).

1.5.5 İç Ortam Hava Kirliliği: Önerilen Çözümler

İç ortam hava kirliliğinin engellenmesinde en önemli konu, toplumsal bilincin artırılmasıdır. Bunun yanında iç ortam hava kalitesi standartlarının oluşturulması da önemli bir basamaktır.

İç ortam hava kirliliği ve buna yol açan sebeplerle mücadele eğitimle belirli ölçüde azaltılabilir (184).

Çevresel sigara dumanı ile karşılaşmayı önlemede en önemli basamak, sigara içmeye başlama potansiyeli olanların başlangıçta sigara içmesinin önlenmesidir. Çoğu kişi sigara içmeye yirmili yaşlardan önce başlar ve adölesanların sigara içmesini en etkin azaltan yöntemlerden biri paket başına sigara fiyatlarının

arttırılmasıdır (88). Çevresel sigara dumanı ile karşılaşmayı azaltmak için alınabilecek önlemlerden biri de ebeveynlerin ev ya da araba içi gibi çocukların daha yoğun dumana maruz kalabilecekleri yerlerde kesinlikle sigara içmemeleri konusunda bilgilendirilmeleridir (88). Bunu sağlamanın bir diğer yolu ise anne babalara mümkün olan her olanağı kullanarak sigara bırakma konusunda önerilerde bulunmaktır (88).

Bina yapımında uluslararası standartlara uyum, iç ortam hava kirliliğinin önlenmesinde önemli basamaklardan birini oluşturmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde pencere boyutlarının arttırılması, mutfakların genişletilmesi ve uyunan alanlardan ayrılması gibi basit önlemler ile iç ortam havasının daha iyi hale gelmesi sağlanabilir (184).

Karbonmonoksit zehirlenmelerinde oldukça etkili ve hayat kurtarıcı ev içi dedektörler olmasına karşın kullanımları yaygın değildir (88).

Sadece toplumun bireylerinin değil, sağlık personelinin de iç ortam hava kalitesinin önemi konusunda bilgilendirilmesi gereklidir (103).

Ev içi hava kirleticileri konusunda sınırlı sayıdaki çalışma ile ev içi mantar, ev tozu maruziyeti gibi allerjenlerle allerjik duyarlaşma arasındaki ilişkiyi vurgulayan çalışma vardır.

Önerilen önlemler:

- Asbest insan sağlığına zararlı bir madde olup geçmişte binalarda yapı malzemelerinde ve ses-ısı yalıtım malzemelerinde kullanılmıştır. Asbest içeren malzeme kullanılmış binaların tespiti ve bunlar için özel kurallar uygulanarak bu malzemelerin sökülerek bertaraf edilmesi gerekmektedir.
- Yaygınlaşan mum-tütsü yakma uygulaması insan sağlığına zarar vermektedir. Bu konuda halk bilinci oluşturularak kullanılmasının en aza indirilmesi. Bu ürünlerde kullanılan malzemelerin insan sağlığını korumak amaçlı düzenlenmesi.
- Açık ocak kullanılarak ısıtma ve yemek pişirmenin insan sağlığına zarar verdiği özellikle Çin'de yapılmış olan bilimsel çalışmalar ile gösterilmiş bulunmaktadır. Açık ocak kullanılan köy evlerimizde bundan vazgeçilmesinin sağlanması yolunda tedbirler alınması gerekmektedir.

- Binalarda mikroorganizma (biyo-aerosoller) kontaminasyonunun üst solunum yolu sağlığı ile direkt ilişkili olduğu konusunda halk bilinci oluşturulması.
- Şehir merkezlerinde gerek dış hava kaynaklı (özellikle trafik) uçucu organik bileşiklere maruziyeti azaltmak gerekse yaz günlerinde dış havada atmosfer kimyası reaksiyonları sonucu oluşan ozon maruziyetini azaltmak amacıyla belirli saatlerde dışarıdan içeriye giren hava miktarını en aza indirmek gerekmektedir.
- Temizlik, özellikle elektrik süpürgesi ile yapılan temizlik sırasında bina-içi ortamların kalkan tozdan korunmak amacıyla iyi havalandırılması gerekmektedir. Bu konuda halk bilinci oluşturulması gerekmektedir. Sulu elektrik süpürgelerinin insan sağlığının korunması için teşvik edilmesi faydalı olacaktır.
- Bina-içi ortamlarda kullanılan malzemelerin az uçucu organik madde salıverenlerinin tercihi ve teşviki, özellikle parke ve muşamba gibi yer döşemelerinin yapıştırıcı kullanılmadan döşenmesi bu maddelere maruziyeti azaltacaktır.
- Duvardan duvara halı uygulamaları, özellikle iş yerlerinde ofis binalarında, halıları birer kirletici (aerosol ve biyo-aerosol) kaynağı haline gelmektedir. Ek olarak, bunlar yere yapıştırıldığında halının bünyesinden yayılan ek yapıştırıcıdan uçucu organik madde salımı geręekleřmektedir.
- Evlerde ve ticari mutfaklarda havalandırmanın yemek pişirilmesi sırasında oluşan kirletici emisyonlarından korunmak amacıyla bu ortamların havalandırılmasının iyi yapılması gerekmektedir. Ayrıca, mutfak ile evin diğer odaları ve ticari mutfak ile müşteri salonu arasında kirletici taşımının engellenmesi amacıyla tedbirler alınması gerekmektedir.
- Katkı maddeleri içeren temizlik ürünleri yerine doğal olanların tercih edilmesi insanların biręok sentetik kimyasal maddeye maruz kalmalarını engelleyecektir. Bu ürünlerde kullanılan katkı maddeleri arasında ciddi sağlık etkileri yaratabilecek olanlar bulunmaktadır.
- Okullar genelde yılda en az bir defa ve belediyelerce boyanmaktadır. Bu iş için solvent bazlı boya kullanılmaması çocukların uçucu organik maddelere

maruziyetini azaltacaktır. Ayrıca, radyatörlerin boyanmasından vazgeçilmesi ya da maruziyet oluşturmayacak şekilde yapılması için tedbirler alınması gerekmektedir. Radyatörler boyandığında, ısıtma sistemi tekrar faaliyete alındığı zaman yüksek değerde ve hızlıca uçucu organik bileşik emisyonu olmakta, ortam keskin koku ile kaplanmaktadır. Bu konuda yapılan TUBİTAK-105Y263 numaralı “İlköğretim Okullarında Bina-İçi Çevresel Kalitenin Değerlendirilmesi” başlıklı araştırma projesinde karşılaşılmıştır. Proje tamamlandığında, sonuç raporda yer alacak ve Milli Eğitim Bakanlığı’na bildirilecek bina-içi hava kalitesi ile ilgili ana sorunlar ve pratik çözümler yer alacaktır. Bu teknik, yurtdışında yeni binalarda sakinler taşınmadan önce uygulanmakta, işleme, “*bake-out*” ismi verilmektedir.

Okullar gibi kalabalık binalarda insanların hareketliliği sonucu yerlere çökelmiş olan toz tanecikleri havalanarak tekrar uçuşan toz haline gelmektedir. Temizlik faaliyetlerinin yerden toz kalkmasının en aza indirecek şekilde yapılması önem taşımaktadır.

2 DIŞ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ

2.1 Giriş

Günümüzde özellikle kent merkezlerinde yaşanan hava kirliliği ile aslında insanoğlunun ateőini ilk yaktığı dönemlerden itibaren değişik zamanlarda farklı şekillerde karşı karşıya kalınmıştır. Çok eski tarihlerde bronz, demir ve diğer aletlerin üretiminden kaynaklanan kirletici emisyonları atmosfere veriliyordu. Madencilik gelişmesiyle bu emisyonlar daha da artmıştır. Volkanik faaliyetler, orman yangınları her zaman var olan doğal kirletici kaynakları olmuştur. 12. yüzyılda Mısır'da hava kirliliğinin çocuk ölüm ve hastalıklarına sebep olduğu o zamanki Mısır dokümanlarına girmiştir. 1273 yılında İngiltere'de kömür yakılması yasaklanmış, 1661 yılında Londra'da hava kirliliği etkilerinden bahseden bir broşür yayımlanmıştır (185).

Endüstri devrinde 18. ve 19. yüzyıllarda hava kirliliği etkileri bariz bir şekilde fark edilmeye başlanmıştır. Buhar makinelerinde, lokomotiflerde, deniz taşımacılığı yapılan gemilerde kömürün yakılmasıyla o dönemlerde atmosfere duman ve kül salınmaktaydı. Metalürji ve kimya endüstrilerinden kaynaklanan kükürt bileşikleri ve ağır metal içeren partikül madde kirliliği de endüstriye paralel olarak görülmeye başlanmıştır. Hava kirliliği kontrolüne yönelik çalışmalar da görülen olumsuz etkilerin ardından başlatılmıştır.

20. yüzyılın başlarından itibaren endüstri gelişirken hava kirliliği epizotları da görülmeye başlanmıştır. 1930'da Belçika'nın Meuse vadisinde, 1940 ve 1950'lerde Los Angeles'da, 1952'de Londra'da binlerce kişinin öldüğü hava kirliliği yaşanmıştır (186). Özellikle otomobil sayısındaki artışlar büyük kent merkezlerinde hava kirliliğini hissedilir boyutlara taşımıştır. Bu epizotlarda olumsuz meteorolojik koşullar, atmosferik kararlılık, inversiyon, aşırı soğuklar ve fazla miktarda yakıt kullanımı etkili olmuştur.

Avrupa'da 1950'lerde yürürlüğe giren 'Temiz Hava Andlaşması' ('Clean Air Acts') ve yakıt türlerinin değişimi sonucunda bu tür 'geleneksel' hava kirliliğinde belli bir azalma olmuştur (23;186;187). Ancak, son yıllarda, özellikle gelişmiş ülkelerde artan oranda petrol ve doğal gaz kullanımı sonucu atmosferik hidrokarbonlar, azot oksitleri (NO_x), ozon (O₃) ve 10 µm'den küçük inhale edilebilen partiküllerden kaynaklanan yeni bir tip hava kirliliği etkili olmaya başlamıştır (23;186;187). Diğer

yandan, gelişmekte olan ülkelerde, bu yeni tip hava kirleticilerine ilave olarak, halen geleneksel kirleticiler SO₂ ve partikül madde emisyonu hava kirliliğini önemli ölçüde artırmakta, özellikle kış aylarında tehlikeli düzeylere çıkartmaktadır (187;188). Başta Hindistan (189) ve Çin (190) gibi hızlı kalkınan ve enerji kullanımı giderek artan ülkelerde hava kirliliği çok ciddi boyutlara çıkmaktadır. Gelişmiş ülkelerin yaşadığı deneyimlerden dersler çıkarıp, endüstrileşme ve modernleşmede çevreye ve atmosfere daha az zarar verecek yollar seçilebilecekken, uluslararası rekabet ve nüfus oranlarındaki hızlı artışın bu ülkelere fazla hareket alanı bırakmadığı anlaşılmaktadır. Türkiye de hızla kalkınan ülkelerden biri olarak Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetmeliğinin (HKDY) (191) belirlediği sınırların üzerinde seyreden hava kirliliği yaşayan ülkelerden birisidir (188;192).

Hava kirliliği, nüfusun artması, kentlerin büyümesi, endüstrinin gelişmesiyle artan oranda ve değişen içerikte etkilerini sürdürmektedir. Lokal bir kaynaktan salınan hava kirleticiler yerel etkiler gösterirken, kent merkezlerinde enerji tüketimi, fosil yakıt yanması, motorlu taşıtların artmasıyla hava kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Bölgesel taşınımlar, asit depolanması, artan sera gazları, troposferik ozon üretimi bugün hava kirliliğinin küresel boyutlara ulaşan etkilerini ortaya koymaktadır. Trafik, ulaşım, endüstri ve ısınmadan kaynaklanan kirleticiler (antropojenik kaynaklı) hava kirliliğinin başlıcaları iken; meteoroloji, topografik yapı, dispersiyon ve kimyasal dönüşüm süreçlerinin hava kirliliği ve iklim üzerindeki etkileri artık daha iyi bilinmektedir. Hava kirleticilerinin çevreye ve insan sağlığına etkilerinin zaman, mekan, etki süresi, konsantrasyon ve diğer karakteristiklerine bağlı olduğu bilinmektedir (23;185;193;194).

Hava kirliliğindeki bu artışın insan sağlığını olumsuz etkilediği bu gün artık herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir. Hava kirliliği bir yandan kalp ve akciğer hastalıklarına bağlı ölüm oranını artırırken, diğer yandan bu hastalıklara bağlı hastane başvurularını artırmaktadır. Bundan başka, hava kirliliği özellikle çocukların akciğer gelişimini olumsuz etkilemekte ve kirliliğin yoğun olduğu bölgelerde astım ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) gibi kronik hava yolu hastalıklarının prevalansını artırmaktadır. Batı ülkelerinde ve Kuzey Amerika'da metodolojik açıdan iyi kurgulanmış çok merkezli bölgesel ve uluslararası çalışmalar hava kirleticilerin düzeylerindeki hafif artışların bile, başta kardiyak ve solunum hastalığı olan bireyler olmak üzere insan sağlığını olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur.

Günümüzde hava kalitesinin iyileştirilmesi, insan sağlığının korunması ve çevresel etkilerin önüne geçilmesi için çaba sarf edilmektedir. Gelecekteki hava kalitesi tüm bu çabaların sonuçlarına göre şekillenecektir.

2.2 Hava Kirleticileri

EPA (Environmental Protection Agency, Amerika Çevre Koruma Ajansı) hava kirliliğini, “kirletici maddelerin insan sağlığına veya refahına zarar verecek veya başka zararlı çevresel etkiler oluşturacak şekilde havada bulunması” olarak tanımlamıştır (195). Bahsedilen bu zararlı etkilerin oluşabilmesi için, kirletici yayan bir kaynağın, kirleticilerin taşınımının ve bir alıcı ortamın aynı anda bulunması gerekir. Kaynağın şiddeti, tipi ve bulunduğu konum atmosfere salınan kirletici özelliklerini ve etkilerini belirleyen önemli faktörlerdir. Kirleticilerin taşınımı ise meteorolojik şartlara, bölgenin topografyasına ve klimatolojisine bağlıdır. Tüm bu faktörler kirleticilerin kaynaktan alıcı ortama ulaşmasında etkilidir. Alıcı ise, insanlar, hayvanlar, materyal ve bitkilerdir (196). Hava kirliliğinin olumsuz etkileri, bir alıcı ortama ulaşması, temasta bulunması ve maruziyetin meydana gelmesi ile anlaşılabilir. Bu durumda hava kirliliği etkilerinin anlaşılması için aşağıdaki özelliklerin bilinmesi gerekmektedir (197).

- Alıcı ortama ulaşan kirleticilerin doğal, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri,
- Alıcı ortam özellikleri (insan, hayvan, bitki, nesli tükenmekte olan türler, tüm popülasyon veya ekosistem),
- Kişilerin mevcut sağlık durumu,
- Ekosistem şartları,
- Kirleticilerin kimyasal kompozisyonu ve fiziksel formu,
- Kirleticilerin saf veya bir karışım içinde olduğu,
- Organizmanın veya kişinin kirleticiye maruziyet şekli (gıda, içecek, hava veya cilt yoluyla)

Tüm bu durumlar ve bir kirlenmeye ait diğer özellikler hava kirliliğinden kaynaklanan zararın boyutunu ve derecesini belirler ve hava kirliliğinin tanımlanmasını sağlar.

2.2.1 Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması

Hava kirleticileri için farklı sınıflandırmalar bulunmaktadır. Bu sınıflandırmalar genel olarak, insan sağlığına etkileri (kriter, toksik), kaynakları (birincil, ikincil) ve fiziksel durumlarına (katı, sıvı, gaz) göre yapılmıştır.

2.2.1.1 Kriter ve Toksik Hava Kirleticiler

EPA tarafından kirleticilerin sağlık etkileri baz alınarak yapılmış bir sınıflandırmadır (198). Kriter hava kirleticiler, kabul edilebilir hava kalitesi ile sağlıklı veya kötü hava kalitesini birbirinden ayıran, konsantrasyon limitleri belirlenmiş kirleticilerdir. Bu sınır değerler belirli zaman aralıklarında insan sağlığı ve/veya çevresel etkileri göz önünde bulundurularak dış ortam havasında bulunmasına izin verilen kirletici konsantrasyonlarıdır. Bu kirleticiler için belirlenen sınır değerler farklı ülkelerde ve çevresel örgütlerde farklı değerler alabilmektedir.

Kriter hava kirleticiler:

- Karbon monoksit (CO),
- Azot dioksit (NO₂),
- Kükürt dioksit (SO₂),
- Ozon (O₃),
- Partikül madde (PM),
- Kurşun (Pb)

Toksik hava kirleticiler, yine EPA tarafından toksik (toxic) veya tehlikeli (hazardous) hava kirleticileri olarak belirlenmiştir. Bu kirleticilerin çevreye zarar verdiği, ciddi sağlık etkilerine neden olduğu bilinmekte veya tahmin edilmektedir. Toksik kirleticiler, kriter kirleticilerin aksine dış ortam havasında çok düşük konsantrasyonlarda bulunurlar. Toksik hava kirleticilere, benzinde bulunan benzen, bazı kuru temizleme işlemlerinden yayılan perkloroetilen, solvent olarak kullanılan metilen klorid örnek olarak verilebilir. EPA, 189 kirleticiyi bu sınıfta değerlendirmektedir (199).

2.2.1.2 Birincil ve İkincil Kirleticiler

Hava kirleticilerin bir diğer sınıflandırılması kaynaklara göre yapılmaktadır. Birincil kirleticiler, atmosfere doğrudan bir kaynak tarafından yayılan kirleticilerdir.

Bu kirleticileri atmosfere bırakan temel iki kaynak grubu bulunmaktadır:

- Doğal kaynaklar,
- Antropojenik kaynaklar.

Doğal kaynaklar; *jeojenik* ve *biyojenik* olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Jeojenik kaynaklar, yer kabuğu aktivitelerinden kaynaklanan SO₂, H₂S, metan, CO₂, mineraller, Cl gibi kirleticileri salar. Biyojenik kaynaklar ise biyojenik aktivitelerden kaynaklanan hidrojen ve karbon temelli gazlardır. Bu kirleticiler, fotosentez, metabolik faaliyetler, bitki ve hayvansal emisyonlardan salınır. CO, CO₂, metan, organik bileşikler (terpen, izopren vb.) örnek olarak verilebilir. Antropojenik kaynaklar; üretim, taşıma, ulaşım, yakma gibi insan faaliyetlerini oluşturur. Bu faaliyetler sonucu pek çok hava kirletici atmosfere bırakılır.

İkincil kirleticiler; atmosferde bulunan kirleticilerin atmosferik dinamiklerin de etkisiyle gaz fazı reaksiyonları veya partiküllerle reaksiyonları sonucu oluşurlar. Bu kirleticiler doğrudan bir kaynaktan atmosfere atılmış kirleticiler değil, atmosferde üretilmiş kirleticilerdir. Ozon en bilinen ikincil kirleticidir. Diğer oksidanlar, peroksi asetil nitrat (PAN) ve peroksi benzol nitrat (PBN) bu yolla üretilmiş kirleticilerdir.

Fiziksel durumlarına göre kirleticiler üç temel durumda bulunurlar ve farklı özelliklere ve etkilere sahiptirler. Bunlar; katı, sıvı ve gaz halleridir. Katı ve sıvı kirleticiler partikül madde olarak ele alınmaktadır.

Gaz kirleticiler, gaz yasalarına uyarlar. Temel gaz hava kirleticileri reaktiftirler, fotokimyasal süreçlere katılırlar veya direkt olarak materyal, bitki veya canlı dokusuyla reaksiyona girebilirler. Atmosferde karışım halinde bulunurlar. SO₂, CO, O₃, uçucu organik bileşikler, NO_x başlıca kirletici gazlardır. Bu kirletici gazlar tüm dünyada çeşitli kaynaklardan atmosfere büyük miktarda salınır.

Partikül maddeler atmosferde katı veya sıvı damlacık formunda ve asılı olarak bulunur. Atmosferde çok değişken bir tane boyutuna sahiptirler ve doğal ve antropojenik kaynaklardan önemli miktarlarda atmosfere atılırlar. Tane çapları, kimyasal kompozisyonları atıldıkları kaynaklara ve atmosferde katıldıkları reaksiyonlara bağlı olarak değişir. Önemli sağlık etkileri yanında görüş mesafesi üzerine etkileri de bulunmaktadır.

2.2.2 Kirleticiler

Bu bölümde insan sağlığı ve çevresel etkileri bulunan temel hava kirleticilerin tanım, kaynak ve diğer özellikleri üzerinde durulmuştur.

2.2.2.1 Partikül Madde

Partikül madde, atmosferde asılı bulunan katı partiküllerin ve sıvı damlacıkların bir karışımıdır. Partikül boyutları çok geniş bir aralığa sahiptir. Toz, duman, is gibi bazı partiküller gözle görülebilecek kadar büyüktür. Bunun yanında, ancak mikroskopla görülebilen boyutlarda partiküller de bulunmaktadır. Partikül boyutu, partiküllerin kaynaklarının, atmosferik proseslerin oluşum mekanizmalarının, depolanma/giderim proseslerinin, görüş bozulmasının belirlenmesinde kritik rol oynayan en önemli parametredir. Aynı zamanda, PM ile insan solunum yolu sistemi ve bununla ilgili sağlık etkileri ilişkilerinin belirlenmesinde de partikül boyutu anahtar rol oynamaktadır.

Partikül boyutu genellikle aerodinamik çap olarak ifade edilir ve birkaç nanometreden (nm) onlarca mikrometre (μm) çap aralığında değişim gösterir. $2.5\mu\text{m}$ çaptan daha büyük çaplı “kaba partiküller”, $2.5\mu\text{m}$ den daha küçükler “ince partiküller” ve 100 nm çaptan daha küçük olanlar ise “çok ince partiküller” olarak adlandırılırlar. Genel olarak katı ve sıvı yakıtların yanmasında, motorin ve kurşunlu benzin kullanan taşıtlar, termik santraller gibi yanma işlemlerinden ve bazı endüstriyel aktivitelerden kaynaklanır. İlâveten atmosferik gazların dönüşümüyle oluşurlar. Kaba partiküller genellikle mekanik yollarla üretilirler. Çekirdek aerosoller buhar yoğunlaşması veya gaz-partikül dönüşüm boyunca oluşurken, birikme modu partikül maddeler çekirdek partiküllerin koagülasyonu veya buhar yoğunlaşması yoluyla oluşurlar (200).

Partikül maddeler çok değişik boyutlarda ve şekilde bulunurlar ve yüzlerce farklı kimyasallardan oluşurlar. Bir kaynaktan direkt olarak atmosfere yayılan partikül maddeler “birincil partiküller” olarak adlandırılır. “İkincil partiküller” ise atmosferde kompleks reaksiyonlar sonucu oluşurlar. Enerji santralleri, endüstri ve otomobil gibi kaynaklardan salınan SO_2 , NO_x kimyasallarla reaksiyona girerek oluşur. Partikül maddeler, asitler (sülfat, nitrat gibi), organik kimyasallar, metaller, toprak veya toz partikülleri, bakteri, küf, mantar, deniz suyunun buharlaşması ile ortaya çıkan tuzlar ve allerjik polenlerden oluşur.

Atmosferik PM örnekleri tipik olarak tüm dünyada benzer major bileşikleri ihtiva etmektedir. Ancak bulunma oranları bölgeden bölgeye önemli değişiklikler göstermektedir. Kentsel ve kırsal bölgelerde PM2.5 ve PM10 major bileşenleri nitrat, sülfat, amonyum, karbon, sodyum klorür, partiküllere bağlı su, biyolojik maddeler ve yerkabuğu maddeleridir.

PM2.5 partikül fazın kimyasal bileşimi genellikle sülfat, nitrat, organik ve elementel karbon ve metal bileşiklerinden (Pb, Ni, Zn, Cu, As, Se, Cd, vb) oluşur. Yeryüzü kaynaklı bileşikler (Al, Si, Ca, Sr, Ti, vb.), oksitler, deniz spreyi elementleri (Na, Cl, S, vb) ve polen, spor, bitkilerden kaynaklanan organik bileşikler ise genellikle PM2.5-10 modunda bulunur. Partikül maddeler kaynaklarına ve oluşum mekanizmalarına bağlı olarak pek çok kimyasal türü değişik konsantrasyonlarda içerebilmektedirler (197).

Havadaki partikül madde insan sağlığını etkileyen en önemli kirleticilerden biridir. Partikül boyutu ile sağlık üzerindeki olumsuz etkisi direkt olarak bağlantılıdır. Partikül çapı küçüldükçe, yüzey alanı artmakta ve partiküllerin olumsuz etkileri artmaktadır. Solunum yollarına alınan PM'in 10 µM'den büyük kısmı burun ve nazofarenkste tutulmakta, 10 mikrondan küçük kısmı ise bronşlarda birikirken, 1-2 mikron çapındakiler alveollerde toplanmakta, 0.5 mikron çapındaki partiküller, özellikle 0.1 µm çapında olanlar alveollerden intrakapiller aralığa diffüze olmaktadır. Alveolo-kapiller bariyeri geçen partiküller başta kardiyak fonksiyonlar olmak üzere diğer sistemleri olumsuz etkileyebilmektedir (201).

Dizel yakıt kullanan araçların egzozundan veya dizel yakıtı kullanan santral vb. yanma ünitelerinden açığa çıkan partikülleri (DEP), atmosferdeki partiküller maddenin önemli bir komponentini oluşturmaktadır. Maliyetinin nispeten düşük olması nedeniyle, ağır vasıtalarındaki kullanımının yanı sıra, otomobil endüstrisinde küçük araçlarda da kullanımı giderek artmaktadır. Ortanca çapları 0.4 µm olan partiküllerin önemli bir kısmı 100 nm veya altında çapa sahiptir (202). Bu özellikleri sağlık açısından ciddi risk taşıdıklarını göstermektedir.

Partikül maddelerin fiziksel özellikleri yanında kimyasal kompozisyonu da sağlık açısından oldukça önemlidir. Partikül maddeler civa, kurşun, kadmiyum gibi ağır metaller ile kanserojenik kimyasalları bünyelerinde bulundurabilmekte ve

sağlık üzerinde önemli tehdit oluşturabilmektedirler. Bu zehirli ve kanser yapıcı kimyasallar, nemle birleşerek aside dönüşmektedir. Kurum, uçucu kül, benzin ve dizel araç egzoz partikülleri benzo(a)pyrene gibi kanser yapıcı maddeler içerdiğinden bunların uzun süre solunması kansere sebep olmaktadır (203).

2.2.2.2 Ozon (O₃)

Ozon, atmosferin doğal bileşiminde bulunan, stratosfer tabakasında pik konsantrasyonlara ulaşan oldukça reaktif bir gazdır. Ozon suda çözünmediğinden solunum sisteminin derinliklerine ulaşarak, akciğerlerdeki olumsuz etkilerini gösterir (201). Troposferde antropojenik aktiviteler sonucu üretilir. Kentsel ve kırsal atmosferde NO₂'in ve güneş ışığının varlığında gerçekleşen fotokimyasal süreçlerden oluşur. 1950'lerde Los Angeles atmosferinde fark edilmeye başlanmıştır. Stratosferden taşınım da yaşadığımız atmosferdeki O₃'nun artışına katkıda bulunsa da büyük oranda antropojenik kaynaklardan üretilir (204).

2.2.2.3 Azot oksitler (NO_x)

Azot oksitler (NO_x) yüksek sıcaklıklarda (1200 °C) oluşan oldukça reaktif gazlardır. Azot oksitlerin pek çok türü renksiz ve kokusuzdur ve suda erimez. Bu nedenle üst solunum yollarında elimine edilmeden solunum yollarının en uç noktalarına kadar inhale edilir ve buralarda olumsuz etkilerini gösterirler (201). Yüksek sıcaklıklarda yanma sonucu genellikle azot monoksit (NO), az miktarda da azot dioksit (NO₂) oluşur. Atmosfere salınan NO oksidasyon sonucu NO₂'ye dönüşür. Atmosferde oldukça yaygın olarak bulunan NO₂, güçlü bir oksidandır ve partiküllerle birlikte bulduklarında kentsel bölgelerde kırmızımsı-kahve renkli bir tabaka halinde görülebilir.

NO_x'ler katı veya sıvı yakıtlar yüksek sıcaklıklarda yandığında oluşur. İki önemli kaynağı motorlu taşıtlar ve termik santrallerdir. Diğer endüstri tesisleri, ticari ve evsel ısıtma için yakıt tüketimi diğer NO_x kaynakları arasındadır. Özellikle kentsel bölgelerde taşıt sayısındaki artışa bağlı olarak NO_x konsantrasyonları da artmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde genel olarak SO₂ ve partikül madde azalma gösterse bile NO_x emisyonları artan taşıt sayısı ve sanayileşme nedeniyle artış göstermektedir (205).

2.2.2.4 Kükürtdioksit (SO₂)

Kükürt dioksit (SO₂) renksiz, yanmayan ve parlamayan bir gazdır ve Kükürt Oksit gazlarının (SO_x) bir üyesidir. SO₂ burun ve farenkste irritasyona, ana hava yollarında spazma yol açabilir. Bu gaz suda çözüldüğünden, solunum yollarının uç noktalarına ulaşmadan büyük ölçüde burun ve farenkste elimine edilir (201).

Kükürt, ham petrol, kömür ve alüminyum, bakır, çinko, kurşun, demir gibi maden cevherinde bol miktarda bulunur. SO_x gazları petrol, kömür gibi kükürt içeren katı ve sıvı yakıtların yanması, petrolden benzin ekstrakte edilmesi ve maden cevherinden metallere zenginleştirilmesi gibi işlemler sonucunda oluşur. Atmosfere salınan SO₂'nin büyük bir kısmı elektrik üretiminde kullanılan yakıtlardan kaynaklanır. Özellikle kömürün yakıt olarak kullanıldığı termik santraller SO₂ emisyonunun en büyük kaynaklarıdır. Bunun dışında ham madde işleyerek üretim yapan endüstriler de önemli SO₂ kaynaklarıdır. Petrol rafineleri, çimento fabrikaları, metalürji endüstrisi gibi tesisler atmosfere SO₂ salınımını gerçekleştirir. Kentsel bölgelerde konut ve işyeri ısıtmasında kullanılan katı ve sıvı yakıtlar da kent atmosferi SO₂ kirlenici kaynaklarıdır. Orman yangınları, volkanik faaliyetler gibi doğal kaynaklarda da bulunur.

SO₂ suda kolayca çözülerek asit ve diğer ana ürünleri oluşturur. Atmosferde sülfat aerosoller ve partikülleri oluşturur. Bu partiküller rüzgarlarla çok uzun mesafelere taşınabilirler. SO₂'nin atmosferdeki nemde çözülmesi, güneş ışığı ve bazı kimyasalların varlığında sülfürik asit oluşturur. Asit yağmurlarının oluşmasında önemli katkısı vardır. SO₂'nin sebep olduğu kirlilik ve oluşturduğu ikincil ürünler insan sağlığı ve çevreye önemli zararlar verir.

2.2.2.5 Karbonmonoksit (CO)

Karbon monoksit (CO) renksiz, kokusuz bir gazdır ve yakıtlardaki karbon tam olarak yanmadığında oluşur. CO alveoler-kapiler membranda kolayca difüzyona uğrayarak hemoglobine bağlanarak kanda karboksihemoglobin (COHb) oluşmasına yol açar. CO'nin hemoglobine afinitesi oksijene göre 200 kat daha fazladır, bu nedenle oksijenin hemoglobine bağlanmasını engeller. Böylelikle dokulara oksijen taşınmasını engelleyerek kısa sürede boğulmaya yol açabilir (201).

CO emisyonlarının büyük bir kısmı motorlu taşıt eksozlarından salınır. Özellikle kentsel bölgelerde CO'nin en önemli kaynağı taşıtlardır. Kent atmosferindeki

CO'in yaklaşık %85-95'i taşıtlardan kaynaklanır ve pik seviyesine genellikle yoğun araç trafiğinin ve tıkanıklığının yaşandığı bölgelerde ulaşır (206). Endüstri (metal işleme, kimyasal üretim tesisleri), odun yakılması ve orman yangınları CO emisyonlarının diğer kaynaklarıdır.

2.2.2.6 Uçucu Organik Bileşikler

Uçucu organik bileşikler (UOB) yapısında çok sayıda kimyasal içerirler ve 300'den fazla türü bulunmaktadır. Atmosferdeki UOB konsantrasyonlarını emisyonlar, buharlaşma, depolanma ve güneş ışığı varlığında fotokimyasal reaksiyon süreçleri belirler. Kısa ve uzun dönemli olumsuz sağlık etkileri vardır. Benzen, toluen, etilbenzen, ksilen, stiren en fazla sağlık riski oluşturan türleridir. Özellikle benzen kanserojen bir türdür ve insan merkezi sinir sistemi için toksik etki yapar (207). Dış hava ortamında başlıca kaynakları motorlu taşıtlar, eksoz emisyonları, kimyasal üretim yapan endüstri ve güç santralleridir.

2.2.3 Hava Kirleticilerinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Olumsuz Etkileri

2.2.3.1 Epidemiyolojik Çalışmalar

Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini araştıran çok sayıda epidemiyolojik çalışma yapılmıştır. Dünya'da ve ülkemizde yapılan mortalite ile ilgili çalışmalar, hava kirliliğinin başta kardiyopulmoner kökenli olmak üzere mortalite oranlarını artırdığını göstermektedir (208-214). Avrupa'da, APHEA (*Air Pollution and Health: a European Approach*, Hava Kirliliği ve Sağlık, Avrupa Yaklaşımı) çalışmalarında 1 saatlik maksimum O₃ konsantrasyonlarındaki her 50µg/m³'lük yükseklik için, 6 şehirdeki günlük mortalite oranlarında artış olduğu saptanmıştır (211). APHEA-2 mortalite çalışması, 1990'lı yıllarda yaklaşık 5 yılda yapılmış, Avrupa'da 29 şehirde 43 milyondan fazla insan katılmıştır (208). Sonuçta, PM10 düzeyindeki her 10µg/m³'deki artış için bütün nedenleri kapsayan günlük mortalite oranlarında artış saptanmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda da, NO₂ düzeylerinin astımlı hastalarda ve daha belirgin olarak bütün solunum sistemi rahatsızlıklarına bağlı ölüm riskinde artışlara neden olduğu, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde de O₃ artışlarına bağlı olarak astımlılardaki ölüm riskinde artış olduğu görülmüştür (210). Amerika Birleşik Devletlerinde (ABD), ulusal mortalite, morbidite ve hava kirliliği çalışmaları ('the National Mortality, Morbidity and Air Pollution Studies'; NMMAPS) 1987-1994 yılları arasında yapılmış, yaklaşık olarak

20 metropolde yaşayan 50 milyon civarında insanı kapsamıştır. Bu çalışmalarda, PM10 düzeyindeki artış ile bütün nedenlere dayalı mortalite arasında ilişki olduğu görülmüştür (209). Son zamanlarda yayınlanan bir kohortta, ABD’de Amerikan Kanser Derneğinin Kanseri Önleme Çalışması II çerçevesinde 448.850 kişinin verileri ve 18 yıllık izlemde gözlenen 118.777 ölüm verisi, yine ABD’deki 96 metropol bölgesindeki hava kirliliği değerleri ile korele edilmiştir. Sonuçta, artan PM2.5 ve O₃ konsantrasyonları ile kardiyovasküler ve pulmoner hastalıklara bağlı ölümler arasında anlamlı bir ilişki olduğu gözlenmiştir (212). Güney Kore’de yapılan bir çalışmada da, araştırmacılar hava kirliliği düzeyleri ile postneonatal infant mortalitesi arasında ilişki olduğunu göstermişlerdir (213).

Türkiye’de yapılan çalışmalarda, endüstriyel kirliliğin yoğun olduğu kentlerdeki kardiyorespiratuar ölüm oranlarının, kirliliğin az olduğu kentlere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (214). SO₂ kirliliğinin mortalite üzerindeki etkilerini araştıran geriye dönük çalışmalarda da, SO₂ artışları ile mortalite oranları arasında pozitif bir ilişki gözlenmiştir (215). Hava kirliliği düzeyindeki düşüşlerin mortaliteye etkisini araştıran ilginç bir çalışmada, siyah duman düzeyindeki %70’lik düşme sonucu, travma dışı genel ölümlerde %5,7, respiratuar ölümlerde %15,5, kardiyovasküler ölümlerde %10,3’lük bir azalma gözlenmiştir (216). Hava kirliliği ile yaşam beklentisi arasındaki ilişkiyi araştıran ilginç bir çalışmada da, havadaki partiküler madde konsantrasyonlarındaki her 10µg/m³’lük düşüşün, ortalama hayat beklentisini anlamlı olarak artırdığı ve genel olarak hava kirliliği parametrelerindeki düşüşlerin yaşam beklentisini %15 artırdığı bulunmuştur (217).

Diğer yandan, hava kirliliğinin hastalık morbiditesi üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalarda PM10 düzeylerindeki artışa bağlı olarak 65 yaş ve üzerinde astım ve kronik obstrüktif akciğer hastalıklarına (KOAH) bağlı hastane kabullerinde artış olduğu görülmüştür (209;218). Bundan başka, çalışmalarda SO₂ düzeyleri ile genel ve KOAH’a bağlı acil hastane başvuruları arasında pozitif bir ilişki olduğu bildirilmiştir (215). ABD’de yapılan bir çalışma, Washington bölgesinde havadaki O₃ konsantrasyonlarındaki her 0.01ppm artışın 1-17 yaşları arasındaki çocukların acil başvurularını ve hastane kabullerini artırdığını, sosyo-ekonomik düzeyi düşük çocukların bu durumdan daha çok etkilendiklerini göstermiştir (219). Bu çalışma sosyo-ekonomik koşullar ile kirleticilerin olumsuz etkileri arasındaki ilişkiyi göstermesi açısından ilginçtir. Diğer yandan Kanada’daki bir çalışma SO₂ ve NO₂

yanında CO artışlarının da astıma bağlı hospitalizasyonu artırdığını göstermesi bakımından dikkat çekicidir (220). Türkiye’de yapılan çalışmalarda da, SO₂ ve PM10 gibi kirleticiler ile solunum hastalıklarına bağlı hastane başvuruları arasında anlamlı bir ilişki saptanmıştır (221). Son zamanlarda ABD’de yapılan bir çalışmada illere spesifik PM2.5 değerlerinin kısa dönemde kardiyovasküler ve pulmoner nedenlere bağlı hastane başvurularını artırdığı, PM2.5 değerlerinin illere spesifik vanadium, elementer karbon ve nikel partikül içeriği ile de ilişkili olduğu gösterilmiştir (222). Diğer yandan, kardiyak hastalarda artan PM2.5 ve siyah karbon maruziyetinin ST-segment depresyonunu artırdığı, bu etkinin son bir ayda kardiyak sorun yaşayan miyokardiyal hasar olanlarda daha yüksek olabileceği bildirilmiştir (223).

Gönüllülerden oluşan gruplarda hava kirliliğinin sağlık göstergeleri üzerindeki etkilerini günlük ve haftalık gözlemler şeklinde araştıran nispeten küçük ölçekli çalışmalar da yapılmıştır. Kaliforniya’da okul çocukları ile yapılan 4 yıllık bir kohortta astımlı çocuklarda bronşitik semptomlarla PM2.5, organik karbon, NO₂ ve O₃ düzeyindeki artış arasında anlamlı bir ilişki saptanmıştır (224). İsviçre’de sekiz değişik bölgede yaşayan insanlar ile yapılan bir çalışmada, yetişkinlerde PM10, NO₂ ve SO₂ düzeyleri ile akciğer fonksiyonlarında düşme ve bronşitik semptomlarda artış arasında bir korelasyon olduğu bildirilmiştir (225). ABD’de prospektif olarak yapılan çalışmalarda partiküllere maruziyet ile çocukların azalmış akciğer fonksiyon gelişimi arasında ilişki saptanmış, partikül kirliliğinin yüksek olduğu yerlerdeki çocukların akciğer gelişiminin, bu kirleticinin düzeyinin düşük olduğu yerlerdeki çocuklara göre daha düşük olduğu gözlenmiştir (226).

Hava kirliliği ile astım ve allerjik hastalıkların prevalansı arasında direkt bir ilişki kurmak zor olmuşsa da (23) çalışmalar hava kirliliğinin bu hastalıkların artışında rol oynayabileceğini düşündürmektedir (227). Kaliforniya’da yapılan prospektif çalışmalarda bazı astım vakaları ile O₃ arasında bir ilişki olduğu ileri sürülmüştür (228). Okul çocukları ile yapılan bir çalışmada, bronş aşırı cevaplılığı, serum IgE ve alt solunum yolları semptom prevalansı ile partikül, duman, SO₂ ve NO₂ düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu bildirilmiştir (229). Son zamanlarda yapılan bir başka çalışmada, yoğun trafik ile çocuklarda astım, öksürük ve hırıltı prevalansının arttığı saptanmıştır (230). Yine, yakın zamanlarda Tayvan’da yapılan bir çalışmada 64.600 lise öğrencisinde aylık astım atak oranı incelenmiş, astım hastaları arasında hava kirliliği (NO₂, NO_x, NO, O₃ ve PM10) ile aylık astım atakları

arasında anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır (231). Avrupa’da yapılan kapsamlı bir çalışmada, doğumdan itibaren başlatılan bir kohortta kişi bazlı trafik ile ilişkili hava kirliliği maruziyeti ile allerjik hastalıkların gelişimi arasındaki ilişki hayatın ilk 6 yılında araştırılmıştır. Toplam 5.921 çocuk çalışmaya alınmış, en yakın ana yola uzaklık ile astmatik bronşit, saman nezlesi, egzema ve sensitizasyon arasında güçlü ilişki saptandığı belirtilmiştir. Bundan başka, PM2.5 değerleri ile astmatik bronşit, saman nezlesi ve polen duyarlılığı arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Bu çalışma, çocuklar hava kirliliğine maruz kaldıklarında atopik hastalık ve allerjik sensitizasyon riskinin arttığına dair oldukça güçlü kanıtlar sunmaktadır (232). Amerika’da son zamanlarda kent merkezindeki okul çocukları ile yapılan bir çalışmada, Ulusal Hava Kalite Standartlarının altındaki hava kirletici düzeylerindeki dalgalanmaların (flüktasyonların) astımlı çocukların semptomları ve akciğer fonksiyonları üzerindeki etkisi araştırılmış, beş günlük ortalama NO₂ ve PM2.5 değerlerinin akciğer fonksiyonlarında düşme, astım semptomlarında artış ve okula gidilmeyen gün sayısında artışa yol açtığı saptanmıştır (233). Bu veriler, güvenilir kabul edilen hava kirliliği değerlerinin bile çocuklar gibi hassas grupları olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir.

Türkiye’de yapılan ve uluslararası literatüre giren sınırlı sayıdaki çalışmada da hava kirliliği ile morbidite arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Keleş ve ark. nin çalışmalarında, İstanbul gibi kentlerde, artan hava kirliliği düzeyleri ile allerjik hava yolu hastalıklarının prevalansı arasında bir ilişki olduğu gözlenmiş (234), rinit insidansının 1994’te (doğal gazdan önce), doğal gaz uygulamasının başlamasından iki yıl sonraki (1996) değerlere göre anlamlı olarak yüksek olduğu saptanmıştır (235). Ankara’da yapılan bir çalışmada, hava kirliliği ile astım ataklarına bağlı aylık acil başvuruları arasındaki ilişki araştırılmış, özellikle Kasım-Mart döneminde anlamlı bir ilişki saptanmıştır (236). Benzer şekilde, Zonguldak’taki bir çalışma, SO₂ ve toplam partikül aylık ortalamaları ile semptomatik astımlı çocuk sayıları arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir (237). Tecer ve ark.nın aynı bölgede son zamanlarda yaptıkları çalışmada da hava kirliliği ile 15 yaş altı çocukların astım ve diğer nedenlerden dolayı hastaneye yaptıkları başvurular arasındaki ilişki araştırılmıştır. Sonuçta, PM10, PM2.5 ve kaba partikül (10-25µm çapındaki partiküller, PM10-25) düzeyindeki artış ile astım, allerjik rinit ve üst-alt yolunum yolları hastalıklarına bağlı hastane başvuruları arasında anlamlı pozitif bir ilişki gözlenmiştir. PM2.5 ve PM10-25 düzeylerinin hastane başvurularındaki artışta

daha etkili olduğu bildirilmiştir (238). Balıkesir ilinde yapılan yeni bir çalışmada, Temmuz 2005-Temmuz 2007 dönemlerindeki solunumsal nedenlere bağlı hastane kabullerine bakıldığında, Ekim ve Mart ayları arasındaki dönemde hastane başvurularında ve hava kirliliği düzeylerinde artış olduğu bulunmuştur. Hastane başvurularındaki artış, hava kirliliği ve meteorolojik parametreler ile anlamlı ilişki göstermiştir (239).

Hava kirliliğinin astım gibi hassas gruplarda viral enfeksiyonların hastalar üzerindeki olumsuz etkisini artırıp artırmayacağı diğer bir merak konusunu oluşturmuştur. Chauhan ve ark. (240) tarafından yapılan bir çalışmada, hava kirliliği, viral enfeksiyonlar ve astım arasındaki ilişki 114 astımlı çocuktan (8-11 yaş) oluşan 13 aylık bir kohortta ele alınmış, sonuçta, önceki haftada yüksek konsantrasyonlardaki NO₂'ye maruziyetin respiratuar viral (respiratuar sinsityal virus, picorna ve corona virus) enfeksiyonlara bağlı astım alevlenmelerini artırdığı gözlenmiştir. Bu alışma hava kirleticilerin viral enfeksiyonların etkilerini arttırabileceğini göstermesi açısından dikkate değerdir.

Bazı epidemiyolojik çalışmalarda da hava kirliliğinin solunum fonksiyonlarına olan etkisi araştırılmış, kirleticilerin solunum fonksiyonlarını bozarak astım gibi hava yolu hastalıklarının gelişimine katkıda bulunabilecekleri dşnlmştir. Peters ve ark. okul çocukları ile yaptıkları çalışmada, yüksek düzeydeki PM10, O₃ ve NO₂ değerlerinin solunum fonksiyonlarında düşüşe yol açtığını bulmuşlardır (241). ABD'de prospektif olarak yapılan çalışmalarda, partiküllere maruziyet ile çocukların azalmış akciğer fonksiyon gelişimi arasında ilişki saptanmış, partikül kirliliğinin yüksek olduğu yerlerdeki çocukların akciğer gelişiminin, bu kirleticinin düzeyinin düşük olduğu yerlerdeki çocuklara göre daha az olduğu gözlenmiştir (242). Son zamanlarda yapılan bazı kohortlarda da, hava kirliliğinin akciğer gelişiminin hızlı olduğu çocukluk dönemindeki etkisi araştırılmıştır (243;244). Güney Kaliforniya'daki çalışmada; 12 okuldaki 1759 ocuk (ortalama 10 yaşında) alışmaya alınmış, akciğer fonksiyonları sekiz yıl süre ile izlenmiştir. Bu zaman zarfında FEV1 gelişimindeki bozukluklarla yüksek düzeylerdeki NO₂, asit buharı, PM2.5 ve elemental karbon arasında anlamlı bir ilişki saptanmıştır (243). Aynı grubun yaptığı diğer kohortta, bu kez ortalama yaşları 10 olan 3677 ocuk 8 yıl süre ile izlenerek hem yerel trafiğin, hem de hava kirliliğinin akciğer gelişimine olan etkisi yıllık akciğer fonksiyonları lerek araştırılmıştır

(244). Çalışmanın sonucunda, otoyollara 500 m'lik mesafe içinde yaşayanlarda, 1500 m'lik mesafenin dışında yaşayanlara göre 1. saniyedeki zorlu ekspiratuar volüm (FEV1) ve maksimum ekspirasyon ortası akım hızı (MMEF) oranları anlamlı olarak daha düşük çıkmıştır. Veriler kombine modeller ile analiz edildiğinde, hem yerel otoyollara maruziyetin hem de bölgesel hava kirliliğinin bu sonuçlarda etkili olduğu görülmüştür. Bu çalışmalar yerel trafiğin ve hava kirleticilerin akciğer gelişimini olumsuz etkileyebileceğini göstermesi açısından önemlidir.

2.2.3.2 Hava Kirleticilerin Etki Mekanizmaları

Her ne kadar O_3 , NO_x ve PM gibi kirleticiler respiratuar sistem üzerine kendilerine özgü spesifik toksik etkiler gösterebilirler de, bu kirleticilerin ortak özelliği potent oksidan olmalarıdır. Direkt olarak lipid ve proteinler üzerine etki edebilecekleri gibi, indirekt olarak intraselüler oksidatif yolları aktive etmek suretiyle de etkili olabilirler (245;246). Hava kirleticilerin etkileri ile ilgili mekanizmalar, halen in vivo ve in vitro laboratuvar ortamında yapılan insan, hayvan ve hücre çalışmalarında yoğun olarak araştırılmaktadır.

2.2.3.2.1 Gönüllü İnsan Laboratuvar Çalışmaları

Gönüllü gruplar üzerinde yapılan çalışmalarda solunum yolu semptomları ve fonksiyonları üzerindeki etkilerinden oluşan klinik etkileri yanında, hava kirleticilerinin çeşitli inflamatuvar parametreler üzerindeki etkileri de araştırılmıştır. Çalışmalarda, O_3 'ün akut inhalasyonunun sağlıklı kimselerde ve daha belirgin olarak da astımlılarda çeşitli solunum sistemi semptomlarına neden olduğu ve solunum fonksiyon testlerinde obstrüksiyon ile uyumlu bir takım değişikliklere yol açtığı gösterilmiştir (186;247). Son zamanlarda yapılan bir çalışmada tekrarlayan O_3 maruziyetinin astımlıların semptomlarında artışa ve solunum fonksiyonlarında bozulmaya neden olduğu saptanmıştır (248). Buna karşın, NO_2 'in akciğer mekanikleri üzerindeki etkilerinin daha zayıf olduğu, sadece astımlılarda zayıf bir bronkokonstrüksiyona ve bronş hiperreaktivitesine yol açtığı görülmektedir (186;247). Benzer şekilde, SO_2 'in de özellikle astımlılarda solunum yolu semptomlarına ve bronş spazmına yol açtığı çeşitli çalışmalarda gözlenmiştir (186;247). Atmosferde bulunduğu gibi, birden fazla gaz kombinasyon halinde uygulanarak yapılan çalışmalarda ise, astımlılarda önceden uygulanan NO_2 veya O_3 daha sonra inhale ettirilen SO_2 'e olan cevabı artırmıştır (247). Son yıllarda, NO_x 'leri ve SO_2 gibi gazlar ile birlikte PM de içeren dizel egzoz (DE) emisyonunun gönüllüler

üzerindeki etkisini araştıran çalışmalarda, hem sağlıklı hem de astımlılarda DE maruziyeti sonrasında çeşitli semptomlar ve hava yolu direncinde artış bulunmuştur (249). Karbon partiküllerinin uygulandığı bir çalışmada, bu partiküllere maruziyet sonrasında sağlıklı gönüllülerde maksimum ekspirasyon ortası akım hızı ve karbon monoksit difüzyon kapasitesinde (DLCO) azalma saptanmıştır (250).

Hava kirleticilerinin bronş reaktivitesi üzerine etkilerini araştıran çalışmalarda, değişik dozlardaki O₃ ve NO₂'ye maruziyet hafif astmatiklerin inhale ettikleri allerjene gösterdikleri cevabı artırmıştır (247;251). Diğer yandan, hafif astımlı hastalara önce NO₂ veya SO₂ ayrı ayrı verilmiş, daha sonra iki gaz birlikte uygulanarak Dermatophagoides pteronyssinus'a olan bronşiyal yanıt araştırılmıştır. Sonuçta, iki gaz ayrı ayrı verildiğinde allerjene olan bronş cevabı etkilenmezken kombinasyon halinde uygulandıklarında allerjene olan yanıtın anlamlı olarak arttığı saptanmıştır (252). Bu da hava kirleticilerin bir birlerinin etkilerini artırabileceklerini düşündürmektedir. Gönüllüler üzerinde yapılan diğer çalışmalar, nazal yoldan uygulanan dizel egzoz partikülleri (DEP) solüsyonlarının lokal olarak immünglobülin İgE düzeylerini artırabileceği ve allerjenlerin neden olduğu spesifik İgE düzeylerini potansiyelize edebilecekleri gösterilmiştir (175). Bundan başka, DEP allerjik şahısların nazal mukoza hücrelerinde interleukin IL-4, IL-5, IL-6, IL-10 ve IL-13 gibi sitokinlerin düzeyini arttırmış, spesifik allerjenle birlikte uygulandıklarında ise bu artışın daha fazla olduğu saptanmıştır (175). Dolayısıyla DEP'nin, B hücrelerinin diferensiasyonunu artırmak, İgE yapımını başlatmak veya arttırmak suretiyle allerjik hava yollarının etyopatogenezinde rol oynayabilecekleri ileri sürülmüştür (175).

Hava kirleticilerinin başta epitel tabakası olmak üzere hava yolu dokusu ve solunum yolu sekresyonları üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalarda, kirleticilerin bu hücrelere hasar verdiği, epitel permabilitesini arttırdığı ve bu hücreleri stimüle etmek suretiyle inflamatuvar hücrelerin hava yollarına toplanmalarına ve aktive olmalarına yol açabilecek bir dizi olayı başlattığı gösterilmiştir. Sağlıklı gönüllüler üzerinde yapılan alışmalar, O₃ inhalasyonunun hava yolu sıvılarındaki laktat dehidrogenaz (LDH), total protein, albümin düzeyini arttırdığını (hava yolu permabilitesi göstergeleri), polimorfonükleer (PMN) lökositler ile çeşitli inflamatuvar mediatörlerin oranında artışa yol açtığı saptanmıştır (253). Astımlılar ile yapılan çalışmalarda, bu bireylerin hava kirleticilerinin etkilerine daha hassas oldukları gösterilmiştir. O₃

inhalasyonu sonrasında astımlıların hava yolu sıvılarında PMN lökosit, eozinofiller, LDH, total protein, myeloperoksidaz, fibronektin ve IL-8 düzeyinin arttığı, PMN lökosit ve total protein düzeylerindeki artışın sağlıklı bireylere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (247). Son zamanlarda yapılan bir başka çalışmada O₃'ün bu hastaların bronş mukozasında granülosit makrofaj-koloni stimüle edici faktör (GM-CSF) gibi inflamatuvar sitokinlerin ekspresyonunu artırdığı bulunmuştur (254). Tekrarlayan O₃ maruziyetinin uygulandığı bir çalışmada da, astımlı hastalarda BAL sıvısındaki alveolar makrofaj düzeyinin, tek uygulamaya göre anlamlı olarak arttığı, dolayısıyla kümülatif etki gözlemlendiği bildirilmiştir (248). NO₂ çalışmalarında, bu gazın inhalasyonunun sağlıklı kimselerin mukosilyer klirensini azalttığı (255) ve akciğer sıvılarında lenfosit, mast hücreleri, PMN lökosit ile çeşitli inflamatuvar sitokin ve belirteçlerin düzeylerinde artışa yol açtığı gösterilmiş (256), astımlıların bu etkilere karşı daha duyarlı oldukları bildirilmiştir (247). Partiküler hava kirliliğinin önemli bir komponentini oluşturan DE'ü ile yapılan çalışmalarda, laboratuvar ortamında DE içeriğinin sağlıklı gönüllülerde hava yolu sıvılarında nötrofil ve lenfosit gibi inflamatuvar hücre ve IL-8 gibi sitokinlerin düzeyini yükselttiği, biyopsi çalışmalarında da bronş mukozasında inflamatuvar mediatör ekspresyonunu artırdığı bulunmuştur (249).

Son zamanlarda dış ortam adeta bir laboratuvar gibi kullanılarak yapılan bir çalışmada, hafif veya orta şiddette astımı olan 60 astımlı yetişkin, ranstgele bir şekilde Londra'da dizel kullanan toplu taşıma araçlarının yoğun olarak kullandığı bir caddede (*Oxford street*) veya yakınındaki trafiğe kapalı bir parkta (*Hyde Park*) dönüşümlü olarak, 2 saat süreyle yürütülmüştür. Yapılan ölçümlerde hastaların *Oxford street*'te daha yüksek oranlarda küçük ve ultraküçük partikül, elemental karbon ve NO₂'ye maruz kaldıkları saptanmış ve hastaların FEV1 ve FVC'deki düşüşlerinin *Hyde Park*'taki değerlere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Kirleticilerin neden olduğu düşmelerin orta şiddetli astımlılarda hafif hastalara göre daha belirgin olduğu bulunmuştur. Bundan başka, balgam myeloperoksidaz (nötrofilik inflamasyonun göstergesi) değerleri ve hava yolu asidifikasyonu (yoğunlaştırılmış ekspirasyon havası pH değeri) *Oxford Street*'teki yürüyüşten sonra daha yüksek bulunmuştur (257). Değişiklikler özellikle ultraküçük partiküller ve elemental karbon düzeyleri ile ilişki göstermiştir. Bu çalışma, trafikten kaynaklanan hava kirliliğinin astımlı hastalardaki olumsuz etkilerini doğrudan göstermesi açısından ilginçtir. Altta yatan mekanizmalar araştırıldığında, DE'nun bronş epitelinde pro-

inflamatuvar sitokin sentezindeki artışı tetikleyen ve oksidatif strese duyarlı nükleer faktör (NF-κB) ve aktivatör protein (AP-1) gibi transkripsiyon faktörlerinin ekspresyonunu artırdığı gözlenmiştir (258). Diğer taraftan post-mortem insan çalışmalarında, akciğerin histolojik kesitlerinde partiküler hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgede yaşayanlarda küçük hava yolları duvarlarında fibrozis, kas artışı ve partikül depozisyonu bildirilmiştir (259).

2.2.3.2.2 Hücre Düzeyindeki Etkiler

Çalışmalar, inhale ozonun güçlü oksidan kapasitesinin olduğunu ve insan epitel hücreleri ile (95) alveolar inflamatuvar hücrelerde (23) stres sinyal iletim yollarını ve NF-κB gibi transkripsiyon faktörlerini aktive ettiğini bildirmektedir. Nükleusta NF-κB DNA'da proinflamatuvar sitokinleri (GM-CSF, tümör nekrozis faktör α [TNFα] ve IL 1β vb.) özellikle nötrofilleri atrakte eden kemokinler (IL-8, nötrofil aktive edici protein, Gro α vb.) ve adezyon moleküllerini (intercellular adhesion molecule [ICAM]-1 vb.) kodlayan genlerin promoter bölgelerine bağlanarak aktive etmektedir (260). Sonuçta, bu moleküller hava yollarına ve alveollere nötrofil birikimini arttırmakta, bu hücreleri stimüle ederek mediatör sentezini ve doku hasarı yapma kapasitesini artırmaktadırlar (23). Bunun dışında hava kirleticileri hücrelerin yaşam siklusünü ve ölümünü etkilemektedir (261-263). Hücre kültürleri ile yapılan çalışmalarda, O₃ doza bağımlı olarak fibroblastların ölümüne yol açmış (261), alveolar makrofajların (262) canlılığını azaltmış ve bu hücrelerden platelet aktive edici faktör (PAF) yapımı ile IL-1β, IL-6, IL-8 ve TNFα gibi sitokinlerin salınımını artırmıştır (263). Son zamanlarda yapılan bir çalışmada da O₃'un hücrelerin antijen sunucu aktivitelerini etkileyebileceği ileri sürülmüştür (264). Çalışmada, ratlar değişen konsantrasyonlarda O₃'a maruz bırakılmışlar, elde edilen BAL hücreleri ovalbümin ile duyarlaştırılmış T hücreleri ile birlikte kültür ortamında inkübe edilmişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde, O₃'a maruz bırakılan ratların BAL'dan elde edilen hücrelerinde daha fazla proliferasyon olduğu gözlenmiş ve O₃'un rat akciğerlerinde antijen sunucu aktiviteyi artırdığı ileri sürülmüştür (264).

Bununla birlikte, inhale O₃'a verilen yanıtta bireyler arasında farklılık olabileceği, bunun son zamanlarda fare (265) ve insan (23) çalışmalarında gösterildiği üzere, genetik faktörlere bağlı olabileceği ileri sürülmektedir. Aday genler arasında TNFα, manganez superoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz, NADP, quinone oksidoredüktaz ve glutatyon S transferazlar yer almaktadır (23).

Bu bulgular, akciğeri O₃'a karşı korumada, solunum yolu sıvılarında ve epitelyal bariyerde lokal olarak antioksidan mevcudiyetinin (ürük asit, albümin, indirgenmiş glutatyon, C vitamini, E vitamini gibi) ve diyetle antioksidan almanın önemini ortaya koymaktadır (266).

O₃'un tersine, NO₂'in normal ve hasta akciğerdeki etki mekanizmaları yeterince bilinmemektedir. In vitro çalışmalar bu gazın, O₃'dan az da olsa, oksidan yolları aktive ettiğini göstermektedir (23;95). Bundan başka, NO₂'in alveolar makrofajlar ve epitel hücrelerin fonksiyonlarını bozarak akciğer enfeksiyon riskini artırabileceği ileri sürülmektedir (267). NO₂'in insanlardaki uzun dönemli etkileri yeterince bilinmese de, uzun süreli O₃ ve NO₂ maruziyeti kemirgenlerin periferel hava yollarında destrüksiyona yol açabilmektedir (23).

İnhale partiküllerin etki mekanizmalarını araştıran insan ve hayvanlardaki in vitro çalışmalar, bu partiküllerin çeşitli akciğer hücrelerinde şiddetli proinflamatuvar cevaba yol açtığını göstermektedir (202;268-270). Partiküllerin direkt olarak veya epitel hücreler (268) ve makrofajlar (271) tarafından hücre içine alınarak oksidan yolları aktive ettikleri gösterilmiştir. Bu yolla NF-κB ve AP-1 gibi transkripsiyon faktörlerini uyararak (246;258;272) inflamatuvar mediatör salınımını artırdıkları, sonuçta yoğun nötrofil ve T lenfosit birikimine neden oldukları saptanmıştır (23). Akciğerlerde salınan sitokin ve kemokinlerin kemik iliğine ulaşmasıyla da nötrofiller ve prekürsörleri dolaşıma çıkmaktadır (273). Kısa dönemde, epidermal-growth-factor receptor (EGFR) yolunun aktivasyonu ile doku hasarının oluştuğu ve organ-onarım sürecinin başlatıldığı ileri sürülmektedir (274). Diğer yandan in vitro çalışmalar, DEP ve PM_{2.5} gibi partiküllerin fare makrofajlarında düşük dozlarda proliferasyona (275;276), daha yüksek dozlarda ise apoptozise yol açtıklarını göstermiştir (276). Bu hasar, onarım ve proliferasyon sürecinin devamıyla, epitel mukus metaplazisi ortaya çıkmakta, devam etmekte olan sitokin ve kemokin sekresyonu ile de hava yolu inflamasyonu artmaktadır (23). B lenfositler ile yapılan çalışmalar, DEP ve DEP'den elde edilen poliaromatik hidrokarbonların, IL-4 ve CD40 monoklonal antikorların da ortamda bulunmasıyla bu hücrelerde IgE sentezini artırdığını göstermiş, böylece bu kirleticinin yaygın allerjenlere olan duyarlılığı artırabileceği ileri sürülmüştür (175).

Hava kirleticilerinin organizmanın ajan patojenlere karşı olan yanıtını etkileyip etkilemediği üzerinde durulan diğer önemli bir araştırma konusu olmuştur.

Respiratuar sinsityal virus (RSV) enfeksiyonuna dirençli bir fare grubu ile yapılan çalışmada, önceden DE'na maruziyetin bu farelerde RSV gen ekspresyonunu arttırdığı, yani RSV enfeksiyonuna eğilimi artırdığı gösterilmiştir (277).

Bir yandan solunum sisteminin ilk savunma bariyerini oluşturmaları, diğer yandan hava yollarının inflamatuvar sürecinde rol oynayan çok sayıda inflamatuvar mediatörü salgılama kapasiteleri ile metabolik olarak aktif hücreler olmaları nedeniyle, epitel hücrelerin hava kirleticilerine verdikleri tepkiler son yıllarda yoğun olarak araştırılmaktadır. Çalışmalar, günlük hayatta rastlanan O₃ konsantrasyonlarına maruziyetin, primer insan bronş epitel hücrelerinden IL-8, GM-CSF, TNF- α ve sICAM-1 gibi inflamatuvar mediyatörlerin düzeyini artırabileceğini, bunun nedokromil sodyum ve intraselüler ortamda doğal olarak üretilen bir antioksidan olan glutasyon tarafından önlenebileceğini göstermektedir (278). Bu bulgular, O₃'nun söz konusu etkilerinin oksidatif stres yaratıcı ve inflamasyona yol açıcı özelliğinden kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Diğer bir kirletici gaz olan NO₂, bronş epitel hücrelerin silier aktivitesini azaltırken, leukotrien-C4, GM-CSF, TNF- α , IL-8, *regulated on activation normal T cell expressed and secreted* (RANTES) ve sICAM-1 salınımını artırmakta, eş zamanlı olarak uygulanan loratadin ise bu mediatörlerin salınımını baskılamaktadır (279). Astımlılardan elde edilen bronş epitel hücreleri ile yapılan çalışmalar, bu hücrelerin O₃ ve NO₂'in zararlı etkilerine daha duyarlı olabileceklerini göstermektedir (95;280). O₃ ve NO₂'ye maruziyet sonrasında astımlıların bronş epitel kültür permabilitesi artarken, nonastmatik hücre kültürlerinde bu durum gözlenmemiştir (280). Bundan başka, O₃ ve NO₂'ye maruziyet hem atopik astmatik hem de nonatopik nonastmatik bronş epitel hücrelerinden IL-8 ve sICAM-1 salınımını artırırken, sadece astmatiklerin hücrelerinden RANTES ve GM-CSF gibi eozinofil ve çeşitli inflamatuvar hücrelerin kemotaksis ve yaşamında etkili olan inflamatuvar mediatörlerin salınımını artırmıştır (95).

DEP ile yapılan çalışmalar, bu partiküllerin bir yandan bronş epitel hücrelerin silya titreşim frekansını baskıladıklarını, diğer yandan da bu hücrelerden IL-8, GM-CSF ve sICAM-1 salınımını artırdıklarını göstermiştir (202;270). Astımlı hasta kültürleri ile yapılan çalışmalarda, düşük dozlarda uygulanan DEP, bu mediatörlerin düzeyini artırırken, yüksek konsantrasyonlar tam tersi etki göstererek söz konusu mediatörlerin salınımını baskılamıştır. Diğer yandan, RANTES salınımı

sadece astımlı hücrelerde gözlenmiştir (270). Bu bulgular, DEP'nin inflamatuvar mediatörlerin salınımını spesifik olarak modifiye edebileceğini ve astımlıların bu partiküllerin etkilerine daha duyarlı olduklarını düşündürmektedir.

Diğer yandan çalışmalar, hava kirleticilerin hava yolu epitel hücrelerin proliferasyonunu ve canlılığını etkileyerek de respiratuvar hastalıkların patogenezinde rol oynayabileceklerini düşündürmektedir. PM10 ile yapılan araştırmalar, bu partiküllerin insan A549 solunum yolu hücre dizilerinde ("cell line") DNA kırıklarına ve apoptozise yol açtığını göstermişlerdir (281). Bundan başka, yüksek konsantrasyonlarındaki DEP, insan bronş epitel hücrelerinin ölümüne yol açmış, buna heme oxygenase-1, c-jun N-terminal kinase (JNK) aktivasyonu gibi oksidatif strese duyarlı belirteçler ve sinyal iletim yollarının aktivasyonu ile IL-8 yapımında artış eşlik etmiştir (282). Yakın zamanda, DEP ile yapılan çalışmalar, bu partiküllerin A549 hücre dizilerinin proliferasyonunu artırırken apoptozisini baskıladığını göstermektedir (246). Ortama N-acetylcysteine gibi antioksidanlar ile JNK ve NF- κ B gibi oksidatif strese duyarlı sinyal iletim yollarını ve transkripsiyon faktörlerini inhibe eden ajanlar konduğunda bu etkinin baskılandığını gözlenmiştir (246). Hücrelerdeki inflamatuvar sitokin salınımının bu süreç ile ilişkili olup olmadığını bakıldığında 10 μ g/ml DEP'nin IL-8 salınımını artırırken, daha yüksek konsantrasyonlarının (50-400 μ g/ml) bu sitokinin salınımını baskıladığı gösterilmiştir. Tam tersine, yüksek DEP konsantrasyonu (400 μ g/ml) GM-CSF salınımını anlamlı olarak artırmıştır (283). Gönüllülerin bronş eksplantlarından elde edilen primer bronş epitel hücreleri ile yapılan çalışmalar bu partiküllerin primer bronş epitel hücrelerin canlılığını ve apoptozisini etkileyebileceğini, KOAH'lı hastalardan elde edilen hücrelerin DEP'nin bu etkilerine daha duyarlı olduklarını göstermektedir (284).

2.2.4 Türkiye'deki Mevcut Durum ve Sorunlar

Türkiye'de hava kirliliği, özellikle 1950'lerden sonraki hızlı nüfus artışı, hızlı kentleşme ve endüstrileşme sonucu artan enerji talebinin daha çok petrol ve kömür gibi fosil yakıtlarla karşılanmaya çalışılması başta İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük kentler olmak üzere şiddetli hava kirliliği dalgalarına yol açmıştır (187;188). Son yıllarda bu kentlere yönelik olarak alınan çeşitli önlemler sonucu, SO₂ ve partikül madde (PM) düzeyleri kısmen gerilemiş olsa da, bu kirleticilerin düzeyleri halen bir çok kentte, özellikle kış aylarında, uluslararası standartlar ve son zamanlarda

güncellenen Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmenliğinin (HKDY) (191) belirlediği sınırların üzerinde seyretmektedir (188;192).

Türkiye, büyüyen ekonomisi, sanayisi ve artan nüfusuyla dünyada en hızlı gelişmekte olan ülkelerden birisidir. İlk nüfus sayımının yapıldığı 1927’de Türkiye’nin nüfusu 13.648.987 iken, 1950 yılında 20.947.155, 2000 yılında 67.804.543 olmuştur (285). Adrese dayalı nüfus sayım sonucuna göre 2009 yılında Türkiye’nin nüfusu 72.561.312 kişiye ulaşmıştır. Bu nüfus artış oranı oldukça yüksektir. 1950’lere kadar nüfusun çoğunluğu köy ve kırsal kesimlerde yaşadığı bilinmekte ve o tarihlerde Türkiye’de güçlü kentleşme eğilimleri bulunmadığı kabul edilmektedir. 1950’den sonra ise bu durumun değiştiği, ülkenin hızlı bir kentleşme sürecine girdiği görülmektedir. 1960-90 yılları arasında kentli nüfus 6,9 milyondan 31,4 milyona çıkmıştır. Bu tarihlerde kentleşme oranı da %25’den %55,4’e yükselerek yaklaşık 2 kat artmıştır (286). 2002 yılında bu oran %65’e, 2009 yılında ise %75,5’e ulaşmıştır (287).

Kentleşme doğal olarak beraberinde kalabalık nüfusların yaşadığı kentlerin sayısını da arttırmıştır. 1927’de nüfusu 100.000’i aşan 2 kent bulunmakta iken, 2000 yılında bu sayı 58’e çıkmıştır. Bunların arasında İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Adana gibi büyük Anakentler adeta nüfus toplama alanları olmuştur (288). Kentleşme, endüstrileşme ve taşıt sayısındaki artışı da beraberinde getirmiştir. 1950’lerden sonra, makine kimya, çimento, gıda demirçelik gibi sektörlerde özel ve kamu yatırımlarıyla sanayi tesisleri kurulmuştur. Takip eden yıllarda artan enerji talebini karşılamak için termik santralleri kurulmuştur. Maden, tekstil, otomotiv ve madeni eşya, kimya, petro-kimya sanayi, orman ürünleri gibi pek çok sektörde sanayileşme özellikle büyük kentlerin yer aldığı coğrafyalarda (Marmara, Ege, Karadeniz) gelişim göstermiştir (289).

Türkiye’de hava kirliliğinin tarihçesi ise hızlı ve düzensiz kentleşme, sanayileşme ve artan motorlu taşıt sayısı ile aynı dönemde başlatılabilir. Özellikle 1950’li yıllardan sonra görülen hızlı şehirleşme, Türkiye’deki hava kirliliğinin en önemli nedenlerindedir. Evsel ısınma amacıyla yakılan kömür ve fuel-oil emisyonlarının alçak bacalardan atmosfere atılması, kullanılan yakıtın yüksek oranda kükürt ve kül içermesi, ısınma sistemlerinde yanmanın genellikle tam olmaması gibi etmenler, inversiyon gibi meteorolojik faktörlerle bir araya geldiğinde, özellikle kış aylarında şehirlerin önemli bir bölümünde görülen yüksek

kirletici konsantrasyonları ortaya çıkmaktadır. Yine son yıllarda sayıları hızla artan motorlu taşıtların, gözlenen hava kirliliğine katkısı önemli boyutlara ulaşmıştır. Şehirlerde görülen hava kirliliğinin yukarıda bahsedilen nedenleri bütün iller için geçerli olmakla birlikte hava kirliliğinin bazı illerde diğerlerine göre çok daha fazla olmasının nedeni, emisyonların illerden uzaklaşma hızını belirleyen topografya, meteorolojik koşullar ve şehirleşme sonucunda yüzey rüzgarlarının önünün kesilmesi gibi etmenler olmaktadır.

Motorlu taşıtların hava kirliliğine katkıları son yıllarda önemli boyutlarda artmıştır. Özellikle yaz aylarında (evsel ısınma kaynaklı kirlilik ortadan kalktığından), taşıtlar, görülen kirletici konsantrasyonlarının en önemli kaynağı olmaktadır. Taşıtlardan atılan hidrokarbonlar (HC), NO_x ve CO, bu kirleticilerin atmosferdeki konsantrasyonlarının artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, hidrokarbonlar ve azot oksitlerinin atmosferde güneş ışınlarının katalitik etkisiyle girdikleri reaksiyonlar sonucu “fotokimyasal duman” adı verilen ve ozon, aldehitler gibi güçlü oksitleyici maddeleri içeren bir tür kirlilik de kentlerde meydana gelmektedir. Son yıllarda, benzin fiyatlarındaki hızlı artış, dizel motoruyla çalışan araçların toplam araç sayısı içindeki oranını hızla arttırmıştır. Dizel araçlardan bırakılan karbon parçacıkları hem görüntü bozukluklarına, hem de güneş ışığını absorbe etme özellikleriyle mikro meteorolojik değişikliklere sebep olabilmektedir.

1990’lı yıllara gelindiğinde özellikle Ankara, İstanbul, İzmir gibi büyük şehirlerde hava kirliliği fark edilir boyutlara ulaşmıştır. Kalabalık kentlerde özellikle kalitesiz kömürün kullanıldığı evsel ısıtma sistemleri, çarpık kentleşme nedeniyle düzensiz artan şehir trafiği ve sanayi bölgelerinin yer seçimindeki yanlışlıklar başlıca hava kirliliği nedenini oluşturmuştur. 1990’larda hava kirliliğine neden olan emisyonların (SO₂, NO_x, PM vb) düşük kaliteli linyitlerin yoğun yerleşim bölgelerinde ısıtma sistemlerinde kullanılması, özellikle termik santraller başta olmak üzere diğer sanayi dallarında kullanılması yoğun hava kirliliği problemlerinin yaşanmasına sebep olmuştur. 1988 yılında Ankara ve 1992’de İstanbul’da doğal gaz kullanılmaya başlanmasıyla bu iki büyük kentte hava kalitesinde iyileşmeler yaşanmıştır. Takip eden yıllarda Bursa (1992), İzmit (1996), Eskişehir (1996), Adapazarı (2002) başta olmak üzere 2008 yılı itibarıyla 63 şehir merkezine doğal gaz arzı sağlanmıştır (290). Doğalgaz arzı yapılan tüm illerde doğal gaz kullanımının henüz tamamlanmamış olması nedeniyle, ülke genelinde büyüklü küçüklü kentlerde hava kalitesi arzu edilen düzeyde değildir.

Özdilek (291) tarafından 1992-2001 yılları arasında Türkiye'nin en kirli 27 kent merkezinde SO₂, toplam partiküler madde (TPM) kirliliğini araştıran çalışmada, DSÖ standartlarının üzerinde bir kirliliğin yaşandığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, İstanbul, Kütahya, Çorum, Sivas, Adıyaman, Kahramanmaraş, Denizli, Kayseri, Diyarbakır kent merkezlerinin en kirli iller olduğu rapor edilmiştir. İstanbul'da trafik ve endüstri, Kocaeli ve İzmir'in hava kalitesi üzerine endüstriden kaynaklanan emisyonların etkili olabileceği, diğer kent merkezlerinde özellikle termik santrallerinin önemli bir kirletici kaynak olduğu vurgulanmıştır. SO₂ ve TPM kirliliğinin doğal gaz kullanımının yaygın olduğu kent merkezlerinde (İstanbul, İzmir, Ankara, Bursa gibi) önemli miktarlarda azalma eğilimi gösterdiği vurgulanmıştır. Çevre Bakanlığı verilerine göre 2008-2009 kış sezonunda en kirli 10 il için ortalama PM ve SO₂ değerleri verilmiştir (Tablo 8). Buradan kış dönemi (1 Ekim-31 Mart) 232 µg/m³ PM ortalamasıyla Hakkari en kirli birinci il olmuştur. Iğdır 211 µg/m³'lük PM ortalamasıyla ikinci en kirli il durumundadır. Bu iki il PM kirlilik seviyesi ile 178 µg/m³ olan kış sezonu ortalaması HKDY (Hava Kalitesi Değerlendirme Yönetmeliği, Geçiş Dönemi Uzun Vadeli ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerinde 2014 Yılına Kadar Kademeli Azaltım) sınır değerini aşmıştır. SO₂ kirliliği açısından en kirli 10 il incelendiğinde; 199 µg/m³'lük seviyesiyle Tekirdağ birinci sırayı alırken; Afyonkarahisar 70 µg/m³ ile en kirli 10. il olmuştur. Türkiye genelindeki en kirli 10 ilde, SO₂ konsantrasyonları kış sezonu ortalaması HKDY (Hava Kalitesi Değerlendirme Yönetmeliği, Geçiş Dönemi Uzun Vadeli ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerinde 2014 Yılına Kadar Kademeli Azaltım) sınır değeri olan 225 µg/m³'ü aşmamıştır. Ancak bu sınır değerlerin 2013 yılında 125 µg/m³'e kademeli olarak düşürülmesi gerekmektedir. AB standartları dikkate alındığında bu kent merkezlerinde gözlenen kirliliklerin yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 8. Türkiye’de 2008-2009 Kış Sezonu İçin En Kirli 10 İlde PM₁₀ Ve SO₂ Ortalama Konsantrasyonları

İL	ÖLÇÜM DEĞERİ PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	İL	ÖLÇÜM DEĞERİ SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Hakkari	232	Tekirdağ	199
Iğdır	211	Hakkari	190
Kahramanmaraş	160	Şırnak	147
Karabük	150	Kars	142
Isparta	149	Bitlis	132
Van	139	Siirt	99
Afyonkarahisar	138	Edirne	93
Batman	137	Isparta	92
Denizli	127	Mardin	83
Gaziantep	126	Afyonkarahisar	70
Sınır değer	178	Sınır değer	225

Endüstriden kaynaklanan hava kirliliği esas olarak yanlış yer seçimi ve atık gazların yeterli teknik önlemler alınmadan havaya bırakılması sonucu meydana gelmektedir. Bu çerçevede, İstanbul-İzmit arası, Bursa, Adapazarı, Samsun, İzmir-Aliğa, Adana, Karadeniz Ereğlisi, Karabük, K.Maraş ve Hatay-İskenderun’da yer alan endüstri tesislerinin bölgede yaşanan hava kirliliğinde payı bulunmaktadır. Bazı bölgeler burada bulunan tek bir endüstrinin meydana getirdiği yoğun kirliliğe maruz kalmakta, bazı endüstri bölgelerinde ise birçok endüstrinin emisyonları bileşik bir kirlilik yaratmaktadır. Endüstri emisyonları, üretimde kullanılan maddelerin atmosfere atılmasından dolayı endüstri türüne bağlı özel bazı kirlilikler yaratmakla birlikte, endüstriyel kirliliğin en önemli kaynağı, tesislerde kullanılan yakıttan gelen kirleticilerdir. Bu sebeple endüstrilerin kirletici potansiyeli, bazı özel haller dışında, kullanılan yakıt miktarına bağlıdır.

Ülke genelinde yapılmış diğer çalışmalardan, sanayinin etkilendiği kent merkezlerinde hava kalitesinin bozulduğu görülmektedir. Demir çelik fabrikasının bulunduğu Karabük 1998-2000 yıllarında TPM kirliliği bakımından Türkiye’nin en kirli illeri arasında yer almıştır (292). Hızlı nüfus artışının ve sanayileşmenin yaşandığı Bursa’da araç sayısının da artmasıyla ciddi hava kirliliği sorunu 1988’de başlamış ve 1992’de doğal gaz kullanılmaya başlayınca kadar devam etmiştir. Yaşanan kirliliğin özellikle kış mevsiminde ısıtmadan etkilendiği bildirilmektedir.

Kentin topografik yapısı, meteorolojik karakteri, nüfus yerleşiminin dağılımı, trafik yükü ve endüstrinin etkisi hava kalitesinin bozulmasına etki etmiştir. Doğal gaz kullanımının artmasıyla (Çekirge, Karaman, Tophane ilçe merkezleri) hava kirliliğinin nispeten azaldığı da rapor edilmiştir (293).

1991-2001 yılları arasında Kütahya'da hava kirliliği özellikle kış mevsiminde insan sağlığını tehdit eden boyutlarda yaşanmıştır. Kirliliğin önemli nedeninin kentsel ısınmada kullanılan kalitesiz kömür olduğu, kentin topografyasının önemli rol oynadığı rapor edilmiştir. Bu dönemde gözlenen SO₂ ve TPM seviyelerinin Yönetmelik sınır değerleri aştığı belirtilmekle beraber; termik santrallerdeki eski teknolojinin terk edilmesi, çeşitli endüstrilerde kontrol ünitelerinin kullanılması neticesinde SO₂ konsantrasyonlarının azalma trendi gösterdiği de belirtilmiştir (294). Aynı dönemlerde endüstri ve özellikle açık maden işletmeciliğinin yapıldığı Zonguldak, SO₂ ve PM kirliliğinden ciddi boyutlarda etkilenen kentlerden biri olmuştur. Açık kömür işletmeciliği, kente yakın bölgelerdeki termik santrali (ÇATES), demir çelik (Erdemir) gibi endüstrinin, kalitesiz kömürün kullanıldığı ısıtma sistemlerinin kentte yaşanan hava kirliliğinde etkili olduğu vurgulanmıştır (295).

Doğal gaz kullanımının yaygınlaşmasıyla, özellikle SO₂ kirliliğinin azaldığını vurgulayan bir çalışma da Arcument ve ark. (296) tarafından yapılmış; 2003-2004 yılları arasında hava kirliliği artış gösterdiği, 2003-2006 döneminde ise azalma trendine girdiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, aynı dönemde özellikle kış döneminde Erzurum'da sınır değerleri aşan kirliliklerin yaşandığı da rapor edilmiştir. 2004-2006 yıllarında Konya'nın çeşitli merkezlerinde hava kalitesinin değerlendirildiği başka bir çalışmada; kent içerisinde değişen konsantrasyonlarda SO₂, PM seviyesinin ölçüldüğü, değerlerin Türk HKDY sınır değerlerini aşmadığı, ancak AB ve DSÖ standartları dikkate alındığında hava kirliliği sorununun varlığı ortaya konulmuştur (297).

Son yıllarda, ülke genelinde PM fraksiyonlarını, kaynaklarını, mevsimsel değişimlerini belirlemeyi amaçlayan çalışmalar ile atmosferik toksik kirleticileri (VOC, PAH vb.) konu alan araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Çeşitli kent merkezlerinde gerçekleştirilen bu çalışmalarda, kirleticilerin kaynakları arasında endüstri, trafik, ısıtma sistemleri, topografik yapı, kent yerleşimleri, meteorolojik etkenler, bazı bölgelerde uzak taşınım gösterilmektedir. Tüm bulgular Türkiye'de

hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşmenin hava kalitesi üzerine olumsuz etki ettiğini işaret etmektedir (297-301).

2.2.5 Hava Kirliliği Konusunda Yasal Düzenlemeler

Türkiye’de 1970’li yıllardan itibaren hava kirliliği önemli bir çevre sorunu olarak gündeme girmiş ve kirlilikle birlikte artan sağlık sorunları konunun kamuoyu tarafından algılanmasına sebep olmuştur. Bunu takiben merkezi yönetim düzeyinde hava kirliliğini azaltma ve kontrol etme amaçlı yaklaşımlar da ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ülkemizde ilk hava kalitesi ölçüm faaliyetleri, 1961 yılında Ankara’da, Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı bünyesinde başlatılmıştır.

Ankara’da pilot düzeyde başlatılan çalışmalar, ülke genelinde 1980’li yılların başında yarı otomatik örneklem cihazları (24 saatlik ortalama) ile Sağlık Bakanlığı İl Merkezlerinde konvansiyonel kirleticiler olan SO₂ ve PM ölçümlerine başlanmış ve 1991 yılından itibaren de Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) bu verileri yayınlamaya başlamıştır. 1984 yılından itibaren Sağlık Bakanlığı İl Merkezlerinde konvansiyonel kirleticiler olan SO₂ ve PM ölçümlerine başlanmış ve 1991 yılından itibaren de Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) bu verileri yayınlamaya başlamıştır. Yakın zamanlarda ise Çevre ve Orman Bakanlığı 7 ayrı bölgede hava kalitesi izleme istasyonlarında temel hava kirleticilerini izlemekte ve gerçek zamanlı yayınlamaktadır. Bu istasyonların pek çoğunda yalnızca SO₂, PM10 izlenirken bir kısmında da NO_x, CO, O₃, HC, PM2.5 kirleticileri izlenmektedir. Bu çalışmalar yeterli olmamakla birlikte hava kirliliğinin artan öneminin merkezi yönetim tarafından fark edildiğini de göstermektedir. Aşağıda hava kirliliği ile ilgili yasal düzenlemeler ile izleme çalışmalarının detayları verilmiştir.

2.2.5.1 Yönetmelikler

Hava kalitesinin korunması ve kirliliğinin kontrol altına alınmasına ilişkin ilk esas düzenleme 2 Kasım 1986 tarih ve 19269 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği ile getirilmiştir. Bu yönetmeliğin amacı:

- Her türlü faaliyet sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak,

- İnsanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak,
- Hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır.

Bu yönetmelik; ortam hava kalitesi limit değerlerinin yanı sıra ağırlıklı olarak sanayi tesislerinin emisyon izin prosedürünü içermekte idi. Isınma ve trafikten kaynaklanan kirlilik konuları çok az yer almakta idi.

Bu yönetmeliğin uygulama ve hükümleri, aşağıda ayrıntılı olarak belirtilen yeni yönetmeliklerin çıkarılmasıyla ortadan kaldırıldığı için ayrıntıya girilmemiştir.

Kirliliği kaynağında çözmek esastır ilkesinden hareketle hava kirliliğinin önlenmesi ve solunabilir temiz bir hava için 1986 yılında yayımlanan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği yerine, yönetmeliğin uygulanmasında yaşanan sıkıntı ve dar boğazları gidermek ve AB mevzuatına uyumun da sağlanması amacıyla ilgili kamu kurum kuruluşları, üniversite, sivil toplum örgütleri ve meslek odalarının da görüşleri alınarak; kirlilik kaynakları (ısınma, sanayi, motorlu taşıtlar) dikkate alınarak yeni yönetmelikler hazırlanmış ve yürürlüğe konulmuştur.

Çevre Kanunu başta olmak üzere tüm mevzuat hazırlama ve uygulamalarda;

- “Kirlilik Kontrolü” kavramı yerine “Kirliliğin Önlenmesi” kavramının ön planda tutulması,
- Kirliliğin kaynağında önlenmesi
- Atıkların minimuma indirilmesi,
- En iyi teknik ve teknolojilerin kullanılması,
- Enerjinin verimli kullanılması,
- İzleme-denetim sisteminin etkin uygulanması
- Kirleten öder prensibinin uygulanması
- Üreticinin sorumluluğu ilkesi

genel çevre politikalarında yer alan hususlar ön planda tutulmuştur.

Bu çerçevede, 2004 yılından itibaren hava kalitesinin iyileştirilmesi ve kirliliğin azaltımı amacıyla çıkarılan yönetmelikler aşağıda yer almaktadır.

2.2.5.1.1 Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Sanayi ve enerji üretim tesislerinin faaliyeti sonucu atmosfere yayılan emisyonları (is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol) kontrol altına almak, insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak, hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamak amacıyla **“Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”** 7 Ekim 2004 tarihinde yayımlanmıştır. Bu yönetmelik 2009 yılında yapılan revizyon ile Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği olarak değiştirilmiştir.

Bu yönetmeliğin kapsamı;

- Sanayi tesislerinin kurulması ve işletilmesi için gerekli olan emisyon ön izni, emisyon izni, şartlı ve kısmi izin başvuruları,
- Tesisten çıkan emisyonların ve tesisin etki alanı içinde hava kirliliğinin önlenmesinin tetkik ve tespiti ile,
- Tesislerin, yakıtların, ham maddelerin ve ürünlerin üretilmesi, kullanılması, depolanması ve taşınmasına ilişkin esaslarını kapsar.

Bu yönetmelikte tesisler Liste A ve Liste B şeklinde listelenmiştir. Kirletici vasfı yüksek sanayi tesisleri 26 grupta toplanmış ve kirletici vasfı yüksek tesislerin baca gazlarından çıkan kirletici maddelere sınırlamalar getirilmiştir.

Yönetmelik kapsamında yer alan tesislerin kurulması ve işletilmesi için;

- Emisyon Ön İzni (Planlama aşamasında)
- Emisyon İzni (İşletme aşamasında)

alınması gerekmektedir. Bu tesisler emisyon izni olarak faaliyetlerini sürdürmek zorundadır. Aksi takdirde mevcut mevzuata göre yetkili merci tarafından cezai işlem yapılması gerekmektedir.

Liste A’da yer alan tesislerin emisyon izni Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından, Liste B’de yer alan tesislerin emisyon izni ise Valilik (İl Çevre ve Orman Müdürlüğü) tarafından verilmektedir.

Yönetmelikte belirtilen hususları yerine getiren ve emisyon sınır değerleri sağlayan tesislere **Emisyon İzin Belgesi** verilmektedir. 1 Nisan 2010 tarihinden itibaren sanayi işletmelerinin hava emisyonları çevre izinleri kapsamında değerlendirilmektedir.

2.2.5.1.2 Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Konut, toplu konut, kooperatif, site, okul, üniversite, hastane, resmi daireler, işyerleri, sosyal dinlenme tesisleri, sanayi ve benzeri yerlerde ısınma amaçlı kullanılan yakma tesislerinden kaynaklanan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halinde dış havaya atılan kirleticilerin hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak ve denetlemek amacıyla Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği 13 Ocak 2005 tarih ve 25699 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikte;

- Isınma amacıyla kullanılacak yerli ve ithal katı ve sıvı yakıtların kalite kriterleri (özellikleri) ve kullanılması yasak maddeler,
- Katı yakıtların torbalı satılmasının zorunlu olması,
- İllerin kirlilik derecelendirilmesinin belirlenmesi,
- Katı, sıvı ve gaz yakıtlı yakma sistemlerinin uyması gereken kural ve koşulları ile birlikte bacadan atılan emisyonlar için sınır değerler,
- Yakma sistemleri için Tip Emisyon Belgesi alınması zorunluluğu,
- Katı, sıvı ve gaz yakıtlı yakma tesisleri üreticileri ve ithalatçıları yetki belgesine sahip olmak koşuluyla bakım, onarım, baca temizleme ve baca gazı ölçüm hizmetlerini yapmak veya bu hizmetleri yetki belgesine sahip gerçek ve tüzel kişilere yaptırmak,

gibi hususlar yer almaktadır.

2.2.5.1.3 Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği

Ülkemizde, 1993 yılından itibaren üretimi yapılan ve ithal edilen tüm otomobillerin kurşunsuz benzin kullanabildiği ve katalitik konvektörlü otomobillerin ise sadece kurşunsuz benzin tükettiği gerçeğinden hareketle, araçların çevre dostu teknoloji ile donatılmalarının yanı sıra motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarının azaltılmasında kullanılan yakıt kalitesinin iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, ülkemizde motorlu araçlarda kullanılan benzin

ve motorinin Avrupa Birliği normlarında üretilmesinin teminen ve yakıt kalitesine ilişkin 98/70/EC sayılı direktifin mevzuatımıza aktarılması maksadıyla “**Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği**” 11 Haziran 2004 tarihinde yayımlanmıştır.

Bu yönetmeliğin amacı, çevre ve insan sağlığının korunmasını sağlamak üzere motorlu araçlarda kullanılacak benzin ve motorin türlerinin teknik özellikleri ile uygulamaya ilişkin usul ve esasları belirlemektir. Bu Yönetmelik çevre ve insan sağlığının korunması açısından pozitif ateşlemeli ve sıkıştırmalı hava ile ateşlemeli (benzin ve motorin ile çalışan) içten yanmalı motorlu araçlarda kullanılacak olan yakıtların teknik özelliklerini kapsar.

Bu yönetmelik ile ;

- 1 Ocak 2006 tarihinden itibaren kurşunlu benzinin satışı yasaklanmış,
- 1 Ocak 2007 tarihinden itibaren AB'nin ilgili mevzuatı ile birebir uyumlu benzin ve motorin üretimine başlanacağı hedeflenmiştir.

Buğün Türkiye’de AB standartlarında benzin ve motorin piyasada bulunmaktadır. Benzin ve motorinin kalitesi ve piyasadaki denetiminde Enerji Piyasası ve Düzenleme Kurulu sorumludur.

2.2.5.1.4 Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hava kirliliğine katkısına bakıldığında yapılan araştırmalara göre; karbonmonoksit (CO) emisyonlarının yaklaşık %80’inden, azotoksit (NO_x) emisyonlarının %60’ından, hidrokarbon (HC) emisyonlarının yaklaşık %50’sinden, şehir bazında kurşun emisyonlarının %100’ünden motorlu taşıtlar sorumludur.

Çevre dostu araçların üretilmesi ve yakıt kalitesinde iyileştirmenin yanında, ülkemiz taşıt parkında bulunan araçların yaşlarının büyük olması ve yeterli bakımının yapılmaması nedeniyle trafikte seyreden araçların düzenli olarak denetimi de önemlidir. Bu çerçevede, AB mevzuatına uyum çalışmaları kapsamında Avrupa Birliğininin 96/96/EC direktifi dikkate alınarak hazırlanan “trafikte seyreden motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan egzoz gazı emisyonlarının kontrolüne dair yönetmelik” 08 Temmuz 2005 tarihinde yayımlanmıştır

Bu yönetmeliği’nin amacı, motorlu kara taşıtlarının egzoz gazlarının yol ağtığı hava kirliliğini kontrol altına almak, insanı ve çevresini egzoz emisyonlarından

doğacak tehlikelerden korumak, motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan egzoz gazı kirleticilerinin ortama verilmesinin önüne geçmek ve ortaya çıkmamasını sağlamak üzere gerekli usul ve esasları belirlemektir.

2.2.5.1.5 Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği

AB Çevre Faslı altında Hava Kalitesi Sektörü altında aşağıdaki Tablo'da belirtilen direktifler yer almaktadır. Bu direktiflerden beşi (96/62/EC sayılı Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ve 99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC sayılı kardeş direktifleri) 2003 Mali İşbirliği Programı kapsamında yürütülen "Hava Kalitesi, Kimyasallar ve Atık Alanında Türkiye'ye Destek Projesi" birinci bileşeni olan Hava Kalitesi Eşleştirme Projesi çerçevesinde çalışılmıştır.

Tablo 9. Hava Kalitesi Sektörü Altında Yer Alan AB Direktifleri

No	Direktifler
1	2008/50/EC sayılı Dış Ortam Hava Kalitesi ve Avrupa için Temiz Hava Direktifi
2	Dış hava kalitesinin değerlendirilmesine dair 96/62/EC sayılı Konsey Direktifi (EC 1882/2003 Tüzüğü ile düzeltilmiş olarak)
3	Havadaki kükürt dioksit, azot dioksit, azot oksit, partikül ve kurşun değerlerinin sınırlanmasına ilişkin 99/30/EC sayılı Konsey Direktifi (2001/744/EC Kararı ile düzeltilmiş olarak)
4	Havadaki ozona ilişkin 2002/3/EC sayılı Konsey Direktifi
5	Hava kalitesinde karbon monoksit ve benzen için sınır değerlerine ilişkin 2000/69/EC Konsey Direktifi
6	Hava kalitesinde arsenik, kadmiyum, civa, nikel ve polisiklik aromatik hidrokarbonlara ilişkin 2004/107/EC Konsey Direktifi
7	Ulusal Emisyon Tavanları Direktifi (2001/81/EC)
8	Petrol İstasyonlarından Kaynaklanan UOB Emisyonları Direktifi (94/63/EC) EC 1882/2003 Tüzüğü ile düzeltilmiş olarak
9	Kükürt içerikli sıvı yakıtlar Direktifi (99/32/EC) 1882/2003/EC Tüzüğü ve 2005/33/EC Direktifi ile düzeltilmiş olarak
10	Dizel yakıt ve benzin kalitelerine ilişkin 98/70/EC sayılı Konsey Direktifi 2000/71/EC Direktifi, 2003/17/EC Direktifi ve EC 1882/2003 Tüzüğü ile düzeltilmiş olarak
11	Tüketici Bilgilendirme Direktifi (1999/94/EC) 2003/73/EC Direktifi ile düzeltilmiş olarak
12	Emisyon Ticareti Direktifi (2003/87/EC) 2004/101/EC Direktifi ile düzeltilmiş olarak

AB mevzuatının uyumlaştırılması çalışmaları kapsamında, 96/62/EC Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ve Kardeş Direktiflerinin (99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC) paralelinde hazırlanan **Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY)** 06.06.2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. HKDY Yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ile 1986 yılında yayımlanan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) tamamen yürürlükten kaldırılmıştır.

HKDY Yönetmeliğin amacı çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış yöntemleri ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır.

Yönetmelik çerçeve direktif ve kardeş direktiflerde tanımlanan 13 farklı kirletici için mevzuat uyumu ve kademeli uygulama takvimlerini belirlemektedir. Yönetmelik ayrıca, kirliliğin kontrolü ve hava kalitesi alanlarında izleme, yaptırım ve kurumsal güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

2.2.5.1.6 Hava Kalitesi Ölçüm-İzleme Ağı

1986 yılında yayımlanan HKKY’nde limit değerleri belirtilen kirleticilerden sadece kükürtdioksit ve partikül madde parametreleri Sağlık Bakanlığı tarafından yarı otomatik cihazlar ile ortam hava kalitesi değerleri ölçülmekte ve izlenmekte idi. 2003 yılında Çevre Bakanlığı ile Orman Bakanlığı’nın birleşmesi ile birlikte ortam hava kalitesi ile ilgili tüm yetki Çevre ve Orman Bakanlığı’na verilmiştir.

Bu kapsamda Ülke genelinde hava kalitesi, 2005 ve 2007 yıllarında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 81 il merkezine kurulan tam otomatik ölçüm istasyonları, Büyükşehir belediyelerine (İstanbul, İzmir, Bursa) ait ölçüm istasyonları, Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi’ne ait tam otomatik 8 adet ölçüm istasyonu (Ankara) ve diğer (OSB, vb.) istasyonlarla toplam 116 adet hava kalitesi ölçüm istasyonu ile izlenmektedir. Bu istasyonların bazılarında kükürtdioksit ve partikül madde parametrelerinin yanı sıra diğer kirleticiler de ölçülmektedir

Daha önce otomatik olmayan cihazlarla ölçülen ve en erken 24 saat sonra alınan hava kalitesi değerleri, kurulan bu ölçüm istasyonlarından elde edilen veriler

ile, GSM modemler vasıtasıyla hem Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Referans Laboratuvarında kurulan merkez bilgisayarına hem de her istasyonun bağlı olduğu İl Müdürlüklerinde bulunan veri toplama bilgisayarlarına aktararak istenilen zaman aralıklarında (30 dakika, saatlik, günlük) izlenmektedir. Söz konusu hava kalitesi ölçüm verileri Çevre Referans Laboratuvarında değerlendirilerek saatlik ortalamalar şeklinde <http://www.havaizleme.gov.tr> internet adresinde yayımlanmaktadır. Ayrıca, acil durumlarda kullanılmak üzere Bakanlığa ait Mobil Hava Kalitesi Ölçüm Araçları da sisteme entegre edilmiş olup, bu istasyonlardan ayrıca azotoksitler, ozon ve karbonmonoksit verileri de alınmaktadır.

HKDY Yönetmeliği'nde belirtilen 13 adet kirletici parametresi ve kirlilik kaynakları (ısınma, sanayi, trafik ve ayrıca arka plan) dikkate alınarak 2014 yılına kadar 206 adet istasyon ve bu istasyonlara hizmet verecek 8 adet temiz hava merkezinin kurulması hedeflenmektedir. Bu çerçevede, Marmara Bölgesine (11 il) 39 adet istasyon ve bir adet temiz hava merkezinin kurulması için Avrupa Birliği (AB) projesi başlatılmıştır. Mevcut çalışmalara ilaveten Avrupa Birliğinin (AB) 1999 yılında Helsinki Zirvesinde ülkemize verdiği perspektif doğrultusunda çeşitli AB fonlarından sağlanan finansmanla projeler yapılmaktadır. Bu projelerin temel amacı ülkemiz ile AB arasında mevzuatın uyumlaştırılması çalışmalarını desteklemek, AB direktiflerinin uyumlaştırılması için gerekli idari kapasitenin oluşturmasını temin etmek, kirliliğinin önlenmesi için uygulanabilir ve ekonomik yeni teknikler ve yaklaşımları ortaya koymak ve direktifin getirdiği perspektiflerin ülkemizdeki ilgili tüm taraflarca anlaşılmasını sağlamaktır.

2.3 Hava Kirliliği Düzeyinin ve Sağlık Parametreleri Üzerindeki Etkilerinin Azaltılması Konusunda Öneriler

Tıbbi önlemler açısından, her ne kadar hava kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltmaya dönük araştırmalarda, anti-oksidan gıdaların ve çeşitli anti-inflamatuar ajanların bu zararı kısmen de olsa azaltabileceğini gösterse de halen etkili bir yol bulunamamıştır. İnsanlara yönelik genel önlemler, mümkünse hava kalitesinin yüksek olduğu yerlerde yaşamın tercih edilmesinin ötesine geçememektedir. Hava kirleticilerin etkilerine daha duyarlı oldukları gösterilen kardiyorespiratuar rahatsızlığı olan hastaların ise, hava kirliliğinin yoğun oldukları saatlerde dış ortama çıkmamaları ve evlerini havalandırırken, havanın nispeten temiz olduğu gün ortası saatleri tercih etmeleri uygun olacaktır. Bundan başka

hava kirliliğinin yoğun olduğu dönemde kardiyorespiratuar hastalıkların alevlenme olasılığı artacağından, hastaların bu dönemlerde hekimleri ile yakın iletişimde olmaları ve gerekirse tedavilerinin yeniden düzenlenmesi önerilebilir. Yerel otoritelerin de hava kalitesi konusunda halkı düzenli olarak bilgilendirmeleri ve bu tür tavsiyelerde bulunmaları yararlı olacaktır ki bunun halen ülkemizde yeterince yapıldığını söylemek güçtür.

Her ne kadar uluslararası ölçekte yapılan çalışmalar, hava kirliliğinin insan sağlığını olumsuz etkilediğini, başta kardiyorespiratuar hastalıkların gelişiminde önemli rol oynadığını gösteriyorsa da, ülkemizde hava kirliliğinin halk sağlığı üzerindeki etkisini kapsamlı olarak araştırmış çalışma ne yazık ki henüz bulunmamaktadır. Bu nedenle, içinde epidemiyologlar, halk sağlığı uzmanları, göğüs hastalıkları uzmanları ve çevre mühendislerinin yer alacağı, ülkemizi temsil edecek kapsamlı çok merkezli çalışmalara acilen ihtiyaç vardır. Bu tür çalışmalar hem hava kirliliğinin ülkemizde halk sağlığı üzerindeki boyutunu ortaya koyacak, alınacak önlemler için bir temel oluşturacak, hem de kamuoyu nezdinde farkındalık oluşturulmasına katkı sunacaktır. Diğer yandan, alınacak etkili önlemler ile hava kirliliğinin düzeyi azaltılsa da, insanın yaşadığı her ortamda bir miktar kirliliğin oluşması kaçınılmazdır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, uluslararası kurumlarca güvenli kabul edilen sınırların altındaki kirlilik düzeylerinin bile insan sağlığını olumsuz etkilediğini göstermektedir (233). Bu nedenle, hava kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin altında yatan mekanizmaların anlaşılmasına ve bunun sınırlandırılmasına dönük stratejileri hedef alan araştırmalar ülkemizde de sürdürülmelidir.

Çevresel politikalarla ortaya konulan yaklaşımla, Türkiye genelinde hava kalitesi ve nüfus yoğunluğuna bağlı olarak oluşturacak bölgelerde, hava kirletici değerlerinin etkili bir şekilde azaltılarak hava kalitesinin çevre ve insan sağlığına zararlarını azaltacak şekilde iyileştirilmesi amaçlanmalıdır. Bu yaklaşım, zamansal ve mekansal çözünürlükte, kirletici ve kirleticiden etkilenebilecek nüfusa duyarlı, yeni bilgi ve bulgularla güncellenebilir değerlendirmeleri bünyesinde barındırmalıdır. Bu kapsam ve yaklaşıma sahip, mevcut ve gelecekteki hava kalitesinin iyileştirilmesini ve olası sağlık etkilerinin azaltılmasını amaçlayan oldukça dinamik bir yapıya sahip politikaların hedeflerine ulaşması ise ancak etkin bir hava kalitesi yönetimi ile mümkün olacaktır. Etkin bir hava kalitesi yönetimi ise aşağıda belirtilen

başlıklar ve kapsamda sürdürülebilirse hava kalitesinde amaçlanan iyileştirmeler yakalanabilecektir.

1. Türkiye genelinde mevcut izleme ağının yeterli düzeye ulaştırılmasıyla;

- Hava kalitesi kontrol stratejilerinin geliştirilmesi,
- Kirleticilerin atmosferik taşınımlarının belirlenmesi,
- Hava kirliliğinin tehlikeli boyutlara ulaştığı bölge ve zaman periyodunun belirlenmesi,
- Acil uyarı sistemlerinin tesis edilmesi sağlanmalıdır.

2. Farklı disiplinlerin bir araya gelerek bilimsel temelli ülke koşullarına özgü “Sağlık Etki Değerlendirme” çalışmalarının yapılmasıyla;

- Hava kalitesi ve kirlilik dağılım haritalarının yapılması,
- Risk altındaki nüfusun tanımlanması,
- Kirletici-etki mekanizmasının belirlenmesi,
- Kirletici konsantrasyon-etki fonksiyonlarının belirlenmesi,
- Risk altındaki nüfusta sağlık etkilerinin (mortalite, morbidite vb.) tespit edilmesi,
- Sağlık etkilerinin ekonomik boyutunun belirlenmesi,
- Sağlık etkileri projeksiyonlarının üretilmesi sağlanmalıdır.

3. Hava kirliliği kontrol yaklaşımlarının hayata geçirilmesiyle;

- Emisyon kaynağının azaltılması
 - * İşletim sisteminin değiştirilmesi,
 - * Proses optimizasyonu,
 - * Yakma modifikasyonu,
 - * Yakıt modifikasyonu,
- Planlama: yeni emisyon kaynakları için coğrafi konum belirlenmesinde; meteorolojik koşullar, atmosferik dispersiyon, alıcı ortamı etkileme durumu göz önünde bulundurularak planlama yapılmalıdır. Enerjiyi etkin kullanan, düşük emisyon teknolojileriyle donanmış tesislerin kurulması sağlanmalıdır. Bunun yanında, aşağıdaki eylem planları ve önlemler de hava kirliliği kontrolüne katkı sağlayacaktır.

- * Halkın bilinçlendirilmesi ve bilgilendirilmesi,
- * Temiz hava planlarının hazırlanması,
- * Partikül Madde kirliliğini kontrol etmek için kişi başına düşen yeşil alan miktarının artırılması, altyapının tamamlanması ve özellikle toz emisyonun artmasına katkı sağlayan yolların asfaltlanması,
- * Toplu taşıma araçlarının kullanımın desteklenmesi ve belediyelerle işbirliği içinde raylı sistem veya metro ağlarının yaygınlaştırılması,
- * Başta resmi bina ve okullar olmak üzere yeni bina yapımında ısı yalıtım tekniklerinin uygulanması ve enerji tasarrufunun sağlanması,
- * Trafikte seyreden motorlu kara taşıtlarının egzoz gazı emisyonlarının kontrol edilmesi,
- * Hava kirliliğinin yoğun olduğu günlerde gerektiğinde özellikle karbüratörlü araçlar ile motorin kullanan araçlarda tek çift plaka uygulamasına giderek trafiğin sınırlandırılması,
- * Hava kirliliğinin yoğun olduğu illerde yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması,
- * Isınma ve sanayi amaçlı kullanılan yakıtların denetlenmesi,
- * Kömürlerin illerin kirlilik derecelerine göre kullanılması,
- * Yakma sistemlerinin (soba, kalorifer kazanı) bakım-onarımı ve bacaların temizlenmesi,
- * Sıcaklık şartlarına göre yakma saatlerinin belirlenmesi ve bu çerçevede dış ortam sıcaklığı gece ve gündüz 15 °C nin üzerinde olduğu günlerde kalorifer ve sobaların yakılmaması,
- * Kalorifer ve sobaların, işyerlerinde bina iç ortam sıcaklığı 18 °C, konutlarda ise 20 °C'den yukarıda olmayacak şekilde yakılması,
- * Gerektiğinde kalorifer ve sobaların ilk yakış saatlerinin semtler itibari ile belirlenmesi ve uygulamanın belirlenen saatlere göre yapılıp yapılmadığının denetlenmesi,
- * Hava kirliliğinin yoğun olduğu günlerde öğrencilerin açık alanda tören yapmalarının önlenmesi,
- * Kirli havalarda yaşlı, hasta ve çocukların dışarıya çıkmaması için halkı bilgilendirmek,

- * Eğitim faaliyetlerini yaygınlaştırmak,
- * Denetimleri sıklaştırmak,
- **Hava kirliliği kontrol teknolojilerinin yaygınlaştırılması:** Gaz ve partikül madde kirleticileri için yüksek verimli arıtma gerçekleştirebilen kontrol ünitelerinin kurulması ve işletilmesi yaygınlaştırılmalıdır. Sanayi tesislerinin emisyonlarının denetlenmesi, hava kirliliğinin kaynağı sanayi tesisleri ise yakıt değişikliğine gidilmesi ve gerektiğinde üretim kapasitesinin düşürülmesi gerekmektedir.

2.3.1 Hava Kirliliği Konusunda Sağlık Bakanlığı Olarak Yapılabilecekler

- Hava kirliliğinin, HKDYY uyarı eşik değerlerini aştığı durumlarda ve hava kalitesi sağlık indeksinin aktif kullanımı ile özellikle kirliliğin yoğun olduğu bölgelerde kirliliğin tespitleri derhal yapılarak ilgili merciler ve Sağlık Bakanlığı uyarılarak halkın bilgilendirilmesi gerekmektedir.
- Hava Kalitesi modellemeleri yapılarak hava kirliliği tahminleri ile kirliliğin tespitleri derhal yapılarak kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde yaşanabilecek sağlık problemleri için ilgili merciler ve Sağlık Bakanlığı uyarılarak halkın bilgilendirilmesi gerekmektedir.
- Sağlık Bakanlığı hava kirliliğinin sağlık üzerine olumsuz etkileri için halkın farkındalık ve bilinç düzeyini arttırmaya yönelik eğitim faaliyetlerinin yaygın iletişim araçları yardımıyla (Broşür, Billboard gibi) geniş kitlelere, örgün olarak ise seçilen hedef gruplara uygulanması gerekmektedir.
- Ülke genelindeki örgün ve uzaktan eğitim kademelerinin tümünde sağlık ve çevre konusunda bilinç düzeyini arttırmaya yönelik derslerin ilk ve ortaöğretim müfredatına eklenmesi; meslek eğitiminde ve genelde üniversite düzeyindeki eğitimde yerini alması için gerekli müdahaleler yapılmalıdır.
- Ülke genelinde hava kirliliği konusunda çalışan insan sayısında ve çalışmalarda kullanılan fiziksel altyapı konusunda belirgin oranda artış olduğu, ancak bu çalışmaların fayda/maliyet açısından daha etkin hale getirilmesi için söz konusu çalışmalardan edinilen bilgi birikiminin sağlık ile ilgili mevcut sorunlara çözüm getirecek şekilde kullanılması ve özellikle uygulayıcı makamlar tarafından hayata geçirilmesi gerekmektedir.

- Hava kalitesi değerlendirme çalışmalarında hava, su, toprak ve insan arasındaki geçişlerinin mutlaka göz önünde bulundurulması ve entegre bir yaklaşımın benimsenmesinin değerlendirmelerin daha sağlıklı yapılabilmesi açısından önemli olduğuna dikkat çekilmelidir.
- 2013 yılına kadar tüm illerde tamamlanması beklenen Temiz hava planlarının hazırlanmasında belirli bir standardizasyonun sağlanması için Sağlık Bakanlığı da rol almalıdır.
- Kentlerde ve çalışma ortamlarında bulunan hava kirletici bileşenlerine maruz kalınması nedeniyle oluşan sağlık etkilerinin belirlenmesi konusundaki özellikle multidisipliner çalışma gerektiren doz ve etki belirleme çalışmalarının yaygınlaşmasına duyulan gereksinim giderilmelidir.
- Hava kirliliğinin hem çalışanlara hem de bölgede yaşayanlara özellikle de çocuklara sağlık etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması ve sonuçlarının değerlendirilerek geliştirilecek önerilerin ilgili makamlarla paylaşılması gerekmektedir.
- Kirliliğin morbidite ve özellikle de mortalite üzerine etkisini araştıran çalışmalar oldukça az sayıdadır. Bu konuda acilen, tercihen bu konu ile ilgilenen devlet kuruluşlarının da desteği alınarak, standardize epidemiyolojik yöntemlerin kullanıldığı, çok merkezli çalışmalara olanak sağlamalıdır. Böylece sorunun önemi daha somut verilerle ortaya konulabilecektir.
- Özellikle insan sağlığını etkileyen dış ortam havasındaki PM2,5 Ozon ,VOC ve ağır metal analizleri tüm illerde ölçülerek halkın bilgilendirilmesi yapılmalıdır.
- Hava kirliliği nedeni ile kitle halinde hasta başvurusu ve yatırılması olasılığına karşı hastanelerde hazırlıklar yapılması, başta ambulans olmak üzere, araç gereç hesaplaması ve gereğinde nereden takviye edileceği acil durum planları yapılmalıdır.
- Hava Kalitesi Yönetmeliği hava kirliliğinin ortaya çıkmasını önlemekten ziyade hava kirliliği ortaya çıktıktan sonra alınacak tedbirlere ağırlık vermektedir. Yönetmelikteki kirlilik değerleri Dünya Sağlık Örgütü'nün son hava kalitesi kılavuzundaki değerlere göre çok yüksektir. Bu değerlerin yeniden gözden geçirilmesinde de Sağlık Bakanlığı görev almalıdır.

3 İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

3.1 Giriş ve Tanımlar

İklim, en genel yaklaşımla ortalama hava durumu olarak ifade edilir. Bu yüzden, iklim ve hava, birbiriyle çok iç içe kavramlardır. Hava, yeryüzünün herhangi bir yerinde, herhangi bir zamanda, gözlenen ve yaşanan atmosferik koşulların bütünüdür. İklim ise bu hava koşullarında uzun süreli (Dünya Meteoroloji Örgütü - WMO tarafından bu süre ortalama otuz yıl olarak kabul edilmektedir) gözlenen değişimlerin ortalamasıdır. İklim, uç değerleri, şiddetli olayları, sıklık dağılımlarını ve değişkenliği de kapsamaktadır. **İklim değişikliği**, “nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda ve/veya değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişiklikler” biçiminde tanımlanmaktadır (302).

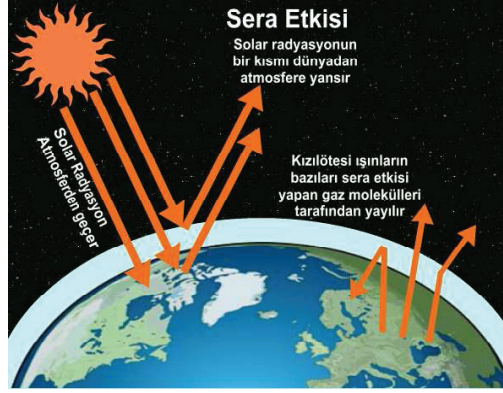
İklim değişikliğinin insan sağlığına etkileri artık görünür bir hale gelmiştir. Şu ana kadar farkedilebilen ve ön görülen etkiler kanserler, kalp-damar ve solunum hastalıkları, besin-su-vektör kaynaklı hastalıklar, sıcaklıkla ilişkili rahatsızlıklar, ruh sağlığı ve sosyal iyilik sorunları, beslenme ve kolay incinebilir toplum kesimlerinin etkilenmesi şeklindedir. Birçok bulgu bu sağlık etkilerinin başta Afrika ve Güneydoğu Asya olmak üzere özellikle yoksul, yaşlı ve çocuk kesimleri daha fazla etkileyeceğini göstermektedir (303).

Özellikle sanayi devrimi ile birlikte gittikçe artan başta fosil yakıt tüketimine bağlı karbon salınımı ve hava kirliliği ve endüstriyel çevre kirliliği, bazı tarımsal faaliyetler, bunları kontrol etme çabalarında gönülsüzlük gittikçe bir iklim ve çevre felaketine dönüşmektedir. Bu sorun sadece soluduğumuz havayı değil, fırtına, seller gibi uç hava olaylarına, asit yağmurlarına, ormansızlaşmaya, denizlerin yükselmesinden kuraklığa ve tüketilebilir su kaynaklarının kıtlığına, tarım ve hayvancılığın yok olmasına kadar, yerel, bölgesel ve hatta tüm küresel çevreyi etkilemektedir.

3.1.1 Sera Gazları, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Başta karbondioksit olmak üzere sera gazları, güneşten gelen kısa dalga boylu enerjinin geçişine izin veren, ancak yerden yayılan uzun dalga boylu enerjinin çıkışını kısıtlayan bir özelliğe sahiptir. Bu özelliği ile seralarda kullanılan cam ya da naylonun yaptığı etkiye benzer bir etkiye neden olmaktadır (Şekil 4). Normalde CO2 dünya atmosferinin 10 binde 3'ünü oluşturur. Karbondioksit ve diğer sera gazları

(su buharı, metan gibi) olmasa idi gezegenimizin yüzeyi, bugünkünden 34 °C daha soğuk olacaktı. Tersine Venüs ve Mars gibi ölü gezegenlerin atmosferinin büyük bölümünü CO₂'den oluşur ve yüzey sıcaklıkları canlı yaşama izin vermemektedir.



Şekil 4. Sera Etkisi.

Dünya yüzeyindeki sıcaklık temelde karbondioksitin yer aldığı karmaşık ve hassas bir termostata bağlıdır. Son 10 bin yıl boyunca Dünya'nın yaklaşık 1 °C ortalama yüzey sıcaklığı değişikliğine ayarlanmıştır. Atmosferdeki sera gazları arttıkça dünya yüzeyine yakın atmosfer tabakalarında daha fazla ısı tutulmakta, bu da küresel ısınmaya yol açmaktadır. Bu ısınma da iklim sisteminde baskı oluşturmakta ve iklim değişikliğine yol açmaktadır (302).

Sonuç olarak başta CO₂ olmak üzere sera gazlarının atmosferdeki miktarının artması, sera etkisinin kuvvetlenmesine ve yüzey sıcaklığının artmasına neden olmaktadır.

Yerküre yüzey sıcaklığı 1850 yılından itibaren 0,76 °C artmıştır. Engelleyici çözümler hayata geçirilemezse XXI. Yüzyılda bu artışın ortalama 1,8-4,0 °C olacağı, en kötü senaryo ile ise bu seviyenin 6,4°C düzeyine yükseleceği tahmin edilmektedir (304).

Artık küresel iklim değişikliğinin insanlık için en büyük yaşamsal tehditlerden birisi olduğu değerlendirilmektedir. 1975 yılında ilk ileri iklimleme modelleri atmosferdeki CO₂'in ikiye katlanmasının küresel sıcaklığı 3 °C arttıracığını göstermiştir. Dünyadaki karbondioksit mevcut sınırlar içinde tutulamazsa sonu diğer gezegenler gibi olacaktır. Bu sonla karşılaşmamak için 2050 yılına kadar CO₂ salınımının en az %70 azaltılmış olması gerektiği değerlendirilmektedir (305).

3.2 İklim Değişikliğinin Nedenleri

Güneş enerjisi yansımaları, dünyanın yörüngesi, atmosferik bileşenler, atmosferin albedo özellikleri, volkanik küller, bulut örtüsü faktörleri iklim değişikliğine sebep olabilen başlıca faktörlerdir. Bu faktörler, birlikte veya tek başına sera gazlarını ve sera etkisini artırmaktadır. Atmosferde bulunan sera gazlarının konsantrasyonu değiştiği zaman, atmosfer kompozisyonu da değişmektedir (306).

İklim sistemi, atmosfer, kara yüzeyleri, kar ve buz, okyanuslar ve diğer su kütleleri ile canlıları kapsayan karmaşık ve etkileşimli bir sistemdir. Bu sistem, zaman içinde, kendi iç dinamiklerinin etkisi altında ve dış etmenlerdeki (zorlamalar olarak adlandırılmaktadır) değişikliklere bağlı olarak yavaş yavaş değişim gösterir. Dış zorlamalar, volkanik patlamalar ve güneşle ilgili değişkenlikler gibi doğal olaylar ile atmosferin bileşimindeki insan kaynaklı değişiklikleri içerir. Güneş radyasyonu, iklim sisteminin güç kaynağıdır. Yerküre'nin radyasyon dengesini etkileyen, dolayısıyla iklimi değiştiren üç temel yol bulunmaktadır: 1) Gelen güneş radyasyonundaki değişiklikler (Güneşin kendisindeki ya da Yerküre'nin yörüngesindeki değişikliklere bağlı olarak); 2) Güneş radyasyonunun yansıtılan kısmındaki değişiklikler (bu kısım albedo olarak adlandırılmaktadır ve bulut örtüsü, aerosoller denilen küçük parçacıklar ya da arazi örtüsündeki değişikliklere bağlı olarak değişebilmektedir); 3) Yerküre'den uzaya geri gönderilen uzun dalgalı radyasyondaki değişiklikler (sera gazı salımlarının atmosferdeki birikimlerine bağlı olarak). Bunların yanı sıra, rüzgarlar ve okyanus akıntılarının, yerküre yüzeyi üzerindeki ısı dağılımında oynadıkları rol nedeniyle, iklim üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (302).

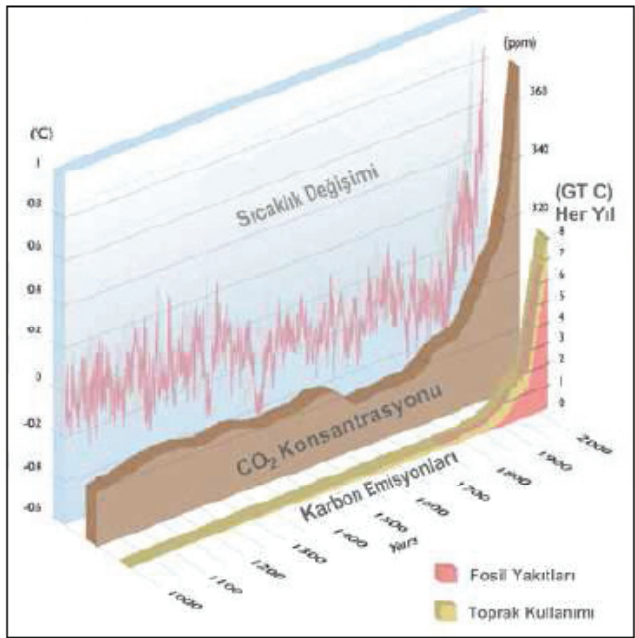
3.2.1. Sera Gazı Emisyonları

Kyoto Protokolüne göre sera gazları; Karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Nitrözoksit (N₂O), Hidrofluorokarbonlar (HFCs), Perfluorokarbonlar (PFCs) ve Kükürt heksaflorür (SF₆) olarak tanımlanmaktadır. Bunların konsantrasyonundaki değişme sera gazlarını doğrudan etkilemektedir. Karbonmonoksit (CO) ve nitrik oksit (NO) sera gazlarını dolaylı, ozon ve metan hem doğrudan hem de dolaylı olarak etkilemektedir. Sera gazlarının konsantrasyonuna, uzun dalga boylu radyasyonun emilimi ve atmosferdeki yarılanma ömürleri etkili olmaktadır. Bununla birlikte CO₂ karbondioksit üretimi, sera etkisinde birinci derecede önemlidir ve CO₂'in atmosferde uzun bir yaşam süresi vardır (306).

3.2.1.1 Karbondioksit

Karbondioksit miktarı 1957 yılından itibaren düzenli olarak ölçülmektedir. Karbondioksit değişiminin ilk çağlardan itibaren zaman içerisindeki değişimi Şekil 5'te verilmiştir. Karbondioksit konsantrasyonu enlemlere bağlı olarak da değişim göstermektedir. Kuzey enlemlerde CO₂ konsantrasyonu daha fazladır. Dünya üzerindeki CO₂ konsantrasyonunu %70 kömür, gaz, petrol yakıtlarından ve toprak kullanımı değişikliğinden kaynaklanmaktadır. Atmosferdeki Karbondioksit konsantrasyonu arttığı zaman havayolu ile gelişen hastalıklar da artmaktadır (306).

Atmosfer CO₂ seviyesi endüstri öncesi dönemdeki 280 ppm seviyesinden %36'lık bir artışla 2006 yılında 382 ppm seviyesine yükselmiştir. CO₂ mevcut artış oranı yıllık 1,9 ppm'dir (307). Bu dönemdeki CO₂ seviyesi son 650 yılın en yüksek seviyesidir (307). Yirmi yedi milyar tonun üzerinde CO₂, elektrik güç santralleri (kömür) ve transport araçlarından (benzin ve gaz) atmosfere yayılmaktadır (308). CO₂'in direkt olarak sağlık etkileri tanımlanmamakla birlikte, küresel ısınmaya etkisi dolayısıyla sağlığı etkilediği belirtilmektedir (308).



Şekil 5. Son 100 Yılda Küresel Karbon ve CO₂ Salımları ve Sıcaklık Değişimi, Kaynak: (306).

3.2.1.2 Hidrofluorokarbonlar (HFCs), Perfluorokarbonlar (PFCs)

Bu sınıf bileşenler tamamen insan kaynaklıdır. Bunlar CFC-11 (CFCI₃), CFC-12 (CCI₂F₂), CFC-113 (C₂CI₃F₃), ve CCI₄ bileşenleridir. Bu bileşenler solvent (çözücüler), soğutma sistemlerinde kullanılan gazlar, spreyler ve köpük üretiminde kullanılmaktadır. Klorofluorokarbonların konsantrasyon değerleri kuzey yarım kürede güney yarım küreye nazaran daha fazladır.

3.2.1.3 Metan

Metan (CH₄) oksijensiz çevrede mikrobik aktivite ile üretilir. Başlıca kaynak alanları ıslak alanlar, petrol ve gaz çıkarılması, organik çürümeler, akarsu havzaları, pirinç üretimi, geniş getiren hayvanların dışkılarının fermantasyonudur (306).

3.2.1.4 Nitrözoksit (N₂O)

Küresel konsantrasyonu 2000 yılında ortalaması 320 ppm olarak tespit edilmiştir. Atmosferdeki yaşam ömrü 150 yıldır. Ana üretim alanları kara ve sudaki azotlanmalardır. İnsan kaynaklı olarak katı yakıt ve azotlu gübre kullanımı diazotmonoksitin konsantrasyonunu artırmaktadır.

3.2.1.5 Karbonmonoksit

Karbonmonoksit (CO) kendisi sera gazı değildir. Atmosferdeki bileşeni CH₄ dolaylı olarak sera gazına etki etmektedir. Karbonmonoksit konsantrasyonu kuzey yarımkürede güney yarımküreye nazaran daha yüksektir. Ayrıca kış mevsimindeki konsantrasyonu yaz mevsimine göre daha da fazladır. Ana kaynağı yanmalar ve hidrokarbonların oksidasyonudur. Atmosferdeki yaşam ömrü 2-3 ay gibi kısa bir süredir. Bu nedenle atmosferdeki konsantrasyonu hesaplamak zordur.

3.2.2 Ozon

Ozonun büyük bir bölümü, yaklaşık %90'ı yüksekliği 15-30 km arasında olan stratosfer tabakasında bulunmaktadır. Kloroflorokarbon gazlarının kullanımı ozon konsantrasyonunu etkilemektedir. Normalde UV-B radyasyonu atmosferin alt tabakalarına kadar uzanır, bir kısmı da dünya yüzeyi tarafından tutulur. Yüzey tarafından tutulduğunda yüzey sıcaklığının artmasına bağlı olarak biyolojik zararlı etkileri görülür. Ozon konsantrasyonunun atmosferin aşağı seviyelerinde artması

iklim değişikliği üzerinde etkili olmaktadır. İklim modellerine göre troposferdeki ozon miktarında %50'lik bir artışın, dünya yüzeyi sıcaklığını 0.3 °C arttıracakını göstermektedir. Atmosferdeki ozon konsantrasyonu 1957 yılından itibaren yer ve balon gözlemleri ve 1978 den itibaren de uzaydan uydu sensörleri ile ölçülmektedir. 1987 yılında tüm ülkelerce kabul edilen Montreal protokolüne göre ozon seyrelmesinin kontrol altına alınması için çalışmalar başlatılmıştır. 60° Kuzey ve 60° güney enlemleri arasından toplam ozon yoğunluğunda 1995 yılına kadar azalma, (ülkelerin kloroflorokarbon (CFC) kullanımını azaltması ile birlikte) 1995 yılından itibaren yükselme görülmektedir. Güney kutbu bölgesindeki toplam ozon miktarında, uydu gözlemlerinde ve atmosferik model çıktılarında benzer sonuçlar görülmüştür (306).

3.2.3 İnsan Faaliyetlerinin Etkisi (Andropojenik İklim Değişikliği)

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli - IPCC'nin 2007 yılında yayımlanan Dördüncü Değerlendirme Raporu'na göre, küresel ısınma artık tartışmasız bir gerçektir ve bunun önemli bir bölümünden büyük bir olasılıkla insanoğlu sorumludur (302;307).

İnsan faaliyetleri ile iklim değişikliği arasında ne gibi bir ilişki olabilir diye sorulabilir. 18. yüzyılın sonlarında başlayan endüstri devrimi öncesi dünyanın nüfusu 1 milyarın altındaydı ve iş gücünün önemli bir bölümü tarım sektöründe yer almaktaydı. O zamanlar insan faaliyetlerinin iklim üzerindeki etkisi sınırlı idi. Sanayi devrimi sonrası dünyanın nüfusu hızlı bir şekilde artarak 2002 itibariyle 6,5 milyar gibi büyük bir rakama ulaştı. İnsanlar daha konforlu bir hayat ve daha yüksek bir refah seviyesi için, doğal kaynakları gittikçe artan bir şekilde kullanmaya başladı. Artan enerji ihtiyacını karşılamak için daha fazla kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtları kullanılması neticesinde, atmosfere iklimdeki dengeyi tehdit edecek boyutlarda kirleticiler salındı.

3.3 İklim Değişikliğinin Etkileri

İklim değişikliği ile ortalama sıcaklıklar artmakta, sıcak geçen gün sayıları artmakta, soğuk geçen gün sayıları azalmakta, daha fazla ani, sağanak yağmurlu gün ve sel olasılığı artmaktadır. Bunun tersine kurak gün sayıları da artmaktadır. Ayrıca denizlerin yükselmesi ile sahil kesimlerinden göçler, su, toprak ve ekin verimi nedeniyle ortaya çıkacak gıda eksiliklikleri ile sonuçlanmaktadır.

Atmosferdeki sıcaklık artışına belki de en dramatik tepki kutuplar ile dağlardaki buzullardan gelmektedir. Özellikle kuzey Kutbu'nun iklim değişikliğinin merkezi olduğu düşünülmektedir. En fazla ısınmanın meydana geldiği yer de burasıdır. Uydu gözlemleri Arktik Deniz buzullarının kapladığı alanın 1979 yılından 2007 yılına kadar %38 küçüldüğünü göstermektedir. Grönland ve Antartika buzullarında büyük hacimlerde erimeler meydana gelmiştir. Dağ buzulları da önemli oranlarda erimiştir. Hatta Himalayaların buzullarının bu gidişle 2030 yılına kadar tamamen eriyebileceği tahmin edilmektedir. Doğal olarak bu erimeler (özellikle Grönland, Antarktika ve dağ buzullarının erimesi) deniz su seviyesinin yükselmesine neden olmaktadır. Ölçümler, deniz seviyesinin 19. yüzyılın sonlarından itibaren 17 cm yükseldiğini göstermektedir. Dahası, deniz seviyesinin yıllık yükselme oranı 1990 öncesinde 2 mm iken, son yıllarda 3,4 mm'ye ulaşmıştır. Deniz seviyesindeki bu yükseliş ve hava sıcaklığındaki artış en çok ada halklarını etkilemektedir (309). Değişik büyüklükte adalara sahip bir ülke ve herşeyden önce 3 tarafı denizlerle çevrili bir ülke olarak denizlerle ilgili sorunlar ülkemizi yakından ilgilendirmektedir. Uluslararası İklim Değişimi Paneli (IPCC)'nin hesaplarına göre dünya genelindeki deniz seviyesinin 21. yüzyılda 0,18 m ile 0,59 m arasında yükselmesi beklenmektedir. Deniz seviyesinin yükselişi yüzünden bazı adaların (Tuvalu, Tonga, Kiribati, Marshall ve Maldiv adaları) su altında kalması beklenmektedir (310). Kiribati ve Maldiv adaları şu anda iklim değişiminden etkilenmekte ve gelecekte olacak deniz yükselmesine karşı halklarını taşıyabilecekleri yeni topraklar satın almaya çalışmaktadırlar. Daha büyük adaların ise bu değişimle topraklarının önemli bir kısmını kaybetmeleri ve ekolojik sistemlerinin deniz kenarlarından içeriye doğru olan göçler yüzünden bozulması beklenmektedir. Bu değişimler tahmin edilebileceği gibi, gıda rezervlerini olumsuz yönde etkileyecektir (311).

Hava sıcaklığının artmasıyla ilintili olarak, deniz yüzeyinde ısı da artmaktadır (310). Birçok bölgede mercan kayaları sıcaklık artışlarına adapte olamayarak ölmektedirler. Mercan kayalarının ölümü tüm ekolojik sistemi bozmakta, balıkların göçüne neden olmakta ve özellikle adaları okyanus dalgalarına ve fırtınalara karşı korumasız bırakmaktadır (312).

İklim değişikliklerine etki eden en önemli etmenlerden bir tanesi de Atlantik Okyanusundaki sıcak su akıntılarıdır. Bu akıntılar kutupların erimesi sonucu giderek yavaşlamaktadırlar. Tamamen durmaları durumunda kuzey yarıküredeki pek çok yer buzul çağındaki kadar soğuk bir iklimle karşı karşıya kalabilir.

Ölçümlere dayanan bütün bu veriler, geçmişte meydana gelmiş ve halen devam etmekte olan değişimleri ortaya koymaktadır. Asıl merak edilen konu ise, gelecekte bizi nasıl bir dünyanın beklediğidir. Ulaştığımız bilimsel ve teknolojik seviye ile bu soruya kesin olmasa da kabul edilebilir bir belirsizlik aralığında cevap vermemiz mümkün olmaktadır. Burada en önemli belirsizlik, başta karbondioksit olmak üzere sera gazlarının, içinde bulunduğumuz yüzyılda nasıl değişeceği ile ilgilidir. IPCC, bu nedenle, tek bir sera gazı emisyon senaryosu oluşturmak yerine, ekonomik gelişme ve çevreye duyarlılık hikayeleri üzerine kurgulanan bir dizi sera gazı emisyon senaryosu üretmiştir. Bu konularda hem iyimser hem de kötümser gelişmeleri içeren bu senaryolar ile, 2100 yılına kadar seragazlarının atmosferdeki değişimleri elde edilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, ister iyimser ister kötümser olsun, üretilen senaryoların hepsinin gerçekleşme ihtimali dahilinde olduğudur. XXI. YY için elde edilen sera gazı değişimleri iklim modellerine girdi olarak verilerek iklim simülasyonları gerçekleştirilmekte ve iklim değişikliği projeksiyonları üretilmektedir.

Bu projeksiyonlar XXI. YY'da küresel ortalama yüzey ısınmasının en iyi tahminlere göre 1,8-4,0 °C arasında olacağına işaret etmektedir. Ayrıca XXI. YY'da küresel ortalama deniz seviyesi artışının 18–59 cm arasında olacağı beklenmektedir. IPCC'nin 2007 yılında yayınladığı 4. Değerlendirme Raporunda bunlara ek olarak, gelecekte karla kaplı alanlarda daralma ve deniz buzullarında azalma kaçınılmaz (hemen hemen kesin), aşırı sıcaklıkların, sıcaklık dalgalarının ve şiddetli yağışların oluşması kuvvetle muhtemel olarak tasvir edilmektedir. Ayrıca yukarı enlemlerde yağışın artması ve Tropikler altı karasal alanlarda yağışın azalması da kuvvetle muhtemel olarak ifade edilmektedir. A.B.D'nin batısı ve Akdeniz havzasını da içeren yarı kurak alanlarda su kaynaklarının azalacağına ise hemen hemen kesin gözü ile bakılmaktadır.

3.3.1 Türkiye'deki Durum

TBMM Araştırma Komisyonu tarafından hazırlanan 2008 tarihli raporda da belirtildiği üzere Türkiye küresel iklim değişikliğinin potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasında yer almaktadır. İklimde gözlenen ve öngörülen değişiklikler özellikle su kaynaklarında azalma, orman yangınları, erozyon, tarımsal üretkenlikte değişiklik, kuraklık ve bunlara bağlı ekolojik bozulmalar, sıcak dalgalarına bağlı ölümler ve vektör kaynaklı hastalıklarda artışlar gibi yönlerden olumsuz etkileneceği öngörülmektedir (302).

Genelde küresel iklim model simülasyonları kullanılarak hazırlanan IPCC'nin son raporundaki bilgilere göre ülkemiz bu yüzyılın başlarında (2020-2029) değişik senaryolara göre, 0,5 ile 1,5 °C arasında, yüzyılın sonlarında (2090-2099) ise yine değişik senaryolara göre, 2 ile 5 °C arasında sıcaklık artışına maruz kalacaktır. Yağışa baktığımızda, en kötümser senaryolardan birine göre yüzyılın sonlarına doğru kış yağışlarında Türkiye'nin güney yarısında önemli azalmalar ve yaz yağışlarında ise yurt çapında önemli azalmaların tahmin edildiğini görebilmekteyiz.

Küresel iklim modellerinin çözünürlükleri bütüncü için çalıştırıldıklarından düşüktür. Ülkemiz için gerçekleştirilen simülasyonlar mevcuttur. Nispeten kötümser bir senaryoya (IPCC'nin A2 emisyon senaryosu) göre gerçekleştirilen simülasyonun sonuçlarına baktığımızda, içinde bulunduğumuz yüzyılın sonlarına doğru, Türkiye'de sıcaklıkların 2 ile 6 derece arasında yükseleceği, en küçük artışın kış mevsiminde ve en yüksek artışın yaz mevsiminde olacağını görebiliriz. 2040'lı yıllara kadar sınırlı kalacak sıcaklık artışı, bu tarihlerden itibaren Türkiye ve bulunduğu bölgede hızla artacaktır. Artışlar bölgesel farklılıklar göstermekle beraber, bazı bölgelerde 6 °C'lere kadar ulaşacaktır. Yüzyılın sonlarına doğru gece-gündüz sıcaklık farklarında da artışlar meydana gelecektir. Yaz mevsiminde ardışık aşırı sıcak günlük dönemler, Akdeniz Bölgesi'nin kıyı kesiminde ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde artacaktır. 35 °C'den sıcak günlerin sayısı da, daha çok yaz ve güz mevsimlerinde ülkemizin önemli bir bölümünde artacaktır.

Yağışlardaki değişim ise oldukça farklıdır. Mevsimsel olarak bakıldığında kış ve ilkbahar yağışlarında ülkemizin güney kesimlerinde ciddi azalışlar ve kuzey kesimlerinde ise artışlar öngörülmektedir. Ancak ülkemize düşen toplam yağış miktarında azalma beklenmektedir. Ardışık kurak günler sayısında, ortalama yağış değişimine benzer değişiklikler olacaktır. 10 mm'den fazla yağışlı günler sayısı ise ülkemizin büyük bölümünde hemen her mevsim azalacaktır. Akdeniz bölgesinin kış yağışlarında yüzyılın ortalarından itibaren kalıcı ciddi bir azalma meydana gelecektir. Özellikle Fırat ve Dicle gibi büyük nehirlerimizi besleyen Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki kar örtüsünde sıcaklık artışından dolayı meydana gelecek azalma yüzey akışında önemli mevsimsel değişikliklere yol açacaktır. Kar birikme dönemi olan kış mevsiminde daha az kar birikecek, daha çok su akışa geçecektir. Kar erime döneminde ise daha az birikmiş kar olacağından, daha az yüzey akışı meydana gelecektir. Bu nedenle nehirlerdeki akış rejimi değişecektir. Kış aylarında debiler yükselirken, ilkbahar aylarında düşecektir.

Türkiye’de Su Kaynakları ve Tarıma Potansiyel Etkileri konusu TBMM araştırma komisyonu raporunda incelenmiş olup ülkemiz için ciddi su ve tarımsal tehditler saptanmıştır.

3.3.2 İklim Değişikliğinin Sağlık Üzerine Etkileri

Dünya Sağlık Örgütü (313), Avrupa Solunum Derneği (ERS) (314), Avrupa Allerji ve Klinik İmmünoloji Akademisi (EAACI) (315) ve Amerikan Toraks Derneği (ATS) (308), TBMM (302) gibi pekçok kuruluş iklim değişikliğinin sağlık etkileri üzerine dikkat çekmektedir. İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerine etkileri başlamış olmakla birlikte esas olarak önümüzdeki 5-50 yıl içinde belirginleşeceği öngörülmektedir (303). İklim değişikliğine bağlı olası sağlık etkileri Tablo 10’da gösterilmektedir.

Tablo 10. Küresel Isınma ve İnsan Sağlığına Olası Etkileri

Hava Olayı	Sağlık Üzerindeki Etkisi	En çok Etkilenen Kesim
Sıcak Dalgaları	Termal stres	Solunum hastalığı olan kişiler, atletler, bebekler, çocuklar ve yaşlılar
Sıra dışı hava olayları (Yağmur, fırtına, kasırga, sel)	Yaralanmalar, boğulma	Kıyılarda, alçak alanlarda yaşayanlar, düşük gelir seviyesindeki kişiler
Kuraklık, sel, ortalama sıcaklık artışı	Taşıyıcı (yiycek ve sudan) kaynaklı hastalıklar	Toplumun büyük bir kısmı risk altındadır
Deniz seviyesinin yükselmesi	Yaralanmalar, boğulmalar, su ve toprakta meydana gelen tuzlanma, ekolojik ve ekonomik bozulmalar	Kıyılarda yaşayanlar ve düşük gelir seviyesindeki kişiler
Kuraklık, eko sistem göçü	Gıda ve su kıtlığı, yetersiz beslenme	Düşük gelir seviyesindeki kişiler, yaşlılar ve çocuklar
Aşırı hava olayları, kuraklık	Kitlesele nüfus hareketleri, uluslararası çatışmalar	Genel olarak toplumun tümü

Yer seviyesindeki ozon artışı, havadaki allerjen miktarındaki ve diğer kirletici miktarlarındaki artış	Solunumsal hastalıklarda artış, (KOA, astım, allerjik rinit, bronşit)	Yaşlılar, çocuklar, solunum yolu hastalığı olanlar
Genel olarak iklim değişikliği; sıra dışı olaylar	Ruh sağlığı	Gençler, evsizler, tarım kesiminde çalışanlar, düşük gelir seviyesinde olanlar

İklim değişiminin direkt sıcaklık etkisi ile birlikte, aşırı hava olayları, hava kirliliği, allerjik hastalıklar, su ve gıda kaynaklı enfeksiyonlar, vektör kaynaklı ve zoonotik hastalıklar dolayısı ile de insan sağlığını etkileyebileceği belirtilmektedir (303;316). Özellikle, sıcak dalgalarına bağlı ölüm ve akut morbidite sayısında artış; zemin seviyesindeki yüksek ozon konsantrasyonları nedeniyle kardiyorespiratuvar olayların sıklığında artış, geniş bir alana yayılmış sınır ötesi hava kirliliği (yangınlar ve aerosoller ile ilişkili) nedeniyle solunum hastalıklarının ortaya çıkma oranında artış; allerjenlerin ve bazı enfeksiyöz hastalık vektörlerinin zamansal ve mekansal dağılımında değişme olabileceği öngörülmektedir (3). Şekil 6’da iklim değişikliğinin sağlık üzerine etkileri ve olası önleme ve uyum politikaları özetlenmiştir.

Toplumun iklim değişikliğinden etkilenmesini belirleyen etmenler nüfus yoğunluğu, ekonomik gelişmişlik düzeyi, mevcut gıda kaynakları, yerel çevre koşulları, sağlık düzeyi (mevcut hastalıklar), sağlık hizmetlerine ulaşım, sağlık hizmetlerinin kalitesi ve halk sağlığı altyapısıdır.

Özellikle çocuk, yaşlı, özürlü ve yoksullar; astım, KOA, kalp hastalığı gibi sağlık sorunu olan kişiler değişimden daha fazla etkilenmektedirler.

İklim değişikliğini önlemeye yönelik insan faaliyetlerinin de olası sağlık sonuçları olacağı beklenmektedir. Örneğin biyoyakıt üretimine yönelik gittikçe artan tarımın getireceği etkiler veya barajların yapılması ile değişecek parazitik enfestasyonlar, göçler vb. Ayrıca kısıtlı kaynakların ele geçirilmesi ve sadece bu nedenle ortaya çıkacak savaşların olasılığından bahsedilmektedir (317).

3.3.2.1 Sıcaklık Dalgaları ve Termal Stres

Global sıcaklıklar 1970’lerin sonlarından bu yana belirgin şekilde artmıştır. Sıcak hava dalgaları, kalp-damar, beyin-damar ve solunumsal ölümleri

tetiklemektedir. Özellikle şehirlerde ortaya çıkan sıcak adalar etkisi önemli olmaktadır (303;314). $\geq 35^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklara erişilen 2003 sıcak dalgası Avrupa çapında 40,000'den fazla ölüme neden olmuştur (318). Özellikle kardiyovasküler, serebrovasküler ve solunum yolu hastalığı olan yaşlılar ısı artışından belirgin etkilenmektedir. İtalya'da 2003 yazında 65 yaş üstü olanlar sıcak günlerde daha yüksek solunum hastalığı riski ve %34 daha yüksek ölüm riski yaşamışlardır (319). Sıcak dalgası sırasında uygun iklim kontrolü olmayan bir hastanede sıcak ile ilişkili mortalite kadınlarda (319) ve KOAH hastalarında daha yüksek bulunmuştur (320).

Aşırı iklim olayları ruh sağlığına da etki etmektedir. Ör. 2004 tsunami felaketinde Sri Lanka'da sahil kesimindeki çocukların %14-39'unda post-travmatik stress bozukluğu görülmüştür (303;314).

Termal stres senkop, kramplar, bitkinlik ve inme gibi birçok sağlık sorunlarına yol açabilir. Termal stres su ve tuz kaybına, tansiyon yükselmesine ve serebral ve koroner tromboza yol açabilir (321).

Sıcaklık değişimi ve su kaynaklarının azalması tarımı etkileyebilir (322).

3.3.2.2 Kasırgalar, Fırtınalar, Seller ve Yangınlar

İklim değişikliğinin daha fazla sağanak yağış atakları, fırtına ve kasırgalarla ilişkili olması ve bunun da şiddetli sellere ve sonuç olarak göçlere, kötü yaşam koşullarına ve kötü beslenmeye yol açması olasıdır. Sıcaklık artışına bağlı yaşanacak seller ve kuraklık temiz su bulunabilirliği kötü yönde etkilemekte, özellikle ishalleri hastalıklarda (ör. Kolera) artışa, fiziksel yaralanma ve malnutrisyona sebep olabilir. Göçler sonucu artan nüfus kalabalığına bağlı olarak solunum yolu enfeksiyonlarında artış görülebilir. Nem ile birlikte maya ve küf artışı da solunum yolu semptomlarını arttırabilir. Nem artışı hem çocuklar hem de erişkinlerde öksürük ve hırıltılı solunum ile ilişkili bulunmuştur (323). ABD'de bir çalışmada rutubet ve küf maruziyetinin tüm astım olgularının beşte birine katkıda bulunduğu gösterilmiştir (324). Ayrıca anksiyete ve depresyon gibi psikiyatrik hastalıklar da ekonomik kayıplar ve çevre değişikliği nedeniyle görülebilir.

3.3.2.3 Vektör ve Zoonotik (VBZ) Hastalıklar

İklimsel varyasyonlar doğrudan vektör kaynaklı enfeksiyonların epidemiyolojisini etkilemektedir. Isı ve nem değişimi vektörlerin beslenmesi,

maturasyonu ve hayatta kalmasına etki etmektedir. Sıtma tüm dünyada 100'ün üzerinde ülkeyi etkileyen önemli bir vektör kaynaklı enfeksiyondur. Sıtmanın bir milyonunun üzerinde ölüme sebep olduğu ve Afrika'da özellikle 5 yaş altındaki çocuklarda en ciddi ölüm nedeni olduğu tahmin edilmektedir (321). Toplam dünya nüfusunun %40'nın sıtma açısından riskli olduğuna ve iklim değişimi ve sıtma yayılımı arasında sinerjistik bir etki olduğuna dikkat çekilmektedir.

Vektör kaynaklı diğer enfeksiyonlar arasında Dang Humması ve hanta virus enfeksiyonları da sayılmaktadır (321).

Kırım Kongo Kanamalı Ateşinin (KKKA) tanısı, Türkiye'de ilk defa 2002 yılında konmuş ve 2003 ile 2004 yıllarında yaygın olarak görülmüştür. Vakalara, temel olarak Tokat, Sivas ve Yozgat olmak üzere üç ilde rastlanmıştır. Vakaların tümü, hayvancılıkla uğraşan kişilerde görülmüş ve %53'ünün öyküsünde kene ısırması görülmüştür. Tokat, Sivas ve Yozgat istasyonlarından alınan meteorolojik veriler, son iki yılda çoğu KKHK vakasının bildirildiği 1930-2004 yılları için analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, bölgede, Nisan ayında, sıcaklığın 5°C'nin üstünde olduğu gün sayısı ve günlük ortalama sıcaklıklara bağlı olarak salgında önceki yıllara göre büyük oranda artış görülmüştür (302).

3.3.2.4 Su ve Yiyecek Kaynaklı Hastalıklar

Su kaynaklarının kirlenmesi kolera ishallerine sebep olmaktadır (321).

3.3.2.5 Enfeksiyonlar, Salgın Hastalıklar

İklim değişikliğine bağlı ısı artışıyla birlikte dang virüsleri Asya ve Güney Amerikanın soğuk bölgelerini de etkilemeye başlamıştır. Su kaynaklarının kirlenmesi kolera ishallerine, hava kirliliği ve polen yoğunluğunun artışı da solunum yolu enfeksiyonlarının artışına sebep olmaktadır (321). İklim değişikliğinin solunum enfeksiyonları üzerindeki genel etkisinin ılımlı olması olasıdır ve hatta faydalı olabilir.

Dünya Sağlık Örgütüne göre İklim değişiminden etkilenecek enfeksiyöz hastalıklar şunlardır (306):

- 1- Kuş gribi
- 2- Kene (*tick-borne babesia*) ve Kırım Kongo Kanamalı Ateşi
- 3- Kolera

- 4- Ebola
- 5- Parazitler
- 6- Veba
- 7- Lyme hastalığı
- 8- Zararlı deniz yosunları (*red tides of algal blooms*)
- 9- Kızıl humma (*red valley fever*)
- 10- Uyku hastalığı
- 11- Verem (tüberküloz) (göçlere bağlı artış)
- 12- Sarı humma (*yellow fever*)

3.3.2.6 Stratosferik Ozon Azalması ve Ultraviole Radyasyonu Etkileri

UV radyasyon iklim değişiminden farklı olarak ele alınsa da DSÖ iklim değişikliği ile stratosferde ozon azalması arasında ilişki olabileceği ve artan UV maruziyetine bağlı deri kanseri vakalarında artış olabileceğini bildirmektedir (303).

3.3.2.7 Solunumsal Hastalıklar

İklim değişikliğinin solunumsal hastalığı olan kişiler üzerindeki etkisi, çevre ısısının şu anki seviyelere göre hangi derecede artacağı, sınır ötesi hava kirliliğinin kısa vadeli değişiklikleri, sıcak dalgaları, sel ve aşırı yağmur riski yanı sıra bu değişikliklerin sağlıkla ilişkili hava kirliliği, allerjenler ve küf gibi diğer faktörler üzerindeki etkisine bağlı olarak değişiklik gösterecektir (314).

Küresel ısınmaya yol açan sera gazı salınımlarının solunumsal etkileri değişkendir.

Karbondioksit: CO₂ direkt olarak solunum hastalık yapmaz. Ancak dolaylı olarak kronik havayolu hastalıklarını olumsuz etkilediği kabul edilmektedir. Artmış hava kirliliğinin bir hafta gibi kısa bir sürede dahi solunum fonksiyon testlerini etkileyebileceği gösterilmiştir (325). Özellikle ozon seviyesindeki artışın solunumsal mortaliteyi arttırdığı bildirilmiştir (326). Havada fungal spor ve polen yoğunluğunun artışına bağlı olarak astım semptomları kötüleşebilmektedir (327). Yine tek başına ısı artışları yaşlılarda ve KOAH gibi solunum yolu patolojisi olanlarda erken ölümlere yol açabilmektedir (314).

Ozon: Seviyesi endüstri öncesi döneme göre %36 oranında artmıştır (307). 2003 yılında Avrupa genelinde ısı artışının görüldüğü dönemde, atmosfer ozon düzeyinin de arttığı gözlemlenmiştir. Yapılan bir çalışmada artmış ozon seviyesinin mortalite ve toplum sağlığı üzerine olumsuz etkileri olduğu gösterilmiştir (328). Ozon, azalmış akciğer fonksiyonları (329), kronik solunum yolu hastalıklarının alevlenmesi (330), solunum yolu hastalıklarından kaynaklanan hastane yatışları (331;332) ve mortalite (93;333) ile ilişkili bulunmuştur. Özellikle güneşli sıcak yaz günlerinde, şehirlerde öğlen veya öğleden sonraki saatlerde yoğunluğu tehlikeli düzeylere ulaşabilmektedir. Ozon saatlerinde dış ortamda geçirilen saatler ve özellikle egzersiz durumu maruziyeti şiddetlendirebilmekte ve zarar riskini arttırmaktadır. Özellikle astımlılar, çocuklar, dış ortamda çalışan işçiler ve atletler risk altındadır (334).

Metan (CH₄): Oksijensiz çevrede mikrobik aktivite ile üretilir. Başlıca kaynak alanları ıslak alanlar, petrol ve gaz çıkarılması, organik çürümeler, akarsu havzaları, pirinç üretimi, gevis getiren hayvanların fermantasyonlarıdır (306). Metan seviyesi preendüstriyel döneme göre %148 düzeyinde artmıştır (314). Metan ölçümleri 2008 yılı itibarıyla halen 1.700 ppm'in üzerinde bulunmaktadır (308). Metan gazı CO₂'e göre sera gazı olarak daha düşük konsantrasyonda olmasına karşın, CO₂'den 20 kat fazla ısı artışı etkisine sahiptir (308). Metan ayrıca ozon konsantrasyonunun artışına da sebep olmaktadır (21). Bir çalışmada, metan yayılımında %20 düzeyinde azalmanın, ozon yüzey konsantrasyonunda 1 ppm azalmaya yol açacağı belirtilmiş ve ozon düzeyindeki bu azalmanın herhangi bir nedene bağlı 30.000 erken ölümü engelleyebileceği öngörülmüştür (335).

Nitrik Dioksit (NO₂): Seviyesi son 200 yılda %18 düzeyinde yükselmiştir (314). Nitrik oksit karbondioksite göre ısı artışında 310 kat daha etkin bir gazdır (314). Nitrik oksit çocuklarda solunum yolu enfeksiyonlarına ve bozulmuş solunum fonksiyonlarına sebep olabilmektedir (336). Ayrıca erişkinlerde ve çocuklarda astıma bağlı hastane yatışları ve mortalitede artış ile de ilişkili bulunmuştur (336).

Geniş bir alana yayılmış sınır ötesi hava kirliliği (yangınlar ve aerosoller ile ilişkili) nedeniyle solunum hastalıklarının sıklığında meydana gelen değişiklikler olabilir (303;314).

3.3.2.8 Allerjik Hastalıklar

İklim değışiklikleri ile birlikte aeroallerjenin üretimi de değışmektedir. İngiltere’de havanın sıcak olduğu dönemlerde polen sayımları daha yüksek bulunmuştur. Sedir, meşe ve huş ağacı polenleri Oklahoma’da sıcak kış dönemlerinde daha yüksek oranda saptanmıştır (337). Çalışmalar göstermiştir ki *ragweed* polen sayımları ısı ve CO₂ seviyesi artışı ile paralel olarak artmaktadır (337). Ayrıca ısı ve nem artışı küf konsantrasyonunu etkilemektedir. İngiltere’de yapılan bir çalışmada sıcak bir El nino olayının ardından küf konsantrasyonunun arttığı gözlemlenmiştir (338). Polen sezonu zamanı ve süresinin değışmesi de allerjik hastalık ataklarını etkilemektedir. Isı değışimleri ile birlikte bazı ağaç türlerinin polen üretim zamanlarında değışim olduğu görülmüştür (338). İklim değışimine uzun süreli yanıt olarak (50-100 yıl) bazı polen ve küf türlerinin dağılımında değışiklik, bazılarında da yok oluş görülebilir (338). Ayrıca kum fırtınası ve kasırga gibi hava faaliyetleri ile polenler uzun mesafelere taşınabilirler (338). Allerjik yakınmaların havada allerjen yoğunluğunun artışı ile beraber artacağı beklenebilir. Çalışmalarda polen yoğunluğunun artışı ile birlikte astım semptomlarına bağılı acil başvuruları arasında pozitif bir korelasyon olduğu gösterilmiştir (339). Polen konsantrasyonundaki artış ile birlikte allerjik rinit semptomlarında da kötüleşme gözlemlenmektedir (340). Toplum temelli kesitsel bir çalışmada sıcak ve nemli ortamlarda yaşayanlarda egzama oranı daha yüksek bulunmuştur (341). Fırtına, kasırga gibi ciddi hava olaylarına bağılı olarak artmış astım ve allerjik rinit atakları bildirilmiştir (337). Allerjen yükündeki herhangi bir artış ile beraber ozon seviyelerinin yükselmesi de astım ve allerjik rinit alevlenmelerinin daha fazla olmasına neden olacaktır (342).

3.3.2.9 Sahra (Afrika) Tozu

Toz fırtınaları çevre kirliliğine yol açan hava durumlarıdır. Bütün kuzey yarı küreyi etkileyen en büyük toz kaynaklarından biri kuzey batı Afrika’daki Sahra çölüdür. Sahra çölü, yaklaşık 9.400.000 km² yüzölçümü ile dünyanın en büyük çölüdür. Her yıl binlerce ton toz Sahra’dan kalkarak, Akdeniz ve Ege Kıyıları ve Atlantik okyanusuna doğru savrulur ve Karaibler ile Amerikaya kadar ulaşır (343;344).

Bu yeni bir olay olmamasına rağmen, son yıllardaki toz konsantrasyonundaki artış Batı Afrika’daki kuraklıktaki artışa bağlanmaktadır. Prospero ve ark. (345),

1965 ile 1998 arasında Karaibler'deki Barbados adasında yapılan toz ölçümleri ile Sahara bölgesindeki yıllık yağmur verilerini karşılaştırmışlardır. Bu karşılaştırma sonucunda Afrikadaki kuraklık ile Barbados'daki toz konsantrasyonunun doğru orantılı arttığını bulmuşlardır (345).

Sahra toz partiküllerinin büyüklüğünün 2,5 µg çapından daha küçük olduğu göz önünde tutulursa, bu partiküllerin kolaylıkla akciğere yerleşeceği açıktır. Amerika ve Avrupa'daki birçok epidemiyolojik çalışma bu büyüklükteki tozlara maruziyetin solunum hastalıkları nedeniyle ölümlere yol açtığını kanıtlamıştır (346). Çevre Koruma Örgütü (EPA - Environmental Protection Agency) bu çalışmaların sonuçlarını kullanarak, bu büyüklükteki tozlar için üst standardı yıllık ortalama 15 µg/m³ ve günlük ortalama 65 µg/m³ olarak belirlemiştir. Barbados'da yapılan ölçümler göstermiştir ki ilkbahar ve sonbahar aylarında havadaki tozun konsantrasyonu 100 µg/m³'ü geçmektedir (347). Yaz aylarında da toz Meksika Körfezi ve Amerikanın güneyine yayılmaktadır (348). Uzun zaman böylesi yüksek konsantrasyonda tozun solunması insan sağlığı açısından belirgin endişe doğurmaktadır. Ayrıca bu tozlar bakteri, virüs, mantar gibi mikroorganizmaları ve toprakta bulunan kimyasalları da taşımaktadır. Bu yüzden sağlığa olan olumsuz etkileri artmaktadır (349). Bu tozun insan sağlığına direkt etkileri dışında çevreye de etkisi büyük olmaktadır. Sahra tozu içerdiği demir nedeni ile deniz canlılarının yaşamını da etkilemektedir. Tozun içindeki demir, toksik planktonların deniz sularında artmasına neden olmaktadır; bu da deniz florasını bozup, mercan kayalıklarını öldürmekte ve deniz canlılarının yaşamını olumsuz etkilemektedir (350;351). Ayrıca birkaç çalışma, Sahra tozu'nun Atlantik okyanusundaki fırtınaların şiddetinin artmasında da etkili olduğunu göstermiştir (352;353).

Özellikle son yıllarda, medyanın da genişçe yer verdiği gibi Afrika üzerindeki alçak basınç sisteminin ve kuzey rüzgârların etkisiyle Sahra tozu, başta Güneydoğu Anadolu olmak üzere tüm Türkiye'yi etkilemektedir. Bu yüzden Sahra tozunun tanınması bölgesel iklim sistemleri yanında solunum sağlığı açısından da çok önemlidir.

3.3.2.10 Türkiye'deki Durum

Türkiye'de 14 ilde yapılan bir çalışmada, yıllık ortalama sıcaklığın her iki cinste astım ve hırıltı prevelansı ile ilişkili olduğu, ayrıca kadınlarda egzema ile

ilişkili olduğu gösterilmiştir (354). Yine yıllık nem oranındaki artışın kadınlarda astım sıklığını yükselttiği bildirilmiş, allerjik hastalıkların sıklığının gelecekte iklim değişikliğine bağlı olarak artabileceği ileri sürülmüştür (354). İklim değişikliğinin Türkiye'deki su kaynakları üzerine etkisini araştıran bir çalışmada, yıllar içinde tuz gölündeki tuz ve su oranının azaldığını bulmuştur (355).

Sorunlar

İklim değişikliğinin sağlık üzerine etkileri ve alınabilecek önlemler konusunda genel olarak ve ülkemiz için başlıca sorunlar şunlardır:

1. İklim değişiminin sağlıkla ilgili yönleri, riskleri ve bunları azaltma yolları ile ilgili toplumsal farkındalık ve bilinç durumu yetersizdir ve daha iyi düzeye çıkarılmalıdır. İklim değişikliğinin yerel, bölgesel, ülke ve dünya çapında sağlıkla ilgili etkilerine dair güvenilir bilgi kaynakları artmalıdır. Ve buna bağlı olarak da ilgili meslek grupları ve yönetim birimlerinin konuya gerekli duyarlılığı arttırılmalıdır.
2. İklim değişimi ile ilgili çevresel şartların, hastalık risklerinin ve hastalık oluşumlarının zaman trendleri konusunda bilgi sistemi geliştirilmelidir.
3. İklim değişimine bağlı olabilecek sağlık etkilerini tahmin etme ve modelleme kapasitesi arttırılmalıdır.
4. İklim değişimi ve sağlık sonuçları arasındaki ilişkileri daha iyi anlamak için bilimsel taban geliştirilmelidir.
5. Sıcaklık dalgaları gibi belirli sağlık tehditlerine karşı en fazla risk altındaki nüfus grupları ve yerleşimleri ile ilgili veri tabanları geliştirilmelidir.
6. Türkiye'nin ve dünyanın iklim değişiminin sağlık üzerindeki etkileri konusunda Sağlık Bakanlığı dışındaki diğer hükümet ve devlet organları, özel sektör, sivil toplum kuruluşları, üniversiteler ve uluslararası kuruluşlar arasında daha etkin işbirliği programları gereklidir (ör. Bu GARD projesi gibi).
7. Bu konuda çalışan her türlü kurum ve kuruluşlara önderlik etme gereği vardır.

8. Sıcaklık dalgaları, ciddi atmosferik olaylar ve enfeksiyöz hastalıklara karşı hazırlık ve yanıt planları (influenza eylem planı gibi) geliştirilmeli ve devreye sokulmalıdır.
9. Ulusal ve küresel hazırlıklara katılacak yerel yönetimlerin, sağlık müdürlüklerinin, özel sektörün ve diğer kuruluşların teknik destek ve önerilere gereksinimi vardır.
10. İklim değişikliğinin yaratacağı sağlık tehditlerine yanıt verebilecek deneyimli yeni jenerasyon halk sağlığı görevlileri ve bu konuda gereksinim duyulacak diğer iş gücünü yetiştirmek gereği vardır.

3.4 Çözüm Önerileri

Yerel sorunlarla, bölgesel ve küresel sorunların güçlü bir ilintisi olabildiğinin belki de en belirgin örneklerinden birisi küresel ısınma ve küresel iklim değişimi konularıdır.

İklim Değişikliğinin getirdiği sorunlarla mücadele başlıca üç ana başlıkta toplanabilmektedir (314).

- 1) Düzeltme – Önleme Çalışmaları: Başta Sera gazı salınımlarının azaltılması olmak üzere küresel ısınma ve iklim değişikliğini düzeltici, önleyici çalışmalar.
- 2) Etkilerin Yönetimi
- 3) Uyum Çalışmaları (Adaptasyon): Zaten meydana gelmiş ve gelecek iklim değişikliğinin toplum sağlığına etkilerini önleyici, azaltıcı çalışmalar.

3.4.1 İklim Değişimini ve Etkilerini Önleyici Çalışmalar

3.4.1.1 Sera Gazlarını Azaltma Politikaları

Sera gazlarının azaltılması konusunda ulusal bir hedef belirlenmelidir.

Sera gazlarının azaltılmasına yönelik başlıca alt başlıklar şunlardır:

- Enerjinin verimli kullanılması,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanma,
- Yutak alanların artırılması ve ormanların korunması,
- Düzenli katı atık depolama alanlarından ortaya çıkan metan gazından elek-

- trik üretilmesi,
- Kaliteli yakıt kullanılması.

3.4.1.2 Etkilerin Yönetimi ve Uyum Çalışmaları

3.4.1.2.1 Teknolojik Gelişme Düzeyi

Çevre dostu teknolojilerin kullanımı özendirilmeli, üretiminde ve tüketiminde kamu teşvikleri arttırılmalıdır.

3.4.1.2.2 Standart Yaşam Şartları ve Yerel Çevre Durumu

- Sosyal adalet ilkesi ön plana çıkarılarak, yoksulluğun toplum içerisinde yaygınlaşması engellenmelidir. Çünkü yoksulluk çevre sorunlarının önemli tetikleyicilerinden biridir.
- Ürün fiyatlandırılmasında çevre maliyetleri de göz önünde tutulmaya başlanmalıdır.
- Sürdürülebilir tüketim anlayışı yaygınlaştırılmalıdır. Bunun için tüketici bilinci ve tercih hakkı arttırılmalı, inovatif politikalar desteklenmeli, yeşil ürünlere talep artışı desteklenmeli, ortak sorumluluk dağıtılmalıdır.
- Şehirleşmenin iklim ve meteorolojik şartlar düşünülerek kurgulanması
- Yeşil alanların kent içerisinde daha fazla yer bulması,
- Yoğun trafik ve endüstri gibi emisyon kaynaklarının yaşam alanlarının dışına çıkarılması

3.4.1.2.3 Mevcut Sağlık Durumu

3.4.1.2.4 Sağlık Sistemi ve Ulaşılabilirlik

3.4.1.2.5 Halk Sağlığı Alt Yapısı

3.4.2 Uyum Çalışmaları

Sağlık sistemi temelli yaklaşım şu şekilde olabilir (303;356):

3.4.2.1 Enfeksiyon Hastalıklarına Karşı Alınacak Önlemler

- Aşılama programları
- Artmış ve artacağı öngörülen enfeksiyon hastalıklarına karşı ilaç temini önlemlerinin almak.

3.4.2.2 Hastalık Sürveyansı

- İklim değişikliğinin yerel, bölgesel, ülke ve dünya çapında sağlıkla ilgili etkilerine dair güvenilir bilgi kaynağı sistemi oluşturmak,
- Sıcaklık dalgaları gibi belirli sağlık tehditlerine karşı en fazla risk altındaki nüfus gruplarını ve yerleşimlerini belirlemek.

3.4.2.3 Koruyucu Teknolojiler

- İklim değişimi ve sağlık sonuçları arasındaki ilişkileri daha iyi anlamak için bilimsel alt yapıyı geliştirmek,
- Ulusal ve küresel hazırlıklara katılacak yerel yönetimler, sağlık müdürlükleri, özel sektör ve diğer kuruluşlara teknik destek ve öneriler sunmak.

3.4.2.4 Hava Tahmini ve Uyarı Sistemi

Ülkemiz kentleri için doğru bir hava kalitesi yaklaşımı kaçınılmazdır. Problemlerin doğru tesbiti ile hızla alınacak kararlar etkili ve uzun süreli çözümleri beraberinde getirecektir.

- İklim değişimine bağlı olabilecek sağlık etkilerini tahmin etme ve modelleme kapasitesini arttırmak, genişletmek
- Doğru yerlerde ve yaygın olarak yapılan hava kalitesi ölçümleri problemin ortaya konması açısından son derece önemlidir. Bununla birlikte, hava kirliliğinin etkilerinin en iyi şekilde anlaşılabilmesi ve etkili yöntem ve uygulamaların hayata geçirilmesi amacıyla modelleme yaklaşımının yapılması kaçınılmazdır. Bu amaçla ülkemiz için hazırlanmış emisyon envanterinin yanısıra, büyük şehirlerimiz için oluşturulmuş detaylı emisyon envanteri çalışmalarına gerek vardır. Emisyon envanteri çalışmalarını takip edecek olan modelleme yaklaşımı ile son derece doğru ve çeşitli bilgilerin kent için elde edilmesi mümkün olacaktır. Tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, doğru ve olabildiğince detaylandırılmış emisyon envanteri ve model çalışmaları ile kent hava kirliliğinin tesbiti, etkileri ve çözüm yolları ortaya konabilecektir.
- Kenti bütünüyle temsil edecek bir gözlem ağının birçok gaz ve aerosol kirleticileri ölçecek şekilde oluşturulması,

- Gözlemlerin doğrulanması ve daha büyük alanların değerlendirilebilmesi amacıyla uydu verilerinden yararlanılması,
- Özellikle şehirleşmenin görüldüğü kentlerimizde tüm emisyonları içerecek şekilde, detaylı ve doğru bir emisyon envanterinin oluşturulması,
- Tüm ülke için tutarlı, sürekli ve tüm emisyonları içeren bir envanterin geliştirilmesi,
- Uzun mesafeli taşınımın önemi düşünülecek olursa, şehirlerimizin ve ülkemizin yanısıra bölgesel ölçekte (örneğin Sahra etkisini içerecek şekilde) envanter çalışmalarının da gerçekleştirilmesi,
- Tüm modern şehirlerde olduğu gibi atmosferik model yaklaşımının kurgulanması,
- Farklı disiplinlerden uzmanların hava kirliliğinin değişik boyutlarını birlikte ele alması,

3.4.2.5 Kriz yönetimi ve afet hazırlığı

- İklim değişimi ile ilgili çevresel şartlar, hastalık riskleri ve hastalık oluşumlarını izleme sistemi kurmak
- Sıcaklık dalgaları, ciddi atmosferik olaylar ve enfeksiyöz hastalıklara karşı hazırlık ve yanıt planları geliştirmek ve devreye sokmak
- Hastane donanımlarını muhtemel bir salgın ve hastane başvurularındaki artış ile baş edebilecek şekilde arttırmak,

3.4.2.6 Halkın sağlık eğitimi ve koruyucu sağlık hizmetleri

- İklim değişiminin sağlıkla ilgili yönlerini, risklerini ve bunları azaltma yollarını halka, karar vericilere ve sağlık sunucularına anlatmak,
- İklim değişikliğinin yaratacağı sağlık tehditlerine yanıt verebilecek deneyimli yeni jenerasyon halk sağlığı görevlileri yetiştirmek ve bu konuda gerksinim duyulacak diğer iş gücü gelişimini teşvik etmek,
- Sağlık çalışanlarının iklim değişikliğine bağlı artmış enfeksiyon ve solunum hastalıkları konusunda sürekli mesleki gelişimini sağlamak,

3.4.2.7 Yasama ve Yürütme

- Konuyla ilgili yasalar gözden geçirilmeli, ihtiyaç halinde güncelleştirilmeli ya da yeni yasalar çıkarılmalıdır.
- Türkiye'nin ve dünyanın iklim değişiminin sağlık üzerindeki etkileri konusunda sağlık bakanlığı dışındaki diğer hükümet ve devlet organları, özel sektör, sivil toplum kuruluşları, üniversiteler ve uluslararası kuruluşlarla etkin bir şekilde çalışmak üzere iş birliği programları geliştirmek,
- Bu konuda çalışan her türlü kurum ve kuruluşlara önderlik etmek.

3.4.3 İklim Değişikliği ve Hava Kalitesi ile İlgili Kurum ve Kuruluşlar

3.4.3.1 Resmi Kuruluşlar

- Başbakanlık İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu (İDKK)
- Çevre ve Orman Bakanlığı
- Sağlık Bakanlığı
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
- Sanayi ve Ticaret Bakanlığı
- Tarım ve Köyişleri Bakanlığı
- Ulaştırma Bakanlığı
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
- Devlet Planlama Teşkilatı
- Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı
- Valilikler
- Türk Standartları Enstitüsü (TSE)
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)

3.4.3.2 Bilimsel Kuruluşlar

- Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)
- Çeşitli üniversitelerin çevre mühendisliği, meteoroloji mühendisliği, şehir planlamacılığı, orman mühendisliği ve diğer ilgili bölümler
- Bilimsel Mesleki Dernekler:
 - * Türk Toraks Derneği (TTD)
 - * Türkiye Solunum Araştırmaları Derneği (TÜSAD)
 - * Halk Sağlığı Uzmanları Derneği (HASUDER)

3.4.3.3 Sivil Toplum Kuruluşları

- Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB)
- Meslek Örgütleri:
 - * Türk Tabipleri Birliği (TTB)
 - * Mühendisler Odası
- Türkiye Çevre Vakfı
- Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı (TEMA)
- Türkiye Anıt –Çevre Turizm Değerlerini Koruma Vakfı
- Greenpeace-Türkiye
- Hayvanları Koruma Derneği
- Hayvan Hakları Federasyonu
- Tüketici Hakları Derneği
- Türkiye Çevre Vakfı
- Türkiye Çevre Koruma ve Yeşillendirme Kurumu
- Doğal Hayatı Koruma Derneği
- DenizTemiz / Turmepa
- Çevre ve Kültür Değerlerini Koruma ve Tanıtma Vakfı (ÇEKUL)
- Temiz Çevre Derneği
- Türkiye Çevre Koruma ve Yeşillendirme Kurumu

4 KAYNAKLAR

- (1) Bornehag CG, Sundell J, Weschler CJ, et al. The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case-control study. *Environ Health Perspect* 2004 Oct;112(14):1393-7.
- (2) Myers I, Maynard RL. Polluted air--outdoors and indoors. *Occup Med (Lond)* 2005 Sep;55(6):432-8.
- (3) HKGCC. The Clean Air Charter A Business Guidebook. Hong Kong: Hong Kong General Chamber of Commerce, 2006.
- (4) Gilbert NL, Gauvin D, Guay M, et al. Housing characteristics and indoor concentrations of nitrogen dioxide and formaldehyde in Quebec City, Canada. *Environ Res* 2006 Sep;102(1):1-8.
- (5) Krzyzanowski M, Cohen A. Update of WHO air quality guidelines. *Air Qual Atmos Health* 2008;1:7-13.
- (6) Kalogerakis N, Paschali V, Lekaditis A, et al. Indoor air quality—bioaerosol measurements in domestic and office premises. *Journal of Aerosol Science* 2005;36(5-6):751-61.
- (7) Ross MA, Curtis L, Scheff PA, et al. Association of asthma symptoms and severity with indoor bioaerosols. *Allergy* 2000 Aug;55(8):705-11.
- (8) Beaumont F, Kauffman HF, Sluiter HJ, De VK. A volumetric-aerobiologic study of seasonal fungus prevalence inside and outside dwellings of asthmatic patients living in northeast Netherlands. *Ann Allergy* 1984 Dec;53(6):486-92.
- (9) Siersted HC, Gravesen S. Extrinsic allergic alveolitis after exposure to the yeast *Rhodotorula rubra*. *Allergy* 1993 May;48(4):298-9.
- (10) ACGIH. Threshold limit values and biological exposure indices for 1989. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Cincinnati, OH 41; 1989.
- (11) Ren P, Jankun TM, Leaderer BP. Comparisons of seasonal fungal prevalence in indoor and outdoor air and in house dusts of dwellings in one Northeast American county. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 1999 Nov;9(6):560-8.
- (12) Fabian MP, Miller SL, Reponen T, Hernandez MT. Ambient Bioaerosol Indices for Indoor Air Quality Assessments of Flood Reclamation. *Journal of Aerosol Science* 2005;36:765-83.

- (13) Boreson J., Dillner AM, Peccia J. Correlating bioaerosol load with PM_{2,5} and PM₁₀ concentrations: a comparison between natural desert and urban-fringe aerosols. *Atmospheric Environment* 2004;38:6029-41.
- (14) Adhikari A, Martuzevicius D, Reponen T, et al. Performance of The Button Personal Inhalable Sampler for The Measurement of Outdoor Aeroallergens. *Atmospheric Environment* 2003;37:4723-33.
- (15) Dutkiewicz J, Jablonski L. *Occupational Biohazards*. Warszawa: Panstwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, 1989.
- (16) Gorny RL, DJ. Evaluation of Microorganisms and Endotoxin Levels of Indoor Air in Living Rooms Occupied by Cigarette Smokers and Nonsmokers, Sosnowiec, Upper Silesia, Poland. *Aerobiologia* 1998;14:235-9.
- (17) Jensen PA, Todd W.F., Davis GN, Scarpino PV. Evaluation of Eight Bioaerosol Samplers Challenged with Aerosols of Free Bacteria. *Am Ind Hyg Assoc J* 1992;53:660-7.
- (18) Godish T. *Indoor Environmental Quality*. Washington D.C: Lewis Publishers, 2001.
- (19) Abbott SP. *Molds And Other Fungi in Indoor Environments: Summary of Biology, Known Health Effects and References*. <http://www.precisionenv.com/PDFS/IndoorMolds1.pdf> 2002 [erişim tarihi 24.5.2010].
- (20) Fung F, Tappen D, Wood G. *Alternaria-Associated Asthma*. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 2000;15(12):924-7.
- (21) Hoog GSDE, Guarro J, Gené J, Figueras MJ. *Atlas of Clinical Fungi* (2nd ed.). Utrecht, Netherlands: Centraalbureau voor Schimmelcultures, 2000.
- (22) HO MH, Duggan FM, Jong SC. *Aspergillus and Cladophialophora in Culture: Descriptions and an Expanded Key*. *Mycotaxon* 1999;72:115-57.
- (23) Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. *Lancet* 2002 Oct 19;360(9341):1233-42.
- (24) U.S. EPA. *Air Quality Criteria for Particulate Matter (Final Report, Oct 2004)*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA 600/P-99/002aF-bF, 2004. 24-5-2010. Ref Type: Generic
- (25) Hoek G, Kos G, Harrison R, et al. Indoor-Outdoor Relationships of Particle Number and Mass in Four European Cities. *Atmospheric Environment* 2008;42(156):169.

- (26) Seaton A, MacNee W, Donaldson K, Godden D. Particulate air pollution and acute health effects. *Lancet* 1995 Jan 21;345(8943):176-8.
- (27) Branis M, Rezecova P, Domasova M. The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM₁₀, PM_{2,5} and PM₁ in a classroom. *Environmental Research* 2005;99(143):149.
- (28) Wallace L. Indoor particles: a review. *J Air Waste Manag Assoc* 1996 Feb;46(2):98-126.
- (29) Fromme H, DS, Twardelle D, et al. Particulate Matter in The Indoor Air of Classrooms-Exploratory Results From Munich and Surrounding. *Atmospheric Environment* 2007;41:854-66.
- (30) Luoma M, Batterman SA. Characterization of Particulate Emissions from Occupant Activities in Offices. *Indoor Air* 2001;11:35-48.
- (31) Monn C, Fuchs A, Hogger D, et al. Particulate Matter Less Than 10 μ m (PM₁₀) and Fine Particles Less Than 2.5 μ m (PM_{2,5}): Relationships Between Indoor, Outdoor and Personal Concentrations. *Science Total Environmental* 1997;208(15):21.
- (32) Park DU, Ha KC. Characteristics of PM₁₀, PM_{2,5}, CO₂ and CO Monitored in Interiors and Platforms of Subway Train in Seoul, Korea. *Environmental International* 2008;34:629-34.
- (33) Martuzevicius D, Grinshpun SA, Reponen T, et al. Spatial and temporal variations of PM(2.5) concentration and composition throughout an urban area with high freeway density-the Greater Cincinnati study. *Atmos Environ* 2004 Mar;38(8):1091-105.
- (34) Lippmann M, Frampton M, Schwartz J, et al. The U.S. Environmental Protection Agency Particulate Matter Health Effects Research Centers Program: a midcourse report of status, progress, and plans. *Environ Health Perspect* 2003 Jun;111(8):1074-92.
- (35) Boreson J, Dillner AM, Peccia J. Correlating bioaerosol load with PM_{2,5} and PM₁₀ concentrations: a comparison between natural desert and urban-fringe aerosols. *Atmospheric Environment* 2004;38:6029-41.
- (36) Janssen NAH, Van Klief PHN, Aarts F, et al. Assessment of Exposure to the Traffic Related Air Pollution of Children Attending Schools Near the Motorways. *Atmos Environ* 2001;38:3875-84.

- (37) Fromme H, Dietrich S, Heitmann D, et al. Indoor air contamination during a waterpipe (narghile) smoking session. *Food Chem Toxicol* 2009 Jul;47(7):1636-41.
- (38) Stranger M, P-VSS, Van Grieken R. Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium. *Environment International* 2007;33:789-97.
- (39) Güllü, G., M. Arısoy, A. Taner, O. O. Kuntasal, S. Menteşe, E. D. Güner, İç Ortam Havasında Biyoaerosol Seviyesinin Tespiti ve Giderim Yollarının Belirlenmesi, 106Y185 Nolu TÜBİTAK Projesi, Final Raporu, 2008.
- (40) Fromme H, Diemer J, Dietrich S, et al. Chemical and morphological properties of particulate matter (PM10, PM2,5) in school classrooms and outdoor air. *Atmospheric Environment* 2008 Sep;42(27):6597-605.
- (41) Jamriska M, Morawska L, Clark BA. Effect of ventilation and filtration on submicrometer particles in an indoor environment. *Indoor Air* 2000;10(1):19-26.
- (42) Wallace LA, Emmerich SJ, Howard-Reed C. Effect of central fans and induct filters on deposition rates of ultrafine and fine particles in an occupied townhouse. *Atmospheric Environment* 2004;38(3):405-13.
- (43) Fromme H, Twardella D, Dietrich S, et al. Particulate matter in the indoor air of classrooms - exploratory results from Munich and surrounding area. *Atmospheric Environment* 2007;41(4):854-66.
- (44) Güllü G, Menteşe S. Farklı Türdeki İç Ortamlarda Gözlenen İnce Partiküler Madde Konsantrasyonları, Boyut Dağılımları ve Mevsimsel Değişimleri. İzmir 2009.
- (45) Martuzevicius D, Grinshpun SA, Lee T, et al. Traffic-related PM2,5 aerosol in residential houses located near major highways: Indoor versus outdoor concentrations. *Atmospheric Environment* 2008;42(27):6575-85.
- (46) Gemenetzi P, Moussas P, Arditoglou A, Samara C. Mass concentration and elemental composition of indoor PM2,5 and PM10 in university rooms in Thessaloniki, northern Greece. *Atmospheric Environment* 2006;40(17):3195-206.
- (47) Hanninen OO, Lebret E, Ilacqua V, et al. Infiltration of ambient PM2,5 and levels of indoor generated non-ETS PM2,5 in residences of four European cities. *Atmospheric Environment* 2004;38(37):6411-23.
- (48) US EPA Integrated Risk Information System, 1998a. <http://www.epa.gov/iris> 1998 [erişim tarihi 30.5.2010].

- (49) US EPA. Carcinogenic effects of benzene: an update. Office of Research and Development, EPA/600/P-97001F. Washington, 1998b. 1998.
- (50) Hines AL, Ghosh TK, Loyalka SK, Warder RC. Indoor Air- Quality and Control. 1993. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- (51) Vural MS, Balanlı A. Yapı ürünü kaynaklı iç hava kirliliği ve risk değerlendirme de ön araştırma. Megaron YTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi 2005;1(1):28-39.
- (52) Lee CW, Dai YT, Chien CH, Hsu DJ. Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers. Environmental Research 2006;100(2):139-49.
- (53) Adgate JL, Church TR, Ryan AD, et al. Outdoor, indoor, and personal exposure to VOCs in children. Environmental Health Perspectives 2004;112(14):1386-92.
- (54) Dodson RE, Houseman EA, Levy JI, et al. Measured and modeled personal exposures to and risks from volatile organic compounds. Environmental Science & Technology 2007;41(24):8498-505.
- (55) Wieslander G, Norback D, Bjornsson E, et al. Asthma and the indoor environment: The significance of emission of formaldehyde and volatile organic compounds from newly painted indoor surfaces. International Archives of Occupational and Environmental Health 1997;69(2):115-24.
- (56) Lee SC, Guo H, Li WM, Chan LY. Inter-comparison of air pollutant concentrations in different indoor environments in Hong Kong. Atmospheric Environment 2002;36(12):1929-40.
- (57) Sandmeyer EE. Aromatic hydrocarbons. In: CLAYTON GD, CLAYTON FE, eds., Patty's Industrial Hygiene and Toxicology (3rd ed.). New York: Wiley, 1982. p. 3253-431.
- (58) Schlink U, Rehwagen M, Fritz GJ, Herbarth O. Indicator components of the outdoor pollution in Leipzig. Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft 1998;58(10):407-10.
- (59) Rehwagen M, Schlink U, Herbarth O. Seasonal cycle of VOCs in apartments. Indoor Air 2003;13(3):283-91.
- (60) Hansen DL. Indoor Air Quality Issues (1st ed.). New York: Taylor and Francis, 1999.

- (61) Baek SO, Kim YS, Perry R. Indoor air quality in homes, offices and restaurants in Korean urban areas - Indoor/outdoor relationships. *Atmospheric Environment* 1997;31(4):529-44.
- (62) Gokhale S, Kohajda T, Schlink U. Source apportionment of human personal exposure to volatile organic compounds in homes, offices and outdoors by chemical mass balance and genetic algorithm receptor models. *Science of the Total Environment* 2008;407(1):122-38.
- (63) Loh MM, Houseman EA, Gray GM, et al. Measured concentrations of VOCs in several non-residential microenvironments in the United States. *Environmental Science & Technology* 2006;40(22):6903-11.
- (64) Begerow J, Jermann E, Keles T, et al. Passive Sampling for Volatile Organic-Compounds (Vocs) in Air at Environmentally Relevant Concentration Levels. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* 1995;351(6):549-54.
- (65) Gilli G, Bono R, Scursatone E. Volatile Halogenated Hydrocarbons in Urban Atmosphere and in Human Blood. *Archives of Environmental Health* 1990;45(2):101-6.
- (66) Shields HC, Fleischer DM, Weschler CJ. Comparisons among VOCs measured in three types of US commercial buildings with different occupant densities. *Indoor Air-International Journal of Indoor Air Quality and Climate* 1996;6(1):2-17.
- (67) Berger F, Jacob J, Löschau G, Wolf U. Jahresbericht zur Immissionsituation 2000, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Dresden: Sächsisches Druck-Und Verlagshaus AG, 2001.
- (68) Mohamed MF, Kang DW, Aneja VP. Volatile organic compounds in some urban locations in United States. *Chemosphere* 2002;47(8):863-82.
- (69) Cheng L, Fu L, Angle RP, Sandhu HS. Seasonal variations of volatile organic compounds in Edmonton, Alberta. *Atmospheric Environment* 1997;31(2):239-46.
- (70) Weschler CJ. Ozone in indoor environments: Concentration and chemistry. *Indoor Air* 2000;10(4):269-88.
- (71) Tamas G, Weschler CJ, Toftum J, Fanger PO. Influence of ozone-limonene reactions on perceived air quality. *Indoor Air* 2006;16(3):168-78.
- (72) Claeson AS, Levin JO, Blomquist G, Sunesson AL. Volatile metabolites from microorganisms grown on humid building materials and synthetic media. *Journal of Environmental Monitoring* 2002;4(5):667-72.

- (73) Gao PF, Korley F, Martin J, Chen BT. Determination of unique microbial volatile organic compounds produced by five aspergillus species commonly found in problem buildings. *Aihaj* 2002;63(2):135-40.
- (74) Schleibinger H, Laussmann D, Brattig C, et al. Emission patterns and emission rates of MVOC and the possibility for predicting hidden mold damage? *Indoor Air* 2005;15:98-104.
- (75) Maroni M, Seifert B, Lindvall T. *Indoor Air Quality –A Comprehensive Reference Book*. Amsterdam: Elsevier, 1995.
- (76) Stellman JM, McCann M, Warshaw L, et al. *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. 4th edition International Labour Office. 4th. 1998. Geneva, International Labour Office.
- (77) Güler Ç, Çobanoğlu Z. İç ortam Hava Kirlenmesi. TC Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü. 1994. Ankara, TC Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- (78) Clarisse B, Laurent AM, Seta N, et al. Indoor aldehydes: measurement of contamination levels and identification of their determinants in Paris dwellings. *Environmental Research* 2003;92(3):245-53.
- (79) Evci D, Vaizoğlu S, Özdemir M, et al. Ankara’da 46 Kahvehanede Formaldehit Düzeylerinin Belirlenmesi. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni* 2005;3:129-35.
- (80) Mentese S, Gullu G. Variations and sources of formaldehyde levels in residential indoor air in Ankara, Turkey. *Indoor and Built Environment* 2006;15(3):273-81.
- (81) Gilbert NL, Guay M, Miller JD, et al. Levels and determinants of formaldehyde, acetaldehyde, and acrolein in residential indoor air in Prince Edward Island, Canada. *Environmental Research* 2005;99(1):11-7.
- (82) Sakai K, Norback D, Mi YH, et al. A comparison of indoor air pollutants in Japan and Sweden: formaldehyde, nitrogen dioxide, and chlorinated volatile organic compounds. *Environmental Research* 2004;94(1):75-85.
- (83) Whyatt RM, Garfinkel R, Hoepner LA, et al. Within- and between-home variability in indoor-air insecticide levels during pregnancy among an inner-city cohort from New York City. *Environmental Health Perspectives* 2007;115(3):383-9.

- (84) US EPA. Integrated Pest Management (IPM) in Schools, Protecting Children in Schools from Pests and Pesticides. <http://www.epa.gov/pesticides/ipm/2010> [erişim tarihi 31.5.2010].
- (85) Francis BM. Toxic Substances in the Environment. New York, USA: A Wiley-Interscience Publication, 1994.
- (86) McKenzie JF, Pinger RR, Kotecki JE. An Introduction to Community Health. Sudbury, Massachusetts: Jones and Barlett Publishers, 2002.
- (87) Bernstein JA, Alexis N, Bacchus H, et al. The health effects of nonindustrial indoor air pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2008;121(3):585-91.
- (88) Anderson ME, Bogdan GM. Environments, indoor air quality, and children. *Pediatr Clin North Am* 2007 Apr;54(2):295-307, viii.
- (89) Uysal N, Schapira RM. Effects of ozone on lung function and lung diseases. *Curr Opin Pulm Med* 2003 Mar;9(2):144-50.
- (90) Mudway IS, Kelly FJ. Ozone and the lung: a sensitive issue. *Mol Aspects Med* 2000 Feb;21(1-2):1-48.
- (91) Spix C, Anderson HR, Schwartz J, et al. Short-term effects of air pollution on hospital admissions of respiratory diseases in Europe: a quantitative summary of APHEA study results. *Air Pollution and Health: a European Approach. Arch Environ Health* 1998 Jan;53(1):54-64.
- (92) Medina-Ramon M, Zanobetti A, Schwartz J. The effect of ozone and PM10 on hospital admissions for pneumonia and chronic obstructive pulmonary disease: a national multicity study. *Am J Epidemiol* 2006 Mar 15;163(6):579-88.
- (93) Bell ML, McDermott A, Zeger SL, et al. Ozone and short-term mortality in 95 US urban communities, 1987-2000. *JAMA* 2004 Nov 17;292(19):2372-8.
- (94) Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, et al. Acute effects of ozone on mortality from the “air pollution and health: a European approach” project. *Am J Respir Crit Care Med* 2004 Nov 15;170(10):1080-7.
- (95) Bayram H, Sapsford RJ, Abdelaziz MM, Khair OA. Effect of ozone and nitrogen dioxide on the release of proinflammatory mediators from bronchial epithelial cells of nonatopic nonasthmatic subjects and atopic asthmatic patients in vitro. *J Allergy Clin Immunol* 2001 Feb;107(2):287-94.

- (96) Breyse PN, Buckley TJ, Williams D, et al. Indoor exposures to air pollutants and allergens in the homes of asthmatic children in inner-city Baltimore. *Environmental Research* 2005;98(2):167-76.
- (97) Schafer T, Heinrich J, Wjst M, et al. Indoor risk factors for atopic eczema in school children from East Germany. *Environmental Research* 1999;81(2):151-8.
- (98) Guo H, Lee SC, Chan LY. Indoor air quality in ice skating rinks in Hong Kong. *Environmental Research* 2004;94(3):327-35.
- (99) Becklake MR, Bagatin E, Neder JA. Asbestos-related diseases of the lungs and pleura: uses, trends and management over the last century. *Int J Tuberc Lung Dis* 2007 Apr;11(4):356-69.
- (100) Barış Yİ. Asbestos and Erionite Related Chest Diseases. Ankara: Semih Ofset, 1987.
- (101) World Health Organization (WHO). Elimination of Asbestos Related Diseases. Geneva; 2006.
- (102) US EPA. A Citizen's Guide to Radon The Guide to Protecting Yourself and Your Family From Radon. <http://www.epa.gov/radon/pubs/citguide.html> [erişim tarihi 31.5.2010];
- (103) Dales R, Liu L, Wheeler AJ, Gilbert NL. Quality of indoor residential air and health. *CMAJ* 2008 Jul 15;179(2):147-52.
- (104) Moeller DW. *Environmental Health*. Cambridge, London. England: Harvard University Press, 1992.
- (105) Fullerton DG, Bruce N, Gordon SB. Indoor air pollution from biomass fuel smoke is a major health concern in the developing world. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2008 Sep;102(9):843-51.
- (106) Ezzati M. Indoor air pollution and health in developing countries. *Lancet* 2005 Jul 9;366(9480):104-6.
- (107) Qian Z, He Q, Kong L, et al. Respiratory responses to diverse indoor combustion air pollution sources. *Indoor Air* 2007;17(2):135-42.
- (108) Smith KR, Samet JM, Romieu I, Bruce N. Indoor air pollution in developing countries and acute lower respiratory infections in children. *Thorax* 2000 Jun;55(6):518-32.
- (109) Liu Y, Lee K, Perez-Padilla R, et al. Outdoor and indoor air pollution and COPD-related diseases in high- and low-income countries. *Int J Tuberc Lung Dis* 2008 Feb;12(2):115-27.

- (110) Zhao Y, Wang S, Aunan K, et al. Air pollution and lung cancer risks in China--a meta-analysis. *Sci Total Environ* 2006 Aug 1;366(2-3):500-13.
- (111) Mishra VK, Retherford RD, Smith KR. Cooking with biomass fuels increases the risk of tuberculosis. *Natl Fam Health Surv Bull* 1999 Feb;(13):1-4.
- (112) Karlıkaya C, Kocabaş A, Mungan D, et al. Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıkları Önleme ve Kontrol Programı. Ankara: Sağlık Bakanlığı, 2009.
- (113) Chan-Yeung M, mich-Ward H. Respiratory health effects of exposure to environmental tobacco smoke. *Respirology* 2003 Jun;8(2):131-9.
- (114) Zhong L, Goldberg MS, Parent ME, Hanley JA. Exposure to environmental tobacco smoke and the risk of lung cancer: a meta-analysis. *Lung Cancer* 2000 Jan;27(1):3-18.
- (115) Deason JP, Tsongas TA, Cothorn CR. Sick buildings: what have we learned and what can be done? *Environ Engg and Policy* 1998;1:37-45.
- (116) Seppanen O, Fisk WJ. Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers. *Indoor Air* 2002;12(2):98-112.
- (117) Godish T, Spengler JD. Relationships between ventilation and indoor air quality: A review. *Indoor Air* 1996;6(2):135-45.
- (118) Redlich CA, Sparer J, Cullen MR. Sick-building syndrome. *Lancet* 1997 Apr 5;349(9057):1013-6.
- (119) Burge PS. Sick building syndrome. *Occup Environ Med* 2004 Feb;61(2):185-90.
- (120) Burge PS. Sick building syndrome. *Occup Environ Med* 2004 Feb;61(2):185-90.
- (121) Perdrix A, Parat S, Liaudy S, Maftre A. Syndrome des batiments malsains (SBM) . *Rev Fr des Laboratoire* 2005;375:67-72.
- (122) Graudenz GS, Kalil J, Saldiva PH, et al. Decreased respiratory symptoms after intervention in artificially ventilated offices in Sao Paulo, Brazil. *Chest* 2004 Jan;125(1):326-9.
- (123) Pesonen-Leinonen E, Tenitz S, Sjoberg AM. Surface dust contamination and perceived indoor environment in office buildings. *Indoor Air* 2004;14(5):317-24.
- (124) Mentese S, Arisoy M, Rad AY, Gullu G. Bacteria and Fungi Levels in Various Indoor and Outdoor Environments in Ankara, Turkey. *Clean-Soil Air Water* 2009;37(6):487-93.

- (125) Pekey H, Arslanbas D. The relationship between indoor, outdoor and personal VOC concentrations in homes, offices and schools in the metropolitan region of Kocaeli, Turkey. *Water Air and Soil Pollution* 2008;191(1-4):113-29.
- (126) Aydogdu H, Asan A. Airborne fungi in child day care centers in Edirne City, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 2008;147(1-3):423-44.
- (127) Ozkutuk A, Ceylan E, Ergor G, et al. The relationship between moulds isolated from indoor air and features of the house environment. *Indoor and Built Environment* 2008;17(3):269-73.
- (128) Mentese S, Gullu G. Variations and sources of formaldehyde levels in residential indoor air in Ankara, Turkey. *Indoor and Built Environment* 2006;15(3):273-81.
- (129) Cetinkaya Z, Fidan F, Unlu M, et al. Assessment of indoor air fungi in Western-Anatolia, Turkey. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology* 2005;23(2-3):87-92.
- (130) Ekmekcioglu D, Keskin SS. Characterization of indoor air particulate matter in selected elementary schools in Istanbul, Turkey. *Indoor and Built Environment* 2007;16(2):169-76.
- (131) Vaizoglu SA, Aycan S, Deveci MA, et al. Determining domestic formaldehyde levels in Ankara, Turkey. *Indoor and Built Environment* 2003;12(5):329-35.
- (132) Aydogdu H, Asan A, Otkun MT, Ture M. Monitoring of fungi and bacteria in the indoor air of primary schools in Edirne city, Turkey. *Indoor and Built Environment* 2005;14(5):411-25.
- (133) Pekey B, Bozkurt ZB, Pekey H, et al. Indoor/outdoor concentrations and elemental composition of PM10/PM2,5 in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey. *Indoor Air* 2010;20(2):112-25.
- (134) Güllü G, Arısoy M, Taner A, et al. İç Ortam Havasında Biyoaerosol Seviyesinin Tespiti ve Giderim Yollarının Belirlenmesi, 106Y185 Nolu TÜBİTAK Projesi, Final Raporu. 2008.
- (135) Bozkurt Z, Arslanbaş D, Pekey H, et al. Kocaeli’de Farklı Mikroçevrelerde Uçucu Organik Bileşikler, Ağır Metaller ve İnorganik Gaz Bazı Kirleticilerin, İç ve Dış Ortam Seviyelerinin Belirlenmesi. İzmir 2007.
- (136) Sofuoğlu SC, Odabaşı M, Sofuoğlu A. Bina-İçi Yüzeyle Çökelmiş Partiküllerdeki Uçucu Organik Madde İçeriğinin Niceliksel Analizi. İzmir 2007.
- (137) Vaizoğlu S. Bazı Kapalı Ortamlarda Formaldehit Etkilenimi. İzmir 2007.

- (138) Aslan G, Sofuoğlu A, İnal F, et al. İlköğretim Okullarında Bina-İçi Hava Uçucu Organik Madde Derişimleri: Derslikler ile Anasınıflarının Karşılaştırılması. İzmir 2007.
- (139) Mentşe S, Arısoy M, Yousefi Rad A, Güllü G. İlkokul ve Kreşlerde İç Ortam Hava Kalitesi. İzmir 2009.
- (140) Mentşe S, Güllü G. Organik Bileşiklerin Farklı İç Ortamlardaki Seviyeleri. İzmir 2009.
- (141) Stakeyeva B, Onat B. İstanbul'da Farklı Ulaşım Türleri İle Seyahat Esnasında Maruz Kalınan Partikül Maddenin (PM_{2,5}) Belirlenmesi. İzmir 2009.
- (142) Onat B, Şahin Ü, Stakeyeva B, et al. İstanbul Metrosunda PM 10 And PM 2.5 Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. İzmir 2009.
- (143) Turan D, Kocahakimoğlu C, Kavcar P, Sofuoğlu SC. İlköğretim Okullarında Bina-İçi Hava Kalitesi ile İlgili Sağlık Semptomlarının Yaygınlığı. İzmir 2009.
- (144) Kocahakimoğlu C, Turan D, Özeren F, et al. İlköğretim Okullarında Bina-İçi Hava Ozon Derişimleri. İzmir 2009.
- (145) Bilir N, Emri S, Yıldız AN, Demir A. Domestic exposure to biomass smoke and COPD prevalence among women in Turkey. Eur.Respir.J 14[Suppl 30], 485s. 1998. Ref Type: Abstract
- (146) Bilir N, Yıldız AN, Emri S, et al. Exposure to biomass combustion and prevalence of chronic lung disease in women (Turkey). Ankara: Hacettepe Public Health Foundation; 1998.
- (147) Arslan M, Akkurt I, Egilmez H, et al. Biomass exposure and the high resolution computed tomographic and spirometric findings. Eur J Radiol 2004 Nov;52(2):192-9.
- (148) Ekici A, Ekici M, Kurtipek E, et al. Obstructive airway diseases in women exposed to biomass smoke. Environ Res 2005 Sep;99(1):93-8.
- (149) Gunen H, Hacievliyagil SS, Yetkin O, et al. Prevalence of COPD: first epidemiological study of a large region in Turkey. Eur J Intern Med 2008 Nov;19(7):499-504.
- (150) Diagnosis and initial management of nonmalignant diseases related to asbestos. Am J Respir Crit Care Med 2004 Sep 15;170(6):691-715.
- (151) Kurumatani N, Kumagai S. Mapping the risk of mesothelioma due to neighborhood asbestos exposure. Am J Respir Crit Care Med 2008 Sep 15;178(6):624-9.

- (152) Luo S, Liu X, Mu S, et al. Asbestos related diseases from environmental exposure to crocidolite in Da-yao, China. I. Review of exposure and epidemiological data. *Occupational and Environmental Medicine* 2003;60(1):35-41.
- (153) Emri S, Demir A, Dogan M, et al. Lung diseases due to environmental exposures to erionite and asbestos in Turkey. *Toxicol Lett* 2002 Feb 28;127(1-3):251-7.
- (154) Viallat JR, Boutin C, Steinbauer J, et al. Pleural effects of environmental asbestos pollution in Corsica. *Ann N Y Acad Sci* 1991 Dec 31;643:438-43.
- (155) Yazicioglu S, Ilcayto R, Balci K, et al. Pleural calcification, pleural mesotheliomas, and bronchial cancers caused by tremolite dust. *Thorax* 1980 Aug;35(8):564-9.
- (156) Senyigit A, Babayigit C, Gokirmak M, et al. Incidence of malignant pleural mesothelioma due to environmental asbestos fiber exposure in the southeast of Turkey. *Respiration* 2000;67(6):610-4.
- (157) Sahin U, Ozturk O, Songur N, et al. Observations on environmental asbestos exposure in a high risk area. *Respirology* 2009 May;14(4):579-82.
- (158) Coplu L, Dumortier P, Demir AU, et al. An epidemiological study in an Anatolian village in Turkey environmentally exposed to tremolite asbestos. *J Environ Pathol Toxicol Oncol* 1996;15(2-4):177-82.
- (159) Metintas S, Metintas M, Ucgun I, Oner U. Malignant mesothelioma due to environmental exposure to asbestos: follow-up of a Turkish cohort living in a rural area. *Chest* 2002 Dec;122(6):2224-9.
- (160) Osman E, Hasan B, Meral U, et al. Recent discovery of an old disease: malignant pleural mesothelioma in a village in south-east Turkey. *Respirology* 2007 May;12(3):448-51.
- (161) Hasanoglu HC, Yildirim Z, Ermis H, et al. Lung cancer and mesothelioma in towns with environmental exposure to asbestos in Eastern Anatolia. *Int Arch Occup Environ Health* 2006 Jan;79(1):89-91.
- (162) Artvinli M, Baris YI. Environmental fiber-induced pleuro-pulmonary diseases in an Anatolian village: an epidemiologic study. *Arch Environ Health* 1982 May;37(3):177-81.
- (163) Hillerdal G, Ozesmi M. Benign asbestos pleural effusion: 73 exudates in 60 patients. *Eur J Respir Dis* 1987 Aug;71(2):113-21.

- (164) Kliment CR, Clemens K, Oury TD. North american erionite-associated mesothelioma with pleural plaques and pulmonary fibrosis: a case report. *Int J Clin Exp Pathol* 2009;2(4):407-10.
- (165) Inal A, Karakoc GB, Altintas DU, et al. Effect of indoor mold concentrations on daily symptom severity of children with asthma and/or rhinitis monosensitized to molds. *J Asthma* 2007 Sep;44(7):543-6.
- (166) Ceylan E, Ozkutuk A, Ergor G, et al. Fungi and indoor conditions in asthma patients. *J Asthma* 2006 Dec;43(10):789-94.
- (167) Hapcioglu B, Issever H, Kocyigit E, et al. The effect of air pollution and meteorological parameters on chronic obstructive pulmonary disease at an Istanbul hospital. *Indoor and Built Environment* 2006;15(2):147-53.
- (168) Issever H, Disci R, Hapcioglu B, et al. The effect of air pollution and meteorological parameters in Istanbul on hospital admissions for acute coronary syndrome. *Indoor and Built Environment* 2005;14(2):157-64.
- (169) Tomac N, Demirel F, Acun C, Ayoglu F. Prevalence and risk factors for childhood asthma in Zonguldak, Turkey. *Allergy Asthma Proc* 2005 Sep;26(5):397-402.
- (170) Unlu M, Ergin C, Cirit M, et al. Molds in the homes of asthmatic patients in Isparta, Turkey. *Asian Pac J Allergy Immunol* 2003 Mar;21(1):21-4.
- (171) Yucel A, Cakir B, Tezcan S. Association of acute respiratory infections and indoor air pollution among children aged 0-24 months, in a semi-urban area, Ankara, Turkey. *Epidemiology* 2002;13(4):356.
- (172) Keles N, Ilicali C, Deger K. The effects of different levels of air pollution on atopy and symptoms of allergic rhinitis. *Am J Rhinol* 1999 May;13(3):185-90.
- (173) WHO Report on the Global Tobacco Epidemic, 2008: The MPOWER package. Geneva: World Health Organization, 2008.
- (174) Achieving healthy indoor air. Report of the ATS Workshop: Santa Fe, New Mexico, November 16-19, 1995. *Am J Respir Crit Care Med* 1997 Sep;156(3 Pt 2):S31-S64.
- (175) Diaz-Sanchez D. The role of diesel exhaust particles and their associated polycyclic aromatic hydrocarbons in the induction of allergic airway disease. *Allergy* 1997;52(38 Suppl):52-6.
- (176) Kurmi OP, Ayres JG. The non-occupational environment and the lung: opportunities for intervention. *Chron Respir Dis* 2007;4(4):227-36.

- (177) WHO Report on the Global Tobacco Epidemic, 2009: Implementing smoke-free environments. World Health Organization, 2009.
- (178) Brauer M, Mannetje A. Restaurant smoking restrictions and environmental tobacco smoke exposure. *Am J Public Health* 1998 Dec;88(12):1834-6.
- (179) Lambert WE, Samet JM, Spengler JD. Environmental tobacco smoke concentrations in no-smoking and smoking sections of restaurants. *Am J Public Health* 1993 Sep;83(9):1339-41.
- (180) Harrison PTC. Lifestyle and indoor air pollution. In: D'Amato G, Holgate ST, eds., (Monograph 21) The impact of air pollution on respiratory health 2002. p. 117-32.
- (181) Viegi G, Simoni M, Scognamiglio A, et al. Indoor air pollution and airway disease. *Int J Tuberc Lung Dis* 2004 Dec;8(12):1401-15.
- (182) WHO. Elimination of Asbestos Related Diseases. http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_OEH_06_03_eng.pdf [erişim tarihi 14.9.2006].
- (183) Bernstein JA, Alexis N, Bacchus H, et al. The health effects of non-industrial indoor air pollution. *J Allergy Clin Immunol* 2008 Mar;121(3):585-91.
- (184) Hu G, Ran P. Indoor air pollution as a lung health hazard: focus on populous countries. *Curr Opin Pulm Med* 2009 Mar;15(2):158-64.
- (185) Griffin RD. Principles of Air Quality Management (2nd ed.) Taylor and Francis Group, LLC, 2007.
- (186) Rusznak C, Bayram H, Devalia JL, Davies RJ. Impact of the environment on allergic lung diseases. *Clin Exp Allergy* 1997 May;27 Suppl 1:26-35.
- (187) Elbir T, Muezzinoglu A, Bayram A. Evaluation of some air pollution indicators in Turkey. *Environ Int* 2000 Aug;26(1-2):5-10.
- (188) Bayram H. Türkiye'de hava kirliliği sorunu: Nedenleri, alınan önlemler ve mevcut durum. *Toraks Dergisi* 2005;6:159-65.
- (189) Chen B, Hong C, Kan H. Exposures and health outcomes from outdoor air pollutants in China. *Toxicology* 2004 May 20;198(1-3):291-300.
- (190) Pande JN, Bhatta N, Biswas D, et al. Outdoor air pollution and emergency room visits at a hospital in Delhi. *Indian J Chest Dis Allied Sci* 2002 Jan;44(1):13-9.
- (191) T.C.Çevre ve Orman Bakanlığı. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği. <http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/y/05052009.doc> 2008
- (192) TC Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. <http://www.die.gov.tr> [erişim tarihi 30.4.2010].

- (193) Gomzi M. Indoor air and respiratory health in preadolescent children. *Atmospheric Environment* 1999;33(24-25):4081-6.
- (194) Wong GW, Ko FW, Lau TS, et al. Temporal relationship between air pollution and hospital admissions for asthmatic children in Hong Kong. *Clin Exp Allergy* 2001 Apr;31(4):565-9.
- (195) EPA. *Term of Environment: Glossory, Abbreviations and Acronyms*. 2007.
- (196) Schnelle KB, Brown CA. *Air Pollution Technology Handbook* CRC Press, 2002.
- (197) Boubel RW, Fox DL, Turner DB, Stern AC. *Fundamentals of Air Pollution* Elsevier Inc, 2008.
- (198) U.S.Environmental Protection Agency. Six Common Air Pollutants. www.epa.gov/air/urbanair.html 2010 [erişim tarihi 14.3.2010].
- (199) U.S.Environmental Protection Agency. About Air Toxics. <http://www.epa.gov/ttn/atw/allabout.html> 2010 [erişim tarihi 14.3.2010].
- (200) Colls J. *Air Pollution (Second ed.)* Spon Pres, 2002.
- (201) Bayram H, Dörtbudak Z, Evyapan FF, et al. Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu. *Dicle Tıp Dergisi* 2006;33:105-12.
- (202) Bayram H, Devalia JL, Sapsford RJ, et al. The effect of diesel exhaust particles on cell function and release of inflammatory mediators from human bronchial epithelial cells in vitro. *Am J Respir Cell Mol Biol* 1998 Mar;18(3):441-8.
- (203) Pope CA, III, Burnett RT, Thun MJ, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002 Mar 6;287(9):1132-41.
- (204) Godish T. *Air Quality (4th ed.)* Lewis Publications CRC Press, 2004.
- (205) Han X, Naeher LP. A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environment International* 2006;32:106-20.
- (206) Gomez-Perales JE, Colvile RN. Commuters' exposure to PM_{2.5}, CO, and benzene in public transport in the metropolitan area of Mexico City. *Atmos Environ* 2004;38:1219-29.
- (207) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2002. International Agency for Research on Cancer.

- (208) Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, et al. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology* 2001 Sep;12(5):521-31.
- (209) Samet JM, Dominici F, Curriero FC, et al. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. *N Engl J Med* 2000 Dec 14;343(24):1742-9.
- (210) Sunyer J, Basagana X, Belmonte J, Anto JM. Effect of nitrogen dioxide and ozone on the risk of dying in patients with severe asthma. *Thorax* 2002 Aug;57(8):687-93.
- (211) Touloumi G, Katsouyanni K, Zmirou D, et al. Short-term effects of ambient oxidant exposure on mortality: a combined analysis within the APHEA project. *Air Pollution and Health: a European Approach. Am J Epidemiol* 1997 Jul 15;146(2):177-85.
- (212) Jerrett M, Burnett RT, Pope CA, III, et al. Long-term ozone exposure and mortality. *N Engl J Med* 2009 Mar 12;360(11):1085-95.
- (213) Son JY, Cho YS, Lee JT. Effects of air pollution on postneonatal infant mortality among firstborn infants in Seoul, Korea: case-crossover and time-series analyses. *Arch Environ Occup Health* 2008;63(3):108-13.
- (214) Doğan F. İl merkezlerindeki dumanlı sanayi sıklığı ile göğüs hastalıklarından ölüm hızlarının artış ilişkisi üzerine bir araştırma. *Ege Tıp Dergisi* 1992;31:299-302.
- (215) Health effects of outdoor air pollution. Part 2. Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med* 1996 Feb;153(2):477-98.
- (216) Clancy L, Goodman P, Sinclair H, Dockery DW. Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. *Lancet* 2002 Oct 19;360(9341):1210-4.
- (217) Pope CA, III, Ezzati M, Dockery DW. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *N Engl J Med* 2009 Jan 22;360(4):376-86.
- (218) Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J, et al. Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. *Air Pollution and Health: a European Approach. Am J Respir Crit Care Med* 2001 Nov 15;164(10 Pt 1):1860-6.

- (219) Babin SM, Burkom HS, Holtry RS, et al. Pediatric patient asthma-related emergency department visits and admissions in Washington, DC, from 2001-2004, and associations with air quality, socio-economic status and age group. *Environ Health* 2007;6:9.
- (220) Lin M, Chen Y, Burnett RT, et al. Effect of short-term exposure to gaseous pollution on asthma hospitalisation in children: a bi-directional case-cross-over analysis. *J Epidemiol Community Health* 2003 Jan;57(1):50-5.
- (221) Fisekci F, Ozkurt S, Baser S. Effect of air pollution on COPD exacerbations. *Eur Respir J* 1999; 14(suppl.30):393s. *Eur Respir J* 14(suppl.30), 393s. 1999.
- (222) Bell ML, Ebisu K, Peng RD, et al. Hospital admissions and chemical composition of fine particle air pollution. *Am J Respir Crit Care Med* 2009 Jun 15;179(12):1115-20.
- (223) Chuang KJ, Coull BA, Zanobetti A, et al. Particulate air pollution as a risk factor for ST-segment depression in patients with coronary artery disease. *Circulation* 2008 Sep 23;118(13):1314-20.
- (224) McConnell R, Berhane K, Gilliland F, et al. Prospective study of air pollution and bronchitic symptoms in children with asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 2003 Oct 1;168(7):790-7.
- (225) Zemp E, Elsasser S, Schindler C, et al. Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study). The SAPALDIA Team. *Am J Respir Crit Care Med* 1999 Apr;159(4 Pt 1):1257-66.
- (226) Avol EL, Gauderman WJ, Tan SM, et al. Respiratory effects of relocating to areas of differing air pollution levels. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 Dec 1;164(11):2067-72.
- (227) D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M, Holgate S. Environmental risk factors and allergic bronchial asthma. *Clin Exp Allergy* 2005 Sep;35(9):1113-24.
- (228) McConnell R, Berhane K, Gilliland F, et al. Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. *Lancet* 2002 Feb 2;359(9304):386-91.
- (229) Boezen HM, van der Zee SC, Postma DS, et al. Effects of ambient air pollution on upper and lower respiratory symptoms and peak expiratory flow in children. *Lancet* 1999 Mar 13;353(9156):874-8.
- (230) Nicolai T, Carr D, Weiland SK, et al. Urban traffic and pollutant exposure related to respiratory outcomes and atopy in a large sample of children. *Eur Respir J* 2003 Jun;21(6):956-63.

- (231) Ho WC, Hartley WR, Myers L, et al. Air pollution, weather, and associated risk factors related to asthma prevalence and attack rate. *Environ Res* 2007 Jul;104(3):402-9.
- (232) Morgenstern V, Zutavern A, Cyrus J, et al. Atopic diseases, allergic sensitization, and exposure to traffic-related air pollution in children. *Am J Respir Crit Care Med* 2008 Jun 15;177(12):1331-7.
- (233) O'Connor GT, Neas L, Vaughn B, et al. Acute respiratory health effects of air pollution on children with asthma in US inner cities. *J Allergy Clin Immunol* 2008 May;121(5):1133-9.
- (234) Keles N, Ilicali C. The impact of outdoor pollution on upper respiratory diseases. *Rhinology* 1998 Mar;36(1):24-7.
- (235) Keles N, Ilicali OC, Deger K. Impact of air pollution on prevalence of rhinitis in Istanbul. *Arch Environ Health* 1999 Jan;54(1):48-51.
- (236) Berktaş BM, Bircan A. Effects of atmospheric sulphur dioxide and particulate matter concentrations on emergency room admissions due to asthma in Ankara. *Tuberk Toraks* 2003;51(3):231-8.
- (237) Tomac N, Demirel F, Acun C, Ayoglu F. Prevalence and risk factors for childhood asthma in Zonguldak, Turkey. *Allergy Asthma Proc* 2005 Sep;26(5):397-402.
- (238) Tecer LH, Alagha O, Karaca F, et al. Particulate matter (PM_{2.5}, PM_{10-2.5}, and PM₁₀) and children's hospital admissions for asthma and respiratory diseases: a bidirectional case-crossover study. *J Toxicol Environ Health A* 2008;71(8):512-20.
- (239) Tecer LH. A factor analysis study: Air pollution, meteorology, and hospital admissions for respiratory Diseases. *Toxicological & Environmental Chemistry* 2009;91:1399-411.
- (240) Chauhan AJ, Inskip HM, Linaker CH, et al. Personal exposure to nitrogen dioxide (NO₂) and the severity of virus-induced asthma in children. *Lancet* 2003 Jun 7;361(9373):1939-44.
- (241) Peters JM, Avol E, Gauderman WJ, et al. A study of twelve Southern California communities with differing levels and types of air pollution. II. Effects on pulmonary function. *Am J Respir Crit Care Med* 1999 Mar;159(3):768-75.
- (242) Avol EL, Gauderman WJ, Tan SM, et al. Respiratory effects of relocating to areas of differing air pollution levels. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 Dec 1;164(11):2067-72.

- (243) Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med* 2004 Sep 9;351(11):1057-67.
- (244) Gauderman WJ, Vora H, McConnell R, et al. Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *Lancet* 2007 Feb 17;369(9561):571-7.
- (245) Rahman I, MacNee W. Oxidative stress and regulation of glutathione in lung inflammation. *Eur Respir J* 2000 Sep;16(3):534-54.
- (246) Bayram H, Ito K, Issa R, et al. Regulation of human lung epithelial cell numbers by diesel exhaust particles. *Eur Respir J* 2006 Apr;27(4):705-13.
- (247) Peden DB. Mechanisms of pollution-induced airway disease: in vivo studies. *Allergy* 1997;52(38 Suppl):37-44.
- (248) Arjomandi M, Witten A, Abbritti E, et al. Repeated exposure to ozone increases alveolar macrophage recruitment into asthmatic airways. *Am J Respir Crit Care Med* 2005 Aug 15;172(4):427-32.
- (249) Stenfors N, Nordenhall C, Salvi SS, et al. Different airway inflammatory responses in asthmatic and healthy humans exposed to diesel. *Eur Respir J* 2004 Jan;23(1):82-6.
- (250) Pietropaoli AP, Frampton MW, Hyde RW, et al. Pulmonary function, diffusing capacity, and inflammation in healthy and asthmatic subjects exposed to ultrafine particles. *Inhal Toxicol* 2004;16 Suppl 1:59-72.
- (251) Tunnicliffe WS, Burge PS, Ayres JG. Effect of domestic concentrations of nitrogen dioxide on airway responses to inhaled allergen in asthmatic patients. *Lancet* 1994 Dec 24;344(8939-8940):1733-6.
- (252) Devalia JL, Rusznak C, Herdman MJ, et al. Effect of nitrogen dioxide and sulphur dioxide on airway response of mild asthmatic patients to allergen inhalation. *Lancet* 1994 Dec 17;344(8938):1668-71.
- (253) Aris RM, Christian D, Hearne PQ, et al. Ozone-induced airway inflammation in human subjects as determined by airway lavage and biopsy. *Am Rev Respir Dis* 1993 Nov;148(5):1363-72.
- (254) Bosson J, Stenfors N, Bucht A, et al. Ozone-induced bronchial epithelial cytokine expression differs between healthy and asthmatic subjects. *Clin Exp Allergy* 2003 Jun;33(6):777-82.

- (255) Helleday R, Huberman D, Blomberg A, et al. Nitrogen dioxide exposure impairs the frequency of the mucociliary activity in healthy subjects. *Eur Respir J* 1995 Oct;8(10):1664-8.
- (256) Devlin RB, Horstman DP, Gerrity TR, et al. Inflammatory response in humans exposed to 2.0 ppm nitrogen dioxide. *Inhal Toxicol* 1999 Feb;11(2):89-109.
- (257) McCreanor J, Cullinan P, Nieuwenhuijsen MJ, et al. Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. *N Engl J Med* 2007 Dec 6;357(23):2348-58.
- (258) Pourazar J, Mudway IS, Samet JM, et al. Diesel exhaust activates redox-sensitive transcription factors and kinases in human airways. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 2005 Nov;289(5):L724-L730.
- (259) Churg A, Brauer M, Avila-Casado MC. Chronic Exposure to High Levels of Particulate Air Pollution and Small Airway Remodeling. *Environ Health Perspect* 2003;111:714-8.
- (260) Nichols BG, Woods JS, Luchtel DL, et al. Effects of ozone exposure on nuclear factor-kappaB activation and tumor necrosis factor-alpha expression in human nasal epithelial cells. *Toxicol Sci* 2001 Apr;60(2):356-62.
- (261) Mayer D, Branscheid D. Exposure of human lung fibroblasts to ozone: cell mortality and hyaluronan metabolism. *J Toxicol Environ Health* 1992 Apr;35(4):235-46.
- (262) Devlin RB, McKinnon KP, Noah T, et al. Ozone-induced release of cytokines and fibronectin by alveolar macrophages and airway epithelial cells. *Am J Physiol* 1994 Jun;266(6 Pt 1):L612-L619.
- (263) Arsalane K, Gosset P, Vanhee D, et al. Ozone stimulates synthesis of inflammatory cytokines by alveolar macrophages in vitro. *Am J Respir Cell Mol Biol* 1995 Jul;13(1):60-8.
- (264) Koike E, Watanabe H, Kobayashi T. Exposure to ozone enhances antigen-presenting activity concentration dependently in rats. *Toxicology* 2004 Apr 1;197(1):37-46.
- (265) Savov JD, Whitehead GS, Wang J, et al. Ozone-induced acute pulmonary injury in inbred mouse strains. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2004 Jul;31(1):69-77.

- (266) Samet JM, Hatch GE, Horstman D, et al. Effect of antioxidant supplementation on ozone-induced lung injury in human subjects. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 Sep 1;164(5):819-25.
- (267) Chauhan AJ, Krishna MT, Frew AJ, Holgate ST. Exposure to nitrogen dioxide (NO₂) and respiratory disease risk. *Rev Environ Health* 1998 Jan;13(1-2):73-90.
- (268) Stearns RC, Paulauskis JD, Godleski JJ. Endocytosis of ultrafine particles by A549 cells. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2001 Feb;24(2):108-15.
- (269) Lundborg M, Johard U, Lastbom L, et al. Human alveolar macrophage phagocytic function is impaired by aggregates of ultrafine carbon particles. *Environ Res* 2001 Jul;86(3):244-53.
- (270) Bayram H, Devalia JL, Khair OA, et al. Comparison of ciliary activity and inflammatory mediator release from bronchial epithelial cells of nonatopic nonasthmatic subjects and atopic asthmatic patients and the effect of diesel exhaust particles in vitro. *J Allergy Clin Immunol* 1998 Nov;102(5):771-82.
- (271) Beck-Speier I, Dayal N, Karg E, et al. Agglomerates of ultrafine particles of elemental carbon and TiO₂ induce generation of lipid mediators in alveolar macrophages. *Environ Health Perspect* 2001 Aug;109 Suppl 4:613-8.
- (272) Nel AE, az-Sanchez D, Li N. The role of particulate pollutants in pulmonary inflammation and asthma: evidence for the involvement of organic chemicals and oxidative stress. *Curr Opin Pulm Med* 2001 Jan;7(1):20-6.
- (273) Mukae H, Vincent R, Quinlan K, et al. The effect of repeated exposure to particulate air pollution (PM₁₀) on the bone marrow. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 Jan;163(1):201-9.
- (274) Wu W, Samet JM, Ghio AJ, Devlin RB. Activation of the EGF receptor signaling pathway in airway epithelial cells exposed to Utah Valley PM. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 2001 Aug;281(2):L483-L489.
- (275) Koike E, Hirano S, Shimojo N, Kobayashi T. cDNA microarray analysis of gene expression in rat alveolar macrophages in response to organic extract of diesel exhaust particles. *Toxicol Sci* 2002 Jun;67(2):241-6.
- (276) Timblin CR, Shukla A, Berlinger I, et al. Ultrafine airborne particles cause increases in protooncogene expression and proliferation in alveolar epithelial cells. *Toxicol Appl Pharmacol* 2002 Mar 1;179(2):98-104.

- (277) Harrod KS, Jaramillo RJ, Rosenberger CL, et al. Increased susceptibility to RSV infection by exposure to inhaled diesel engine emissions. *Am J Respir Cell Mol Biol* 2003 Apr;28(4):451-63.
- (278) Devalia JL, Bayram H, Rusznak C, et al. Mechanisms of pollution-induced airway disease: in vitro studies in the upper and lower airways. *Allergy* 1997;52(38 Suppl):45-51.
- (279) Bayram H, Devalia JL, Khair OA, et al. Effect of loratadine on nitrogen dioxide-induced changes in electrical resistance and release of inflammatory mediators from cultured human bronchial epithelial cells. *J Allergy Clin Immunol* 1999 Jul;104(1):93-9.
- (280) Bayram H, Rusznak C, Khair OA, et al. Effect of ozone and nitrogen dioxide on the permeability of bronchial epithelial cell cultures of non-asthmatic and asthmatic subjects. *Clin Exp Allergy* 2002 Sep;32(9):1285-92.
- (281) Alfaro-Moreno E, Martinez L, Garcia-Cuellar C, et al. Biologic effects induced in vitro by PM10 from three different zones of Mexico City. *Environ Health Perspect* 2002 Jul;110(7):715-20.
- (282) Li N, Wang M, Oberley TD, et al. Comparison of the pro-oxidative and proinflammatory effects of organic diesel exhaust particle chemicals in bronchial epithelial cells and macrophages. *J Immunol* 2002 Oct 15;169(8):4531-41.
- (283) Bayram H, Göğebakan B, Dikensoy Ö, Ekinci E. Dizel egzoz partiküllerinin insan akciğer epitel hücre canlılığı ve bu hücrelerden inflamatuvar sitokin salınımına etkisi. *Türk Toraks Derneği 11.Yıllık Kongresi, Kongre Kitabı*. 2008.
- (284) Bayram H, Göğebakan B, Dikensoy Ö, ark. Effects of diesel exhaust particles on viability of primary bronchial epithelial cells of non-smokers, smokers and patients with COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 179, A3162. 2009.
- (285) Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> 2010 [erişim tarihi 4.5.2010].
- (286) Keleş R. Kentleşme Politikası (İkinci basım ed.) İmge Kitapevi, 1993.
- (287) TÜİK. Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi nüfus sayım sonuçları. *Haber Bülteni* 2009.
- (288) Yüceşahin MM, Bayar R, Özgür EM. Türkiye’de şehirleşmenin mekansal dağılışı ve değişimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 2004;2(1):23-9.
- (289) Somersan S. Türkiye’de Çevre ve Siyaset Metris Yeşil Kitaplar, Metris Yayıncılık, 1993.

- (290) BOTAŞ. Faaliyet Raporu. 2008.
- (291) Özdilek HG. An analogy on assesment of urban air pollution in Turkey over the turn of millennium (1992-2001). *Env Mon And Asses* 2006;122:203-19.
- (292) Özdalyan B, Çelik MB, Kadı İ. Karabük'te hava kirliliği ve çözüm önerileri. *Teknoloji* 2001;3-4(51):56.
- (293) Erbaşlar T, Birgül A, Taşdemir Y. Spatial fluctation of sulphur dioxide (SO₂) and particulate matter (PM) levels measured in Bursa. *GU Journal of Science* 2006;19(3):143-8.
- (294) Köse R, Erbaş O, Özgür MA. Assesment and measurements of SO₂ and PM pollutants in Kütahya, Turkey. *Erciyes Üni Fen Bilimleri Ens Dergisi* 2006;22(1-2):161-70.
- (295) Tecer LH. Prediction of SO₂ and PM Concentration in Coastal Mining Area (Zonguldak) with Artificial Neural Network. *P Journal of Environmental Studies* 2007;16(4):633-8.
- (296) Nazım E, Beyhun S, Vançelik H, et al. Erzurum İli Kent Merkezinde 2003–2006 Yılları Arasında Hava Kirliliği. *TAF, Preventive Medicine Bulletin* 2008;73(3):237-42.
- (297) Aydın ME, Durduran SS, Özcan S, Bedük F. Konya'da hava kalitesi değişiminin coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile değerlendirilmesi. 7.Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 22-27 Ekim, İzmir. 2007. Ref Type: Abstract
- (298) Güllü GH, Ölmez I, Tuncel G. Temporal Variability of Atmospheric Trace Element Concentrations over the Eastern Mediterranean Sea. *Spectrochimica Acta* 2000;55(Part B):1135-50.
- (299) Yatin M, Tuncel S, Aras NK, et al. Atmospheric Trace Elements in Ankara, Turkey: 1.Factors Afecting Chemical Composition of Fine Particles. *Atmospheric Environment* 2000;34:1305-18.
- (300) Karaca F, Alagha O, Ertürk F. Statistical Characterization of Atmospheric PM₁₀ and PM_{2,5} Concentrations at a Non-impacted Suburban Site of Istanbul, Turkey. *Chemosphere* 2005;59:1183-90.
- (301) Tecer LH, Süren P, Alagha O, et al. Effect of Meteorological Parameters on Fine and Coarse Particulate Matter Mass Concentration in a Coal-Mining Area in Zonguldak, Turkey. *Journal of the Air & Waste Management Association* 2008;58:543-52.

- (302) Küresel Isınmanın Etkileri ve Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Yönetimi Konusunda Kurulan Meclis Araştırması Komisyonu Raporu. TÜRKİYE BÜYÜK MİLLET MECLİSİ; 2008 Nisan.
- (303) Rosenthal JP, Jessup CM. Global climate change and health: developing a research agenda for the NIH. *Trans Am Clin Climatol Assoc* 2009;120:129-41.
- (304) European Commission. Climate Change. 2009 Apr.
- (305) Flannery T. İklimin Efendileri İklim Değişikliğinin Tarihçesi ve Geleceğimize Etkileri (1. ed.). İstanbul: Klan Yayınları, 2005.
- (306) Çelik S, Bacanlı H, Görgeç H. Küresel İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığına Etkileri. 2009.
- (307) Forster P, Ramaswamy V, Artaxo P, et al. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Solomon S, Qin D, Manning M, et al., eds., *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007.
- (308) Rom WN, Pinkerton KE, Martin WJ, Forastiere F. Global warming: a challenge to all American Thoracic Society members. *Am J Respir Crit Care Med* 2008 May 15;177(10):1053-4.
- (309) Mimura N, Nurse L, McLean RF, et al. Small islands. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press; 2007.
- (310) IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *IPCC Working Group II Fourth Assessment Report*. Geneva; 2007.
- (311) Kelman I, West JJ. Climate Change and Small Island Developing States: A Critical Review. *Ecological and Environmental Anthropology* 2009;5(1):1-16.
- (312) UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). *Climate Change, Small Island Developing States*. Bonn; 2005.
- (313) Matthies F, Bidder G, Cardenosa MN, et al. *Heat-Health Action Plans. Guidance*. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe; 2008.

- (314) Ayres JG, Forsberg B, nnesi-Maesano I, et al. Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement. *Eur Respir J* 2009 Aug;34(2):295-302.
- (315) EAACI Task force on “Effects of Climate change on respiratory allergic diseases and on asthma prevalence”. <http://eaaci.net/activities/task-forces/climate-change-on-respiratory-diseases> 2010 [erişim tarihi 10.5.2010].
- (316) Haines A, Patz JA. Health effects of climate change. *JAMA* 2004 Jan 7;291(1):99-103.
- (317) Louis ME, Hess JJ. Climate Change: Impacts on and Implications for Global Health. *Am J Prev Med* 35[5], 527-538. 2008.
- (318) Sardon JP. The 2003 heat wave. *Euro Surveill* 2007 Mar;12(3):226.
- (319) Stafoggia M, Forastiere F, Agostini D, et al. Vulnerability to heat-related mortality: a multicity, population-based, case-crossover analysis. *Epidemiology* 2006 May;17(3):315-23.
- (320) Stafoggia M, Forastiere F, Agostini D, et al. Factors affecting in-hospital heat-related mortality: a multi-city case-crossover analysis. *J Epidemiol Community Health* 2008 Mar;62(3):209-15.
- (321) Tsai TS, Liu TZ. Effects of global climate change on disease epidemics and social instability around the world. *Human Security and Climate Change An International Workshop*. <http://www.gechs.org/> 2005 [erişim tarihi 10.5.2010].
- (322) Wahlquist AK. Water and its role in food and health security--the importance of water to food production. *Asia Pac J Clin Nutr* 2009;18(4):501-6.
- (323) Gunnbjornsdottir MI, Franklin KA, Norback D, et al. Prevalence and incidence of respiratory symptoms in relation to indoor dampness: the RHINE study. *Thorax* 2006 Mar;61(3):221-5.
- (324) Mudarri D, Fisk WJ. Public health and economic impact of dampness and mold. *Indoor Air* 2007 Jun;17(3):226-35.
- (325) Steinvil A, Fireman E, Kordova-Biezuner L, et al. Environmental air pollution has decremental effects on pulmonary function test parameters up to one week after exposure. *Am J Med Sci* 2009 Oct;338(4):273-9.
- (326) Saurina C, Barcelo MA, Saez M, Tobias A. [The short-term effects of air pollution on mortality. The results of the EMECAM project in the city of Barcelona, 1991-1995. Estudio Multicentrico Espanol sobre la Relacion entre la Contaminacion Atmosferica y la Mortalidad]. *Rev Esp Salud Publica* 1999 Mar;73(2):199-207.

- (327) Epton MJ, Martin IR, Graham P, et al. Climate and aeroallergen levels in asthma: a 12 month prospective study. *Thorax* 1997 Jun;52(6):528-34.
- (328) Filleul L, Cassadou S, Medina S, et al. The relation between temperature, ozone, and mortality in nine French cities during the heat wave of 2003. *Environ Health Perspect* 2006 Sep;114(9):1344-7.
- (329) Uysal N, Schapira RM. Effects of ozone on lung function and lung diseases. *Curr Opin Pulm Med* 2003 Mar;9(2):144-50.
- (330) Mudway IS, Kelly FJ. Ozone and the lung: a sensitive issue. *Mol Aspects Med* 2000 Feb;21(1-2):1-48.
- (331) Anderson HR, Spix C, Medina S, et al. Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: results from the APHEA project. *Eur Respir J* 1997 May;10(5):1064-71.
- (332) Medina-Ramon M, Zanobetti A, Cavanagh DP, Schwartz J. Extreme temperatures and mortality: assessing effect modification by personal characteristics and specific cause of death in a multi-city case-only analysis. *Environ Health Perspect* 2006 Sep;114(9):1331-6.
- (333) Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, et al. Acute effects of ozone on mortality from the "air pollution and health: a European approach" project. *Am J Respir Crit Care Med* 2004 Nov 15;170(10):1080-7.
- (334) Kinney PL. Climate change, air quality, and human health. *Am J Prev Med* 2008 Nov;35(5):459-67.
- (335) West JJ, Fiore AM, Horowitz LW, Mauzerall DL. Global health benefits of mitigating ozone pollution with methane emission controls. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2006 Mar 14;103(11):3988-93.
- (336) Latza U, Gerdes S, Baur X. Effects of nitrogen dioxide on human health: systematic review of experimental and epidemiological studies conducted between 2002 and 2006. *Int J Hyg Environ Health* 2009 May;212(3):271-87.
- (337) Reid CE, Gamble JL. Aeroallergens, Allergic Disease, and Climate Change: Impacts and Adaptation. *Ecohealth* 2009 Nov 12.
- (338) Freye HB, King J, Litwin CM. Variations of pollen and mold concentrations in 1998 during the strong El Nino event of 1997-1998 and their impact on clinical exacerbations of allergic rhinitis, asthma, and sinusitis. *Allergy Asthma Proc* 2001 Jul;22(4):239-47.

- (339) Heguy L, Garneau M, Goldberg MS, et al. Associations between grass and weed pollen and emergency department visits for asthma among children in Montreal. *Environ Res* 2008 Feb;106(2):203-11.
- (340) Breton MC, Garneau M, Fortier I, et al. Relationship between climate, pollen concentrations of *Ambrosia* and medical consultations for allergic rhinitis in Montreal, 1994-2002. *Sci Total Environ* 2006 Oct 15;370(1):39-50.
- (341) Suarez-Varela MM, Garcia-Marcos AL, Kogan MD, et al. Climate and prevalence of atopic eczema in 6- to 7-year-old school children in Spain. ISAAC phase III. *Int J Biometeorol* 2008 Nov;52(8):833-40.
- (342) Holz O, Mucke M, Paasch K, et al. Repeated ozone exposures enhance bronchial allergen responses in subjects with rhinitis or asthma. *Clin Exp Allergy* 2002 May;32(5):681-9.
- (343) Patterson EM, Gillette DA, Stockton BH. Complex Index of Refraction Between 300 and 700 Nm for Saharan Aerosols. *Journal of Geophysical Research-Oceans and Atmospheres* 1977;82(21):3153-60.
- (344) Hao XJ, Qu JJ. Saharan dust storm detection using moderate resolution imaging spectroradiometer thermal infrared bands. *Journal of Applied Remote Sensing* 2007;1.
- (345) Prospero JM. Saharan Dust Impacts and Climate Change. *Oceanograph* 2000;19(2):60-1.
- (346) Pope CA. Epidemiology of fine particulate air pollution and human health: Biologic mechanisms and who's at risk? *Environmental Health Perspectives* 2000;108:713-23.
- (347) Prospero JM, Lamb PJ. African droughts and dust transport to the Caribbean: Climate change implications. *Science* 2003;302(5647):1024-7.
- (348) Prospero JM, Olmez I, Ames M. Al and Fe in PM 2.5 and PM 10 suspended particles in south-central Florida: The impact of the long range transport of African mineral dust. *Water Air and Soil Pollution* 2001;125(1-4):291-317.
- (349) Prospero JM, Blades E, Mathison G, Naidu R. Interhemispheric transport of viable fungi and bacteria from Africa to the Caribbean with soil dust. *Aerobiologia* 2005;21(1):1-19.
- (350) Jickells TD, An ZS, Andersen KK, et al. Global iron connections between desert dust, ocean biogeochemistry, and climate. *Science* 2005;308(5718):67-71.

- (351) Lenes JM, Darrow BP, Cattrall C, et al. Iron fertilization and the Trichodesmium response on the West Florida shelf. *Limnology and Oceanography* 2001;46(6):1261-77.
- (352) Wu L, Braun SA, Qu JJ, Hao X. Simulating the formation of Hurricane Isabel with AIRS data. *Geophys Res Lett* 2003;33(4):L04804.
- (353) Dunion JP, Velden CS. The impact of the Saharan air layer on Atlantic tropical cyclone activity. *Bulletin of the American Meteorological Society* 2004;85(3):353-+.
- (354) Metintas S, Kurt E. Geo-climate effects on asthma and allergic diseases in adults in Turkey: results of PARFAIT study. *Int J Environ Health Res* 2010 Feb 23;1-11.
- (355) Ekericin S, Ormeci C. Evaluating climate change effects on water and salt resources in Salt Lake, Turkey using multitemporal SPOT imagery. *Environ Monit Assess* 2010 Apr;163(1-4):361-8.
- (356) <http://www.cdc.gov/climatechange/policy.htm>. [erişim tarihi 10.5.2010].

