



T.C. SAĞLIK BAKANLIĞI



TÜRK TORAKS DERNEĞİ

Hava Kalitesi ve Sağlık

ÇEVİRİ

Prof. Dr. Fatma Evyapan, Pamukkale Üniversitesi, Denizli
Prof. Dr. Dilşad Mungan, Ankara Üniversitesi, Ankara
Doç. Dr. Metin Akgün, Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Doç. Dr. Peri Arbak, Düzce Üniversitesi, Düzce

YAZARLAR

İsveç Tropikal ve Halk Sağlığı Enstitüsü, Bazel
ve Bazel Üniversitesi, İsviçre
W www.Swisstph.ch
E Nino.Kuenzli@unibas.ch

©2010 EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY

Published September 2010 by the European Respiratory Society
Avenue Ste-Luce 4, 1003 Lausanne, Switzerland
T +41 21 213 01 01
F +41 21 213 01 00
E info@ersnet.org
W www.ersnet.org

ISBN: 978-1-84984-008-8

Versions of this booklet are also available in French, German, Italian, Catalan and other languages: www.ersnet.org

TÜRKÇE ÇEVİRİ,YAYIN ÖNCESİNDE AVRUPA SOLUNUM DERNEĞİ TARAFINDAN İNCELENMEMİŞTİR.
BU YÜZDEN TÜRKÇE ÇEVİRİDEN KAYNAKLANAN HATALAR VE EKSİKLİKLERDEN SORUMLU
DEĞİLDİR.

T.C.
SAĞLIK BAKANLIĞI
Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü

Teknik Çalışma Grubu

Uzm. Dr. Nazan YARDIM
Daire Başkanı

Ertuğrul GÖKTAŞ
Şube Müdürü

Ayşe GÜNDOĞAN
Tıbbi Teknolog

Meltem AYHAN
Sosyolog

Yayın Komisyonu

Dr. Halil EKİNCİ
Genel Müdür Yardımcısı

Dr. Kağan KARAKAYA
Daire Başkanı

Osman BUNSUZ
Daire Başkanı

Hakime ZAL
Şube Müdürü

Bakanlık Yayın No : 864

ISBN : 978-975-590-406-1

**Bu kitap Sağlık Bakanlığı tarafından “Türkiye Kronik Hava Yolu Hastalıklarını
Önleme ve Kontrol Programı” etkinlikleri kapsamında bastırılmıştır.**

Baskı : Anıl Matbaacılık
Özveren Sokak 13/A Kızılay/ANKARA
0.312 229 37 41

İÇİNDEKİLER

Sayfalar

BÖLÜMLER

2

1. EDİTÖRLERDEN

- Francesco Forastiere
- Bert Brunekreef

4

2. GİRİŞ

- Bu Kitapçık nedir? Neleri kapsamaktadır?

6

3. HAVA KİRLİLİĞİ, HASTALAR VE TOPLUM

- Hava kirliliğinin toplum sağlığı üzerindeki etkileri

4. KİRLETİCİLER, KAYNAKLARI VE DÜZEYLERİ

- Hava kirliliğine katkıda bulunan temel kirleticiler, kaynakları ve Avrupa'da kirletici emisyonları ve hava kalitesi açısından güncel durum

9

5. SAĞLIK HAKKINDA NE BİLDİĞİMİZİ NASIL BİLECEĞİZ?

- Hava kirliliğinin sağlık üstündeki etkilerini araştıran yöntemlere güçlü ve zayıf yönleriyle genel bakış. Epidemiyolojik araştırma yöntemleri hava kirliliğinin sağlık üstüne etkilerini anlamakta çok önemlidir.

23

28	6. SAĞLIK TEHLİKEDE - Hava kirliliğinin mevcut düzeyleri ile ilişkili temel sağlık etkileri
40	7. ÖNCE VE SONRA: HAVA KALİTESİNİN DÜZELMESİNİN HALK SAĞLIĞINA YARARLARI - Çevresel hava kirliliğini azaltan yasal müdahalelerden sonra halk sağlığının düzelmesinin örnekleri
43	8. HAVA KİRLİLİĞİ PARADOKSU: KÜÇÜK RİSKLER, BÜYÜK HALK SAĞLIĞI YÜKÜ - Çevresel hava kirliliğinin mevcut düzeyleriyle ilişkili rölatif riskler genelde oldukça düşük iken olmasına rağmen hava kirliliğinin halk sağlığı üzerindeki genel etkisi önemlidir. Bu nedenle temiz hava politikalarının yararı çok daha fazla olabilir.
49	9. HEKİMLERİN VE SAĞLIK ÇALIŞANLARININ ROLÜ - Hava kirliliği maruziyetini ve sağlık üzerindeki etkilerini azaltmada alınacak önlemler için hekimler ve sağlık çalışanları neler yapabilirler?
53	10. EK 1. AVRUPA’DA EMİSYON VE HAVA KALİTESİ İLE İLGİLİ YASAL DÜZENLEMELER - Avrupa’da emisyon yasa çerçevesi
57	EK 2. PARTİKÜLLER VE ETKİLERİ
62	11. KISALTMALAR
63	12. KAYNAKLAR

TÜRKÇE BASKI ÖNSÖZÜ

Avrupa Solunum Dernekleri Forumu, Forum of European Respiratory Societies (FERS) üyesi olan Türk Toraks Derneği, Avrupa Solunum Derneği Çevre ve Meslek Grubunun “HAVA KALİTESİ ve SAĞLIK” kitapçığını ülkemize kazandırmış olmaktan büyük bir gurur duymaktadır.

Kuruluşumuzdan beri öncelikli görev alanımızı, koruyucu hekimlik ve hastalıkların önlenmesi olarak tanımlamış bulunmaktayız.

Dünyada ve ülkemizde hava kirliliği, akciğer sağlığını tehdit etmektedir. Bu yüzden solunan havanın kalitesini sağlamak için, tüm ilgili kamu kurumları, özel sektör, sivil toplum kuruluşları, hekim ve uzmanlık dernekleri ile işbirliği yapmak zorundayız.

Dünyada bu konuda en önemli çalışmaları yapmış olan uzmanların hazırladığı bu broşür, hava kirliliği ile mücadelenin önemli bir adımıdır. Bilimsel bulguları bu Türkçe çeviri ile ülkemizdeki kamuoyuyla paylaşmak ve gerekli önlemlerin alınmasını sağlamak istiyoruz.

Türkçe çeviriyi, hiçbir karşılık beklemeden, büyük bir emek ve özveriyle gerçekleştiren Türk Toraks Derneği, Çevresel ve Mesleki Hastalıklar Çalışma Grubuna, özellikle Dr. Fatma Evyapan, Dr. Dilşad Mungan, Dr. Metin Akgün ve Dr. Peri Arbak arkadaşlarımıza teşekkürü bir borç biliriz.

Dr. Bilun GEMİCİOĞLU
TTD Bilimsel Komite Başkanı

Dr. Feyza ERKAN
TTD Genel Başkanı

1. EDİTÖRLERDEN

DEVAM EDEN HAVA KİRLİLİĞİ SORUNU



Bir zamanlar endüstrisi gelişmiş ve yoğun nüfusu olan şehirlerin yerel ancak önemli bir problemi olan hava kirliliği, günümüzde tüm ülkeler için halk sağlığını tehdit eden daha sinsi bir probleme dönüşmüştür. Evlerde kullanılan kömür sobaları, elektrik santralleri ve ağır endüstriden kaynaklanan duman gökyüzümüzden büyük oranda kayboldu. Bu durum temiz yakıt kullanımı, baca gazlarının filtrelenebilmesi ve işleme teknolojisindeki gelişmeler ve en fazla kirliliğe yol açan endüstrilerin az gelişmiş, kirlilik kontrolünün az olduğu ülkelere ihraç edilmesi ile sağlandı. Bu süreçte motorlu taşıt taşımacılığı büyük bir artış gösterirken hayvancılık gibi başka kirlilik kaynakları ortaya çıktı.

Kirlilik uzak mesafelere taşınmakta, fotokimyasal reaksiyonlar sonucu ozon gibi sekonder kirleticiler oluşmaktadır. Sonuç olarak eskiden olduğu gibi “kirli” şehirler ve “temiz” kırsal alan ayrımı net olarak yapılamamaktadır. Günümüzde toplumun büyük bir bölümü 50 yıl öncesine göre tehlikeli düzeydeki hava kirliliğine daha fazla maruz kalmaktadır. Eskisine göre hava kirliliği daha az görünür ve daha az irritatif hale geldiğinden sağlık risklerini anlamak ve ilişkilendirmek daha problemli hale gelmiştir.

ERS Çevre Komitesi üyelerinin hava kirliliği ve sağlık konusunda bir kitapçık hazırlaması, günümüzde hava kirliliğinin ne olduğunu ve sağlığımıza ne zararlar verdiğini geniş bir kitleye açıklama gayretleri açısından yararlı bir girişimdir. Yazarların bilimsel yetkinlik ve üslup açısından üst düzeyde olması nedeniyle ele aldıkları konular klinisyenlerin, halk sağlığı ile hekimlerinin, hasta kuruluşlarının, bilgilendirilen halk kitlelerinin ve temsilcilerinin konuya ilgisini çekecektir. Yine de bu, eldeki materyalin işten eve giderken trende öylesine üstünkörü okunmaya uygun olduğu anlamına gelmemektedir. Mantıksal olarak bakıldığında hava kirliliğinin sağlık üzerine etkileri gibi geniş bir konuya bu şekilde basit bir yaklaşım gösterilemez. Okuyucu göz atmak yerine her konuyu derinliğine inerek okumalıdır. Benim önerim her seferinde bir bölüm okunması şeklinde. Böylece bir sonraki konu, ertesi gün daha fazla takdir edilecektir.

*Bert Brunekreef, PhD
Çevresel Epidemiyoloji Profesörü
Risk Değerlendirme Bilimleri Enstitüsü, Utrecht Üniversitesi, Hollanda*



Nefes almak yaşamı sürdürmek için gerekli en temel insani fonksiyondur. Hava, vücuda ve kan akımına diğer maddelerden daha fazla girmektedir. Maalesef insanlar endüstriyel, ısıtma ve trafik emisyonu nedeniyle birçok kirlenici maddeye maruz kalmaktadır. Bu maddeler, özellikle partikül ve gazlar şehirlerin ve büyük kentlerin üzerinde kirli bir şemsiye gibi durmaktadır. Toksik maddelerle kontamine olmuş havanın solunması bireyler için sağlık riski oluşturmakta ve halk sağlığını tehdit etmektedir. Hava kirliliğinin sağlık üzerine olan etkileri uzun süreden beri gözlenmektedir. 1960'lı ve 1970'li yıllardaki politik önlemler geçmişte havanın kontaminasyonunu sert bir şekilde azaltabildi. Ortaya hava kirliliğine karşı savaşın kazanıldığına dair yaygın bir yanılsama çıktı. 1990'ların başında yapılan araştırmalar hava kirliliğinin çok düşük düzeylerinde bile sağlık etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü tarafından hava kalitesi kontrol kılavuzlarının (WHO Hava Kalitesi Kılavuzları, 2006) sıkı bir şekilde uygulanması önerilmektedir.



Avrupa Solunum Derneği (ERS), Avrupa Birliği'ndeki tüm vatandaşların temiz bir havaya özgürce ulaşmasının temel bir ihtiyaç ve hak olduğuna inanmaktadır. Avrupa Birliği'ndeki, ulusal ve lokal düzeydeki yöneticilerin bireyin bu temel hakkına saygı duyulduğunu ortaya koyma, Dünya Sağlık Örgütü tarafından

belirtilen maksimum kirlilik düzeyine ulaşıldığında harekete geçme sorumlulukları bulunmaktadır. Sağlık risklerinin eşit olamayan dağılımı ülkeler ve toplumlar arasındaki ya da aynı toplumda farklı gruplar içerisindeki kötü hava kalitesine maruziyet farklılıkları ile ilişkilidir. Bu da eşit çevre gibi temel bir prensibin ihlali demektir.

Hava kirliliğinin sağlık üzerine olan etkileri ile ilgilenilme konusuna gelince akla hemen Göğüs Hastalıkları hekimleri gelmektedir. Astım insidansı ve alevlenmesi; kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) ve akciğer kanseri onların uzmanlık alanı içerisinde. Bunlara önceden sigara ile ilişkili akciğer hastalığı olanlarda sık görülen kardiyovasküler durumları (örneğin; iskemik kalp hastalığı ve kalp yetmezliği) da ekleyebiliriz.

Bu arka planı göz önüne alarak, Avrupa Solunum Derneği Çevre ve Sağlık Komitesi, Göğüs Hastalıkları hekimlerinin hava kirliliğinin sağlığa etkisi ve hava kirliliğine maruziyet ile ilgili karmaşık konuların tamamını daha iyi anlaması için materyal sağlamak amacıyla bir girişim başlattı. Kirlilik araştırmalarında öncü bir figür olan Nino Künzli, birlikte çalıştığı ekiple olağanüstü bir çaba göstererek havamız ve hava kirliliği araştırmalarının güncel durumu gibi tüm hekimlerin ve eğitimli bireylerin bilmesi gerekenleri birkaç sayfaya sığdırmaya çalıştı.

Ancak hekimlerin tek görevi hızla gelişen bu alanda bilgilerini artırmak değildir. Atmosferin kirlenmesinin önüne geçmek için gerektiğinde bir avukat gibi davranmaları gerektiğine inanıyoruz. Hekimler aynı zamanda farkında olmalı ki, hava kirliliği Avrupa halkı için en büyük çevresel problem olup, günümüzde tüm insanların temel hakkı olan temiz hava soluma hakkını sınırlamaktadır. Bu problemin sağlık üzerinde önemli bir etkisi bulunmakta ve gelecekte de halk sağlığını tehdit etmeye devam edecektir. Bu durumda sizlerden güçlü bir kararlılık beklenmektedir: Öncülük edin, hastaları bilinçlendirmek için sözcülük yapın, hava kirliliğinin zararlı etkilerini azaltacak büyük ölçekli stratejiler araştırın.

*Nikolaos Siafakas
2009-2010 ERS Başkanı*

*Francesco Forastiere,
ERS Çevre ve Sağlık Komite Başkanı*



2. GİRİŞ

Bu kitapçık nedir? Neleri kapsamaktadır?

Hava kirliliğinin sigara gibi morbidite ve mortalite nedeni olduğu kanıtlanmıştır. Pasif sigara içiciliğinin de ötesinde hava kirliliği, bir yaşam tarzı olmayıp doğumdan ölüme kadar, toplumun tamamını etkileyebilen, sürekli ve farkında olunmadan maruz kalınan çevresel bir kirliliktir. Avrupa nüfusunun büyük bir bölümü sağlıklı hava kalitesi olan bölgelerde yaşamaya devam etmektedir. Bazı bölgelerde, bazı kirlleticiler için bu durum düzelmemekte hatta daha da kötüye gitmektedir. Ayrıca, yakıt ve benzin teknolojisi, endüstriyel üretim, transport ve kentsel planlamadaki değişiklikler içeriklerini etkilemekte, bu değişim aynı şekilde havanın toksik özelliğine ve insanların maruziyetine yansımaktadır.

Bu önemli çevresel tehlikenin halk sağlığı etkilerini anlamak hem araştırmacılar hem de politika yapımcıların sürekli olarak halk sağlığını iyileştirmek için ortaya koyduğu çabada zorluk yaratmaktadır. Tıbbın kanıta dayalı olması gerektiği gibi halk sağlığı faaliyetleri ve politikaları da bilime dayalı olmalıdır. Bu nedenle güncel bilimsel veriler politika yapımcılara kapsamlı bir şekilde ulaştırılmalıdır. Bu durum özellikle Avrupa Birliği için aciliyet taşımaktadır. Çünkü Avrupa Birliği'nde hava kalitesi standartlarına çoğu üye ülkeye ve dünyanın diğer bölgelerindeki bazı ülkelere göre daha az titizlik gösterilmekte ve araştırma bulgularında karışıklık yaşanmaktadır. Tütün kullanımında olduğu gibi, hekimlerin ve diğer sağlık çalışanlarının sesi

politika yapımcılarının ve halkın görüşünü şekillendirmede önemlidir. Bu kitapçığın amacı daha kaliteli bir havayı önermek, vatandaşların sağlık gereksinimini savunmak ve hastalarına tavsiyelerde bulunmak için hekimleri ve diğer sağlık çalışanlarını desteklemektir. Bu kitapçık doğa ve devam eden çevresel problemlerin sağlık etkileri hakkında güncel bilgilere genel bir bakış sağlamaktadır.

İÇERİK

Bu kitapçığın içeriği insan kökenli kaynaklar ile endüstriyel ve trafik kaynaklı aktivitelerden kaynaklanan çevresel (dış ortam) hava kirliliği ile sınırlıdır. Bu kaynaklar tüm ülkeler için ortak olup uluslararası politikalar çerçevesinde ele alınmalıdır. Çünkü hava kirliliği ülke sınırlarını tanımamaktadır. Avrupa'da tek, en önemli ve önlenebilir sağlık sorunu olan tütün kullanımının aksine insanların çevresel hava kirliliğine maruziyetten kaçmak için çok az şansı vardır. İnsanlar zamanlarının çoğunu iç ortamda geçirmesine rağmen iç ortamda toksik maddelere kişisel maruziyetin temel belirleyicisi yine dış ortamdaki hava kirliliğidir. Doğrudan iç ortamdan kaynaklanan kirlilik bu kitapçıkta ele alınmamıştır. En önemli iç ortam kirleticisi olan -çevresel tütün dumanı- başka bir ERS yayını olan - Lifting the smokescreen: 10 reasons for a smoke free Europe- [1] isimli kitapçığın konusudur. Aynı şekilde dünya genelinde birçok ülkede önemli bir sağlık tehdidi olan pişirme ve ısıtma için biyolojik yakıt kullanımı da bu kitapçıkta doğrudan ele alınmamıştır. Biyolojik yakıt kullanımının etkileri ile ilgili bir derleme yakın zamanda yayımlanmıştır [2].

Kitapçığın her bölümünde ana metin, açıklayıcı şekil ve tabloların yanısıra metin içerisinde geçen ana konuları tamamlayıcı kutular yer almaktadır. Kitapçıkta hava kirliliğinin sağlık üzerine olan etkisinin özetlenmesi ile yetinilmeyip metodolojik konular, hava kirliliğinin kaynakları ve konsantrasyonları, halk sağlığı açısından riskler açısından da temel bir bakış açısı sağlamaktadır. Kitapçık sağlık çalışanlarının bu konularla mücadelede oynayabileceği rolü özetleyen "Hekimlerin ve Sağlık Çalışanlarının Rolü" ile sona ermektedir. Dış ortam hava kirliliği yüzlerce kirleticinin kompleks bir karışımı ile oluşmaktadır. Farklı kirleticilerin karışımı ile yapılan çoğu işlemin sağlık etkileri henüz anlaşılamamıştır. Fakat bazı kirleticiler detaylı bir şekilde incelenmiş olup bazı düzenlemeler yapılmasını gerektirmektedir. Kitapçığın eki bazı bireysel kirleticiler için düzenleyici çerçeve konusunda detaylar vermekte ve temel sağlık etkilerini özetlemektedir. Kitapçığın en sonunda kısa bir terimler sözlüğü ve kaynaklar yer almaktadır.

Bu kitapçık kapsamlı bir literatür incelemesi olmayıp daha çok özellikle Avrupa bulgularına odaklanan seçilmiş çalışmalar ile diğer temel çalışmalarda elde edilen bilgilerin bir sentezidir. Tercihen daha güncel çalışmalara ve derlemelere atıfta bulunuldu. Umarız bu kitapçık önlenebilir sağlık problemlerinin nedenlerinden biri olan dış ortam hava kirliliği konusunda toplumu koruyacak politikaların geliştirilmesine destek olma bağlamında bilime dayalı tartışmaya katkı sağlayabilecek okuyucuların bilinçlenmesine destek olur.



3. HAVA KİRLİLİĞİ, HASTALAR VE TOPLUM

Hava kirliliğinin toplum sağlığı üzerindeki etkileri

Son 50 yılda hava kirliliğine yol açan maddelerin havadaki düzeylerinde azalma olmasına karşın hala ortamda toplum sağlığını etkileyecek düzeyde kirletici vardır. Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin anlaşılmasına yönelik girişimler; kaynağın saptanmasını, çeşitli kirleticiler arasındaki etkileşimin ortaya konmasını, toplumun partikülle temas özelliklerinin belirlenmesini ve hava kirliliği etkilerinin diğer kaynakların yarattığı etkilerden ayrıştırılmasını kapsar (Kutu 3a).

HAVA KİRLİLİĞİNE YOL AÇAN KARIŞIMLAR

Hava kirliliğine yol açan partiküller ile her ortamda oldukça karmaşık bir temas söz konusudur (Bölüm 4), sağlık üzerindeki etkilerinin araştırılması da bu nedenle zordur. Hava kirliliğine yol açan karışımların araştırma amacıyla standardize edilmeleri ve laboratuvar ortamında aynı temasın sağlanması mümkün olmamaktadır. Deneysel araştırmalarda bu nedenle birden fazla kirleticinin etkileşimi yerine tek bir partikülün toksikolojik özellikleri incelenmektedir. Epidemiyolojik çalışmalarda bir veya birkaç partikülün etkisi araştırıldığından her birinin sağlık üzerindeki etkilerine yönelik nedensel bir ilişki ortaya konamamaktadır. İdeal yaklaşım araştırmalarda tek bir kirleticinin yerine kaynağı belirli standard karışımların etkilerinin incelenmesi olmalıdır.

SAĞLIK ÜZERİNDEKİ GENEL ETKİLERİ

Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri oldukça karmaşıktır. İnsan vücudunda hava kirliliğine öncelikle burun ve akciğerler maruz kalır. Partikülün fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve kişinin solunum sistemi fonksiyonlarına bağlı olarak solunum sisteminin çeşitli bölümleri etkilenebilir. Büyük partiküller çoğunlukla üst solunum yollarında birikirken küçük çaplı partiküller periferik hava yolları ve alveollere ulaşırlar, aynı zamanda burunda da birikim olur. Suda çözünen gazlar (SO_2) üst solunum yollarının mukus tabakası ile reaksiyon oluşturur, NO_2 gibi suda daha az çözünen gazlar alveollere erişirler.

Partiküller solunum sisteminin savunma mekanizmaları üzerinde olumsuz etkiye yol açabilirler. Mukus tabakası ve silialı epitel hücreleri hava yollarında yabancı partiküller için ilk savunma basamağını oluştururlar. Hava kirliliğine yol açan partiküller mukus oluşumunu ve yapısını ve/veya silialı epitelin fonksiyonunu bozarlar. Ayrıca, epitel hücreleri arasındaki serbest sinir uçlarını ve bronş düz kaslarını etkileyerek hava yollarında aşırı duyarlılığa ve mukus sekresyonunu artırarak öksürük ve balgama yol açarlar.

Küçük hava yollarında partiküller alveolar makrofajları ve gaz alış-veriş bölgesindeki hücre tabakasını etkilerler. Lokal inflamasyon gaz alışverişinde sorunlara yol açarken kronik inflamasyon alveolo-kapiller membranda kalınlaşmaya neden olur. Salınan mediatörler ve otonom sinir sistemi etkileri sistemik yanıtı neden olur, hava kirliliğinde solunum sistemi yanı sıra kardiyovasküler sorunlar gelişmesi bu nedenle olmaktadır. Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri detaylı olarak Bölüm 6' da tartışılmıştır.

AKUT VE KRONİK ETKİLER

Hava kirliliğinin akut etkileri temastan sonraki saatler veya günler içinde ortaya çıkabilir, ancak uzun süreli maruziyet kronik semptomlara yol açar. Epidemiyolojik çalışmalar planlanırken akut ve kronik sürecin ayırt edilmesi önem taşımaktadır (Bölüm 5'te tartışılmıştır).

TOPLUM SAĞLIĞI VE BİREYSEL RİSKLER

Hava kirliliğinin bireysel etkilerini ortaya koymaya yönelik tanısal testler veya klinik yöntemler yoktur. Buna karşın hava kirliliğinin oluşturduğu risklere yönelik sayısız kantitatif veri bulunmaktadır. Risk; relatif risk (RR) veya odds ratio (OR) olarak ifade edilir. Bu şekilde belirlenen rakamlar hava kirliliğine maruz kalan bireyin tanımlanan sağlık sorunlarını yaşama olasılığını gösterir. RR veya OR'nin 1,0 olması hava kirliliğine maruz kalan bireyler ile hava kirliliği teması olmayanların aynı riski taşıdığını gösterir, bu durumda temasın bir risk oluşturduğundan bahsedilemez. Ancak hava kirliliğinin toplum sağlığı üzerindeki etkilerini açıklamak bu kadar basit değildir. Bölüm 8'de küçük rölatif riskler ve hava kirliliğinin oluşturduğu yaygın toplum sağlığı etkileri tartışılmıştır.

Kutu 3a

Hava kirliliği ve sağığı anlamak: Zorluklar

Hava kirliliğinin sağıık üzerindeki etkileri oldukça karmaşık ve zor bir konudur. Bu konuda yapılmış araştırmaların yorumlanması ve çözüm üretilmesi kolay değildir. Aşağıda bu konuyla ilgili tartışmalar verilmiştir.

HAVA KİRLİLİĞİNİN ÇOK SAYIDA KAYNAĞI VARDIR.

Yerleşik veya hareketli yanıcı, yakıcı işlemler önemli role sahiptir.

HAVA KİRLİLİĞİ BİRÇOK PARTİKÜL İÇEREN BİR KARIŞIMDIR.

Yüzlerce partikül söz konusudur, ancak çok az bir kısmı araştırılmış ve bunlarla ilgili düzenlemeler yapılabilmektedir.

HAVA KİRLİLİĞİ DİNAMİK BİR OLAYDIR.

Ortaya çıkan partiküller birbirleriyle ve çevreyle karmaşık bir etkileşim içindedirler. Bu süreçte ısı, nem ve diğer çevre koşullarının da etkisi olmaktadır. Oluşan kirlilik bu nedenlerle konsantrasyon, bileşim ve muhtemelen toksik etkiler açısından farklılıklar gösterir.

MARUZİYET DEĞİŞKENDİR.

Kaynağıya yakınlık, insan ile kaynak arasındaki fiziksel bariyerler, partiküle maruz kalma süresi ve kişinin fiziksel aktivite düzeyi gibi faktörler kişinin maruziyet yoğunluğunu etkiler ve hedef organa ulaşan doz üzerinde belirleyici olurlar.

DÜŞÜK DÜZEYDE TEMAS

Günümüzde birçok Avrupa ülkesinde hava kalitesinin 1950’li yıllara kıyasla daha iyi olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle hava kirliliğine ait etkilerin o dönemlere göre daha az olması beklenir.

NEDEN VE OLUŞAN ETKİ ARASINDAKİ İLİŞKİ ÇOK KESİN DEĞİLDİR.

Hastalarda hava kirliliği ile ilişkili olabilecek klinik belirti ve patolojik bulgular saptanabilmesine karşın, oluşan klinik durumların hiçbirisi hava kirliliğine spesifik değildir ve başka bir nedeni dışlatmaz. Örneğin; miyokard infarktüsü için birçok risk faktörü tanımlanmıştır, bunların arasında hava kirliliği de vardır, ama hangi olgularda hava kirliliğinin infarktüse yol açtığı kesin olarak belirlenemez. Hava kirliliğine spesifik bir hastalığın olmadığı bilinmelidir (Bölüm 9).

HAVA KİRLİLİĞİ İZOLE BİR ETKİ YARATMAZ.

İnsan sağığı birçok eksojen ve endojen faktörün etkisi altındadır, hava kirliliği de bu faktörlerle etkileşim içindedir, bu nedenle izole etkilerini izlemek mümkün değildir.



4. KİRLETİCİLER, KAYNAKLARI VE DÜZEYLERİ

Hava kirliliğine katkıda bulunan temel kirleticiler,
kaynakları ve Avrupa'da kirletici emisyonları ve hava kalitesi
açısından güncel durum

GİRİŞ

Hava kirliliği partiküller, kimyasal bileşenler ya da biyolojik maddeler gibi atmosferin yapısında bulunan ve insanlar ya da diğer yaşayan organizmaların sağlığını olumsuz etkileyen; çevreye zarar veren bileşenleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Hava kirliliği hem havada doğal olarak bulunmayan maddeleri hem de doğal olarak bulunmasına karşın normalden daha yüksek konsantrasyonlara erişen ya da normalde bulunmaması gereken yerlerde bulunan doğal bileşenleri de tanımlı kapsamına almaktadır. Hava kirliliği hem doğal süreçler örneğin; volkanik aktivite ya da toz fırtınası sonucu ortaya çıkabileceği gibi, fosil yakıtların yanması ya da kimyasal madde üretimleri gibi insan aktiviteleri sonucu da görülmektedir. Bu kitapçığın ve aynı zamanda kirliliği azaltmak ya da önlemek için gerekli politikaları oluşturanların temel odağı insan kaynaklı hava kirliliğidir.

Hava kirleticileri oluşma biçimlerine göre primer ya da birincil ve sekonder ya da ikincil olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir. Birincil kirleticiler doğrudan insan kaynaklı aktivitelerden kaynaklanır ve yayılır. Örneğin; motorlu taşıtlardan çıkan karbonmonoksit ya da fabrikalardan kaynaklanan SO₂ birincil kirleticilerdendir. İkincil kirleticiler ise birincil kirleticilerin atmosferde reaksiyona ya da etkileşime girmesi sonucu ortaya çıkar. İkincil kirleticilerin en önemlilerinden birisi toprak düzeyindeki ozon (O₃) miktarıdır. Ozon, birincil kirleticiler ile güneş ışığı arasındaki kimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkar (Kutu 4a). Bazı kirleticiler örneğin; çeşitli büyüklüklerdeki partiküller hem primer hem de sekonder olabilir.

Kirleticileri kaynaklarına göre de sınıflandırabilmek mümkündür. Burada emisyonları dış ortamdaki konsantrasyonlarından (yani “emisyonlar”ından) ya da hava kalitesinden ayrı değerlendirmek önemli ve yararlıdır.

SIK RASTLANAN KİRLETİCİLER VE MİNÖR HAVA KİRLETİCİLERİ

Gelişmiş ülkelerde, atmosfere salınan başlıca kirleticiler kükürtdioksit (SO₂), başta nitrojenioksit olmak üzere nitrojen oksitleri (NOx), uçucu organik bileşenler (UOB), partiküler maddeler (PM) ve amonyaktır (NH₃) ve bu kitapçığın temel konusunu oluşturmaktadırlar.

Kükürtdioksit ya da SO₂ sülfür oksit gazları (SOx) ailesindendir. Kükürt işlenmemiş materyallerde örneğin; işlenmemiş petrolde, kömürde ve sık rastlanan madenlerin örneğin; alüminyum, bakır, çinko, kurşun ve demirin filizlerinde bulunur. SOx gazları sülfür içeren yakıtlar yandığında, petrolden mazot elde edilmesi sırasında ya da filizlerinden metallerin saflaştırılması süreçlerinde ortaya çıkar.

NOx ise oldukça reaktif olan ve hepsi de değişen oranlarda nitrojen (azot) ve oksijen içeren gazlara verilen genel addır. NOx yakıtların yüksek ısıda yanması ile çevre havasına salınır. Taşıt trafiği NOx'in temel kaynağıdır. Havaya salınan kükürt ve azot bileşenleri sağlık üzerine olan etkilerinin yanı sıra potansiyel olarak asitleştirici etkilere sahiptirler ve duyarlı toprak ya da sudaki ekosistemlere zarar verebilir. Nitrojen bileşenleri aynı zamanda eutrofik etkiye sahiptir yani toprak ya da sudaki besinlerde gereksinimin dışında birikir. Uçucu organik bileşenler ise yüksek buhar basıncına sahip olan ve normal koşullarda önemli ölçüde buharlaşarak atmosfere giren organik kimyasal bileşenlerdir. Oldukça fazla sayıda

karbon temelli molekül örneğin; aldehidler, ketonlar ve diğer hafif hidrokarbonlar uçucu organik bileşenler olarak sınıflandırılmışlardır. Duruma göre bu terim hem oldukça iyi tanımlanmış organik bileşenleri hem de farklı bileşimlere sahip karışımları belirtmek için kullanılabilir. Partiküler madde (PM) kirleticiler primer ve SO₂, NOx, NH₃ ve UOB'ler gibi öncül gazlardan gelişmiş sekonder parçacıklardan meydana gelmiştir. PM kirliliği oldukça küçük parçacık ya da damlacıkların oluşturduğu kompleks bir karışımdır. Partikül kirliliği asidler (örneğin; nitratlar ve sülfatlar), organik kimyasallardan, metallerden ve toprak ve toz gibi pek çok bileşenden meydana gelmiş olup tipik olarak parçacıkların büyüklüğüne göre sınıflandırılmaktadır. Kutu 4b' de çok önemli olan bu kirletici grubu ayrıntılı olarak tanımlanmıştır.

O₃ dünyanın pek çok bölgesinde önemli olan bir diğer ana kirleticidir. Her ne kadar doğrudan salınmasa da, O₃ ısı ve güneş ışığı varlığında atmosferde NOx ve UOB'ler arasında meydana gelen reaksiyonlar tarafından oluşturulur. Bu oldukça önemli ikincil toksik kirleticiler Kutu 4a' da daha ayrıntılı olarak tanımlanmaktadır.

NH₃ hayvan atıklarından türeyen ve yaygın olarak rastlanan bir yan üründür. Bunun nedeni hayvanların besinlerle aldığı azotu etkin olmayan bir biçimde dönüştürmesidir. Büyük baş hayvanlar ve kümes hayvanları genellikle yüksek oranda protein içeren yemlerle beslenir ve dolayısıyla yüksek oranda azot içeren bu yemler beslenme gereksinimini tam olarak karşılanmasını sağlar. Azot hayvan proteini (et, süt, yumurta) şeklinde metabolize olmadığı için idrar ya da dışkı ile atılır. Gübrenin ayrışması sırasında mikropların da etkisi ile amonyak açığa çıkar.

Diğer hava kirleticileri ise genelde daha düşük miktarlarda salınmalarına karşın bölgesel ya da yerel ölçekte önemli sağlık etkileri oluşturabilirler ve bu nedenle bazıları diğer önemli kirleticilerle birlikte düzenlenmektedirler.

Son yıllarda miktarı dramatik olarak azaltılmış olmasına rağmen kurşun salınımı da önemli bir sağlık tehdidi olmaya devam etmektedir. Kurşun işlenmiş ürünler kadar çevrede doğal olarak da bulunmaktadır. Geçmişte kurşun salınımı önemli ölçüde motorlu araçlardan ya da endüstriyel kaynaklardan olmaktadır. Benzinden kurşunun kaldırılması ile ABD'de 1980 ile 1999 arası ulaşım sektöründen kaynaklanan kurşun emisyonu %95 oranında, havadaki kurşun oranı ise %94 oranında azaldı. Avrupa Birliği'nde 2000 yılında kurşunlu benzin tamamen yasaklandı. Kurşunlu benzin halen Güney Amerika'da, Doğu Avrupa, Asya ve Orta Doğu'nun bazı bölgelerinde kullanılmaktadır ama pek çok ülke yakın bir gelecekte

kurşunlu benzin kullanımını tamamen yasaklama planları yapmaktadır. Kurşunlu benzinin yasaklandığı ülkelerde havadaki en yüksek kurşun oranlarına dökümhanelerin yakınlarında rastlanmaktadır. Diğer kalıcı kurşun kaynakları arasında çöp yakma üniteleri ve kurşunlu akü imalathaneleri sayılabilir.

Atmosfere salınan ve sağlık üzerinde önemli zararlı etkileri olabilecek minör kirleticiler arasında persistan organik kirleticileri saymak mümkündür. Persistan organik kirleticileri kimyasal, biyolojik ya da fotolitik süreçler aracılığıyla gerçekleşen çevresel ayrışmaya dirençli organik bileşenlerdir. Bu nedenle çevrede uzun

süre kalıcılıklarını korurlar, uzun erimlere taşınabilirler, insan ya da hayvan dokularında biyolojik olarak birikirler, besin zincirlerinde biyolojik olarak artabilirler ve insanlar ve çevre üzerinde zararlı etkiler oluşturabilirler. Persistan organik kirleticiler arasında aldrin, klordan, DDT, dieldrin ya da endrin sayılabilir. Diğerleri endüstride ve pek çok yararlı maddenin yapımında kullanılan solventler, polivinil klorid ve farmasötiklerdir. Bunun dışında çoğu çöp ve atık maddelerin yanması gibi endüstriyel işlemler sırasında açığa çıkan yan ürünler de bu gruba girmektedir.

Tablo 4.1 İnsan aktiviteleri ile ortaya çıkan ana ve ikincil kirleticileri özetlemektedir.

Tablo 4.1. **İnsan aktiviteleri ile ortaya çıkan ana ve ikincil kirleticileri**

KİRLETİCİLER	KISALTMALAR	KAYNAK VE OLUŞMA MEKANİZMALARI
BİRİNCİL KİRLETİCİLER		
Sülfür oksitleri/sülfürdioksit	SO _x /SO ₂	Yanan kömür ve petrol
Nitrojen oksitleri/nitrojen dioksit	NO _x /NO ₂	Yüksek ısıda yanma ile salınır
Karbonmonoksit	CO	Doğalgaz, kömür ya da odunun tam olmayan yanması ile ortaya çıkan bir üründür. Taşıtlardan kaynaklanan egzoz dumanı CO'nin temel kaynağıdır.
Karbondioksit	CO ₂	Yanma sonucu salınan sera gazları
Uçucu organik bileşenler	UOB'ler	Hidrokarbonlu yakıt buharları ve solventler
Partiküler Madde	PM	Erozyon ya da yakıt sonucu ortaya çıkarlar. PM ₁₀ asılı partiküllerin çapı 10 mm ya da daha küçük olan ve nazal kavitenin distaline geçen bölümüdür. PM _{2,5} 'nin en geniş çapı 2,5 mikrondur ve bronşlarla akciğerlere girer.
Amonyak	NH ₃	Tarımsal aktivitelerden salınır
Kurşun	Pb	Doğada bulunur, kurşun eritilmesi sırasında oluşur, eski boyalarda ve kurşun kaplamalarda bulunur.
Persistan organik kirleticiler		Endüstriyel işlemler sırasında ya da onların yan ürünleri olarak meydana gelir.
İKİNCİL KİRLETİCİLER		
Partiküler madde	PM	Ana gaz kirleticilerden kaynaklanır ve NO ₂ gibi fotokimyasal smogun bileşenlerindendir.
Ozon	O ₃	NO _x ve UOB'ler arasında güneş ışığının varlığında gelişen bir kimyasal reaksiyondur.

HAVA KİRLİLİĞİ KAYNAKLARI

Gerek şehirler gerekse kırsal alanlarda çok sayıda hava kirleticisi kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynakları çeşitli yollardan tanımlamak ve sınıflandırmak mümkündür. Aşağıda bu ana kaynakların bazıları ve bunlarla ilişkili kirleticiler yer almaktadır.

Trafik

Pek çok bölgede hava kirliliğinin temel kaynağı yollardaki trafikten kaynaklanmaktadır. Burada trafik denildiğinde taşıt araçlarının boyutu ya da amacı ne olursa olsun trafikten kaynaklanan tüm emisyonlar anlaşılmalıdır. Yollardaki taşıtlar hava kirliliğine farklı yollardan katkıda bulunmaktadır. Her ne kadar pek çok modern araçta egzoz gazı dışarı salınmadan önce katalitik bir dönüştürücüden geçse de motorlu taşıtlarda benzin ya da dizelin yanması pek çok kirletici içeren egzoz gazlarının oluşumuna neden olur. Bu kirleticiler tipik olarak CO, NO_x, UOB, asılı PM ve bir dizi katkı maddesidir. Bazı ülkelerde benzinde katkı olarak hala kurşun bulunmaktadır.

Egzoz emisyonları trafiğe bağlı kirliliğin tamamını oluşturmaz. Buharlaşabilen yakıt emisyonları özellikle benzinle çalışan araçlarda önemli bir kirlilik kaynağıdır. Ayrıca trafik yolları kaplayan materyalin aşınması, parçalanması sırasında havaya karışan parçacıkların yayılmasına yeniden havada asılı hale gelmesinde de rol oynamaktadır. Diğer kirletici kaynakların aksine trafik emisyonları insanların yaşadıkları, çalıştıkları, dolaştıkları, paylaştıkları alanların çok yakınında gerçekleşmektedir. Bu nedenle trafiğe bağlı kirleticiler gerek araştırmacıları gerekse politikacıları özellikle çok yakından ilgilendirmektedir. (Kutu 4d ve Ek 1).

Sabit Yanma Kaynakları

Fosil yakıtların endüstriyel kuruluşlarda, rafineri ve enerji santrallerinde yakılması ve evlerde ısınma ya da pişirme amaçlı kullanılması da önemli bir hava kirliliği kaynağıdır. Yüksek ısıda yanma NO_x ve eğer yakıtta kükürt bulunuyorsa SO₂ kaynağıdır. Bu kirlilik kimyasal ürünler imal eden fabrikalardaki kaçaklardan da kaynaklanabilir.

Geçici Kaynaklar

Orman yangınları ve biyolojik yakıt kullanılması da başta NO_x, CO, UOB'ler ve PM'nin salınmasına yol açan önemli bir yanma emisyon kaynağıdır. Dioksin çöplerin yakılması sırasında salınabileceği gibi olabileceği kaza ile ortaya çıkan

yangınların yanı sıra havai fişek gösterisi gibi önceden planlanmış olaylar sonrasında da ortaya çıkabilir. Ayrıca herhangi bir endüstriyel işlem sırasında da geçici kaçak emisyonlar ortaya çıkabilir. Örneğin; açıktaki stoklanmış materyaller üzerine rüzgar estiğinde PM açığa çıkabilir.

Doğal Kaynaklar

Atmosferde yer alan pek çok eser gaz ve partikül doğal süreçlerle ortaya çıkmaktadır. Ağaçlar ve diğer bitkiler biyojenik UOB'ler salar. Küller volkanik patlama sonucu ortaya çıkar. Denizden fışkıran damlacıklar, rüzgarla havaya kalkan toprak doğal süreçler sonucu oluşmaktadır. Toz fırtınalarının oluşturdukları PM kirliliği sadece oluştukları bölge ile sınırlı kalmayıp aynı zamanda meteorolojik koşullara göre farklı bölgelere taşınabilir (Kutu 4c).

AVRUPA'DA HAVA KİRLİTİCİLERİNİN EMİSYONLARI

Hava kirliliğinin temel itici gücünü insan aktiviteleri oluşturmaktadır. Enerji tüketimi, endüstriyel aktiviteler, artan taşıt talebi ve tarım sektörü emisyonlara en doğrudan katkıda bulunan özel kaynaklardır. Ayrıca, ülkenin gelişmişlik düzeyi de emisyonların tipini ve düzeyini doğrudan etkilemektedir.

AVRUPA'DAKİ EMİSYON VERİLERİ NEREDEN GELMEKTEDİR?

Avrupadaki emisyon düzeyleri ve bunların eğilimleri yıllık Avrupa Birliği Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği (LRTAP) Konvansiyonu'nun Yıllık Raporu'nda özetlenmektedir. Bu raporda 1990'dan beri Avrupadaki önemli hava kirliliği kaynaklarının emisyonları ve bunlara bağlı eğilimleri sunulmaktadır. Bu rapor yıllık olarak Avrupa Komisyonu tarafından tamamlanarak Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Konvansiyonunun Yürütücü Organı'na sunulmak üzere resmi olarak sekreterliğe verilir. Konvansiyonun tarafları (Avrupa Birliği de dahil olmak üzere) belli başlı hava kirleticileri olan SO_x, NO_x, metan olmayan UOB'ler, NH₃, CO, birincil PMler (PM₁₀ ve PM_{2,5}) ağır metaller ve persistan organik kirleticiler ile ilgili emisyon verilerini rapor haline getirir. Raporla emisyonlar temel kaynaklarına göre örneğin; trafik, endüstri ve yapım, elektrik üretimi vs... gibi kategorilere ayrılır. Farklı kaynaklardan gelen temel emisyonlar coğrafi bölgelere göre belirlenir ve böylece emisyon envanterleri oluşturulur. Verilerin çok fazla olması ve karmaşık modelleme yöntemleri nedeniyle envanterlerin eksiksiz ve tutarlı olarak oluşturulması oldukça

Kutu 4a

Ozonun yeryüzü düzeyi ve yaz sisi

Ozon renksiz ve kokusuz bir gazdır ve üç oksijen atomundan meydana gelmiştir. Ozon hem Dünya'nın üst atmosferinde (stratosferde) hem de yeryüzünde (troposfer) görülür. Stratosferdeki ozon Dünya yüzeyini güneşteki radyasyondan gelen ultraviyole ışınına karşı korur. Troposferik ozon ise halk sağlığı için önemli bir sorun oluşturmaktadır (Kutu 6c). Ozon troposferde en fazla bulunan reaktif fotokimyasal oksidandır.

Yeryüzü düzeyindeki ozon güneş ışığının varlığında NO_x ve UOB'ler arasında gerçekleşen karmaşık bir kimyasal reaksiyon sonucu meydana gelir. Bu süreçte nitrik oksit oksijendioksit (NO₂) okside olur. NO₂ moleküllerinin ışık absorpsiyonu sonucu (fotolizis) kimyasal olarak daha küçük birimlere parçalanması NO ve oksijen atomunun açığa çıkmasına ve bu oksijen atomunun da moleküler oksijenle birleşerek ozon meydana getirmesine neden olur. Çevresel olarak NO_x ve UOB'lerin emisyon hızları ozonun oluşma hızını doğrudan etkilediği için arabalar, enerji santralleri, endüstriyel kazanlar, rafineriler, kimyasal fabrikalardan ve diğer kaynaklardan salınan bu gazlara ozon öncülleri adı verilmektedir.

NO_x ile doymuş bir çevrede ozon konsantrasyonu azalırken NO_x emisyonu artar. Yani güçlü NO_x emisyon kaynaklarının yakınında ozon "temizlenme" eğilimi gösterir. Bu oldukça çelişkili bir durumdur: Ozon konsantrasyonları sıklıkla şehir merkezlerinde, özellikle de kalabalık ana trafik arterlerinde daha düşük, şehir kenarlarında ve kırsal kesimde daha yüksektir. Dahası ozon atmosferde oldukça uzaklara taşınma özelliği göstermektedir. Yani düşük NO_x ve UOB düzeylerine sahip uzak bir yerde bile yüksek ozon konsantrasyonları sorunlara neden olabilir. Bu taşınma meteorolojik ve kimyasal süreçlerden etkilenebilir ve yüzlerce kilometre boyunca gerçekleşebilir.

Ozon kirliliğinin temelinde yatan bu fizikokimyasal sürecin bir diğer sonucu da mevsimler ve gece/gündüz ile güçlü bir ilişki olmasıdır. Ozon konsantrasyonu olayın fotokimyasal özelliği nedeniyle yazın ve öğleden sonraları daha yüksek olmasıdır. En yüksek düzeylere tipik olarak yazın kuru ve sıcak günlerinde rastlanır.

Günümüzde ozon hava kalitesi standartlarının temel hedefi yüksek zirve konsantrasyonlara erişilen günlerin mümkün olduğunca azaltılmasıdır. Çok yüksek konsantrasyona erişilen günler (genelde az sayıdadır) medyanın büyük oranda ilgisini çekmekte, buna karşın halk daha düşük (ve sıklıkla da uzun) olmakla birlikte halen sağlık üzerinde olumsuz etki yaratabilecek düzeylerdeki kirlilik periyotlarından pek de haberdar olmamaktadır. Ozon konsantrasyonunun uzun süreli azaltılmasına yönelik izlenecek politikalar, birkaç aşırı yüksek düzeyi azaltmaya yönelik "acil tedbirlerden" ziyade ozon konsantrasyonlarının sürekli olarak düşürülmesini amaçlamalıdır. Böylece halk sağlığı üzerindeki etkileri daha yararlı olacaktır. Bu nedenle bilim adamları ve halk sağlığı uzmanları tüm yaz boyunca ozon düzeylerinin düşürülmesini sağlayacak önlemler alınması konusunda çağrı yapmaktadırlar.

Kutu 4b

Havadaki partiküller-PM₁₀, PM_{2,5} ve diğerleri

Havada asılı halde bulunan katı ve sıvı haldeki parçacıklara genel olarak “partiküler madde” (PM) adı verilmektedir. Bu partiküllerin sayısı, çapı, şekli, yüzey alanı, kimyasal bileşimi, suda eriyebilme özelliği, redoks aktiviteleri ve kaynakları farklılıklar göstermektedir. PM genel olarak parçacık çapına göre sınıflandırılmaktadırlar. Aerodinamik çaplarına göre en sık tanımlanan partikül alt grupları şunlardır:

- TSP: Toplam asılı partikül (total suspended particle: TSP), bunlar çapları 30 mikrona kadar olanlar dahil tüm asılı partikülleri tanım kapsamına almaktadır.
- PM₁₀: Çapı $\leq 10 \mu\text{m}$ olan partiküllerdir.
- Kaba partiküller: Çapları 2,5-10 μm olan kaba partiküllerdir.
- PM_{2,5}: Çapları $\leq 2,5 \mu\text{m}$ olan “ince partikülleri” kapsamına alır.
- Ultra ince ya da ultrafine (UF) partiküller ya da PM_{0,1}: Çapları $\leq 0,1 \mu\text{m}$ olan (tipik olarak 1-100 nm arası) olan partiküllerdir.
- Nanopartiküller de aslında ultrafin partiküllerle aynı büyüklükteki (1-100 nm) parçacıkları içermekle birlikte çevre havasında bulunan partiküllerden ziyade teknolojik olarak üretilen materyalleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir.

PM kirliliğinin düzeyini belirlemek için genellikle kitle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ya da sayı (n/cm^3) kullanılmaktadır. İkincisi yani sayı özellikle çevre havasındaki en küçük ve kitlesi en az olan PM fraksiyonunu tanımlamada önemlidir. Çünkü kitlesi çok küçük olabilmekle beraber partikül sayısı birkaç yüzler ya da binlerle ifade edilebilir. PM’lerin tipik özelliklerinin toksisiteyi konusunda kitlelerine göre daha fazla bilgi verdikleri düşünülmektedir. Örneğin; bazı çalışmalarda PM’lerin redoks aktiviteleri ölçülmektedir, bu özellik PM’lerin oksidatif stresi indüktleyebilme potansiyellerini daha iyi tahmin etmeyi sağlayabilmektedir. Oksidatif stres hava kirliliğinin çeşitli sağlık sorunlarına neden olan potansiyel mekanizmalardan birisidir.

Yukarıda tanımlanan kategoriler aynı zamanda partiküllerin oluşum mekanizmalarını ve kaynaklarını yansıtmaktadır. Her ne kadar kategoriler arasında örtüşmeler olsa da aslında aşağıdaki kuralları göz önüne almak gerekir: kaba partiküller genellikle toz, toprak ve yer kabuğuna ait diğer materyallerin trafiğe açık yollardan, tarım, madencilik aktiviteleri, fırtınalar ya da volkanik aktiviteler sırasında havaya karışarak asılı hale gelirler. Kaba partiküllerin içerisinde aynı zamanda deniz tuzu, polenler, küfler, sporlar ve diğer biyolojik materyaller bulunmaktadır. İnce partiküller ise temel olarak yanma süreci sonrası örneğin; araçların benzin ya da dizel yakıtlarından, orman yangınlarından, kömürle çalışan enerji santrallerinden ve başta dökümhaneler çimento fabrikalarından, kağıt imalathanelerinden, çelik imalathanelerinden çıkan emisyonlarla çevre havasına karışırlar. İnce partiküllerin yapısında ayrıca dönüşüm ürünleri -örneğin; temel olarak sülfür ve NOx emisyonlarından ya da ikincil olarak UOB’lerin emisyonlarından kaynaklanan organik aerosollerden oluşmuş sülfat ve nitrat partiküller- de bulunmaktadır. Ultra ince (Ultra fine: UF) partiküller tipik olarak örneğin; taşıt motorlarındaki yanma ya da atmosferdeki fotokimyasal reaksiyonlar sonucu gelişen taze emisyonlardır. Primer UF partiküllerin ömürleri oldukça kısadır (dakikalar ile saatler arası). Koagülasyon ya da kondansasyon aracılığıyla hızla büyüyerek PM_{2,5} düzeyindeki daha büyük partikül çapına ulaşırlar. Ana trafik arterlerinde UF partiküllerin varlığı taze egzoz dumanı maruziyetinin bir belirtisi olarak kabul edilmektedir. Çeşitli toksikolojik araştırmalar ve insanlardaki veriler ince partiküllerin insan sağlığı üzerinde önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. Toksisiteleri sülfatlar, nitratlar, asitler ve metallerle bağlı olabilir. PM üzerine adsorbe edilmiş çeşitli kimyasalların etkileri tüm farklı partikül büyüklüğünde görülebilir ve önem taşır. Büyük partiküllerin aksine PM_{2,5} tipik olarak küçük hava yollarına ve alveollere ulaşabilir. İnce parçacıklar aynı zamanda havada daha uzun süre asılı kalır ve böylece çok daha uzaklara taşınabilir ve iç ortam havasına geçebilir. Yeni araştırmalar aynı zamanda UF partiküllerin kaba partiküllere oranla akciğerden kana ve vücudun diğer bölgelerine daha kolay geçebileceğini ve özellikle kardiyovasküler olaylara yol açabileceklerini öne sürmektedir. Kaba partiküllerin kaynakları ve rolleri daha az araştırılmış olmakla birlikte yeni araştırmalar bu büyüklükteki partiküllerin de sağlık üzerine olumsuz etkileri olabileceğini göstermektedir.

zordur. İkincil kirleticiler doğrudan ölçülmediği için ikincil yan ürünlerin tahmininde de primer emisyon verilerinden yararlanılmaktadır. Ayrıca Avrupa'da emisyon tahminlerinin her zaman tam olmayabileceği ve PM_{10} ve $PM_{2,5}$ için bile verilerin sınırlı olabileceğini akıldan çıkartmamak gerekir.

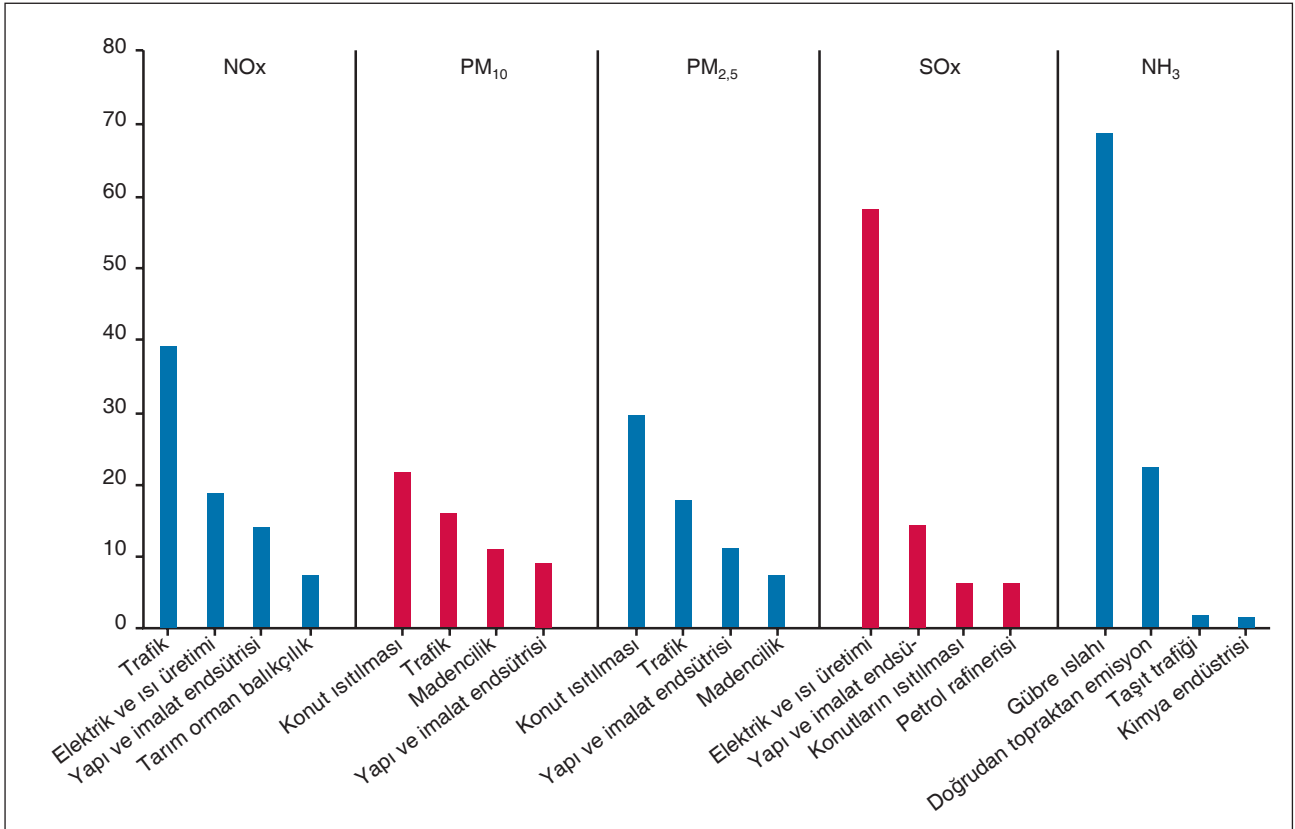
Avrupa'da taşıt trafiği en önemli NO_x kaynağıdır ve primer PM_{10} ve $PM_{2,5}$ 'in ikinci önemli kaynağıdır (Şekil 4.1). İmalat endüstrisi ve inşaat sektörü de NO_x , PM_{10} , $PM_{2,5}$ ve SO_x için önemli kaynaklardır. Elektrik üretimi ve ısıtma ise SO_x salınmasına en fazla katkıda bulunan ve NO_x emisyonuna ikinci sırada katkıda bulunan kirleticilerdir. Tarım (gübre ve doğrudan toprak emisyonu) ise NH_3 üretiminin büyük bir bölümüne, %90'ından fazlasına katkıda bulunmaktadır.

Avrupa'da taşıt trafiği en önemli NO_x kaynağıdır ve primer PM_{10} ve $PM_{2,5}$ 'in ikinci önemli kaynağıdır (Şekil 4.1). İmalat endüstrisi ve inşaat sektörü de NO_x , PM_{10} , $PM_{2,5}$ ve SO_x için önemli kaynaklardır. Elektrik üretimi ve ısıtma ise SO_x salınmasına en fazla katkıda bulunan ve NO_x emisyonuna ikinci sırada katkıda bulunan kirleticilerdir. Tarım (gübre ve doğrudan toprak

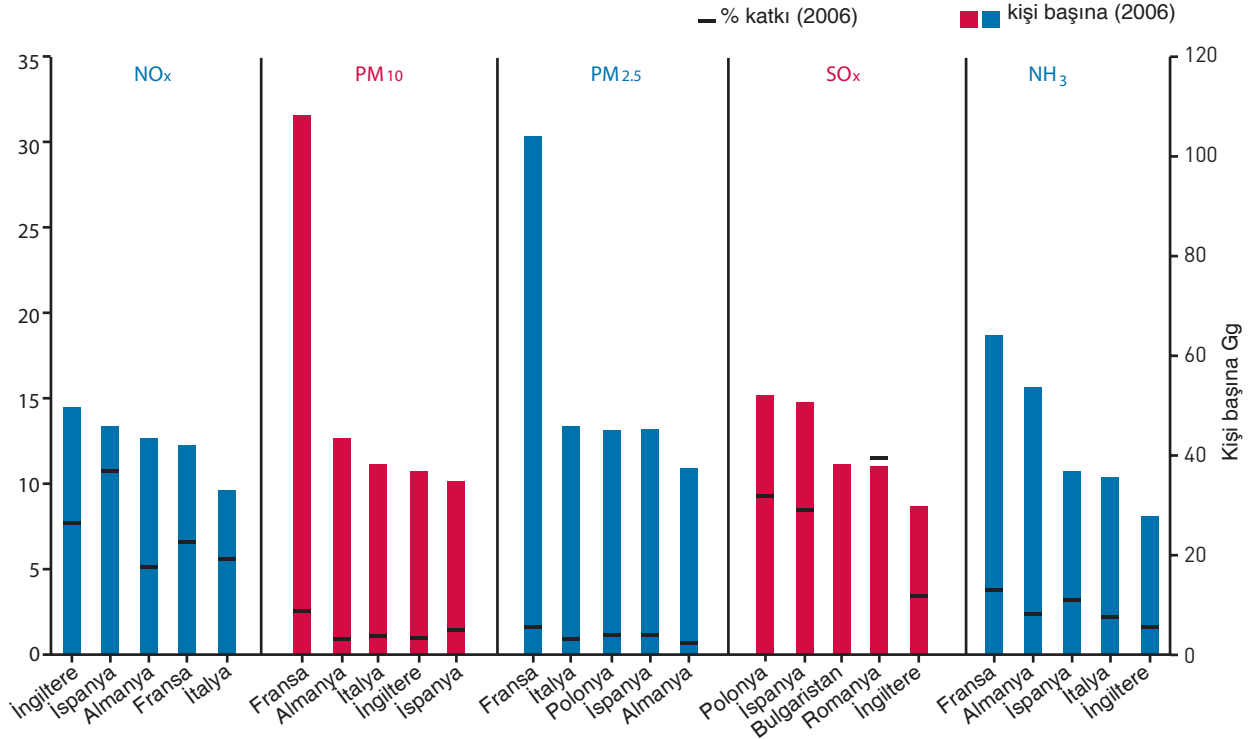
emisyonu) ise NH_3 üretiminin büyük bir bölümüne, %90'ından fazlasına katkıda bulunmaktadır.

Veriler ülkelere göre sıralandığında beklenene göre kalabalık ülkelerin daha fazla emisyonu açtığı görülmektedir. Buna karşın kişi başına hesaplandığında İspanya'nın Avrupa'da en fazla NO_x ve SO_x emisyonuna yol açtığı görülürken Polonya, Bulgaristan ve Romanya'nın da büyük miktarlarda SO_x ürettiği görülmektedir (Şekil 4.2).

Avrupa'da çeşitli zaman aralıklarında emisyonları azaltmaya yönelik düzenleyici bir çerçeve programı uygulanmaktadır (Ek 1). Her ne kadar pek çok kirleticinin emisyonu azalmakta ise de kirleticilerin çoğu için belirlenen sınırlara henüz ulaşamamıştır. Avrupa'da emisyonların en büyük oranda azaltıldığı kirleticiler SO_x 'dir: 1996'da havaya salınan değer 1990'dakinin hemen hemen %70'inin altındadır ve hedeflenen değerlere çok yakındır (Şekil 4.3). Bu azalma ısı ve elektrik santrallerinin donanımlarını düzeltmeye, daha temiz yakıtlar kullanmaya ve daha etkin üretime zorlanmasını sağlayan politikalar sayesinde gerçekleşmiştir. Bu süre içerisinde diğer önemli kirleticilerin düzeyi de düşmüş olmakla birlikte bu daha



Şekil 4.1. Avrupa'da 2006'da Farklı emisyon kaynaklarının NO_x , $PM_{2,5}$, PM_{10} , SO_x , NH_3 kirleticilerine olan katkıları.



Şekil 4.2. Toplam NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x ve NH₃ emisyonlarına Avrupa'da 2006'da ulusal düzeyde yapılan katkı.

az oranda gerçekleştirilmiştir. Aynı süre boyunca toprak düzeyinde oluşan zararlı ozon oluşumundan sorumlu üç hava kirleticisi düzeylerinde de NO_x için %35, metan dışı UOB'ler için %44 ve CO için ise %53 azalma saptanmıştır. PM₁₀ ve PM_{2.5} için durum ancak 2000-2006 yılları arasında belirlenmiş ve her iki kirleticinin salınımında ancak %10'luk bir düşme saptanabilmiştir. Taşıt trafiği önemli bir PM ve NO_x kaynağıdır ve bu emisyonlardaki düşüşün yavaş olması Avrupa'da emisyonları sınırlamaya yönelik trafik politikalarının kişisel taşıtların kullanımının gittikçe artmasını ve aşırı yüklü kamyonların trafikten çekilmesini sınırlandıracak kadar yeterli olmadığını göstermektedir.

AVRUPA'DA HAVA KALİTESİ

Hava kalitesi –bazen de söylendiği gibi- “emisyon”lar hem emisyonlara hem de bunların yayılmasının zamansal ve uzamsal biçimine, kimyasal reaksiyonlarına ve ikincil kirleticilerin oluşum özelliklerine bağlıdır. Hava kirleticilerinin sürekli olarak yayılması Avrupa'nın pek çok bölgesinde hava kalitesinin çok kötü olmasına yol açmaktadır. Avrupa'daki bu kötü hava kalitesi sadece partiküler madde ve ozonun (ve daha az olmak üzere NO₂, SO₂, CO, kurşun ve benzer) insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı için değil, aynı zamanda ekosistemlerin asidifikasyonu ve eutrofikasyonuna neden olduğu, ekosistem ve tarım ürünlerinin ozona maruz kalarak zarar görmesine, kültür mirasına ait yapı ve ürünlerin asid yağmurları ve ozondan zarar görmesine yol açtığı, ağır metaller ve persistan organik kirleticiler hem insan sağlığı hem de ekosistemler üzerinde zararlı etkilere neden olduğu için önemli bir sorun olarak kabul edilmektedir.

Kutu 4c

Toz fırtınaları: Göründüğü kadar masum değil

Her yıl atmosfere milyarlarca ton toz salınmaktadır. Bunların en önemli kaynakları Kuzey Afrika'daki Sahra çölü ve Sahel bölgesi, Asya'daki Gobi ve Takla Makan bölgeleridir.

Rüzgarla havaya kalkan toz küresel ekolojik döngüde önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin; Sahra çölünden kaynaklanan toz zerrecikleri içeriğindeki nitrojen, demir ve fosfor nedeniyle Atlantik Okyanusu'ndaki geniş bölgelerdeki bitkilerin aşılmasında, bunların verimliliğinde kritik bir rol oynamaktadır.

Bununla birlikte rüzgar aynı zamanda nüfusun yoğun olduğu bölgelere de önemli ölçüde çöl tozu taşımaktadır. Etkilenen bölgelerde çevre havasında günler boyu dramatik bir toz konsantrasyonu artışına rastlanmaktadır. Sahra kumunun arttığı günlerde Güney Avrupa gibi bölgelerde PM düzeyleri daha önceden belirlenen ya da tavsiye edilen düzeylerin çok çok üzerine çıkarak tekrarlayıcı hava kalitesi sorunlarına yol açmaktadır. Her ne kadar yeni uygulamaya giren Avrupa düzenlemelerinde günlük PM₁₀ değerleri ölçümlerinde kum fırtınaları gibi doğal olaylardan kaynaklanan partikül kirlilikleri değerlendirme dışı kalsalar da bu doğal tozun tek başına ya da insan aktiviteleri ile ortaya çıkan diğer partiküllerle bir arada insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin bulunup bulunmadığı halen tartışma konusudur. Toz partiküllerinin fungus, virüs ve bakterilerle yüklenmiş olmalarından dolayı inflamatuvar ya da alerjik etkilerinin görülebileceği düşünülmektedir ve bazı popülasyon çalışmalarında da bu toz fırtınalarına bağlı olumsuz sağlık etkileri gösterilmiştir.

Modelleme çalışmaları buradaki toz miktarının aynı zamanda iklimi de etkileyebileceğini göstermiştir. Toz zerrecikleri güneş ışınlarını kısmen emerek, kısmen yansıtarak havayı ısıtır ama aynı zamanda okyanus yüzeyini soğutur. Bu da güneş ışınlarının uzaya doğru geri yansımaları sağlayan bulut oluşumunu kolaylaştırır. Yeni çalışmalar bu bulutların yağışları da engellediğini göstermiştir. Çöl tozlarından etkilenen bulutların yağışları azaltması toprağın daha da kurumasına ve dolayısı ile daha fazla toz oluşmasına ve bu da yağışların daha da azalarak iklim değişikliğini hızlandırabilecek bir kısır döngüye neden olmaktadır. Toz ya da kum fırtınalarının çevre ve sağlık üzerine olan etkisi ön görülenden daha fazla olabilir ve üzerinde çok daha dikkatle durulması gerekir.

Kutu 4d

Hava kirliliği ve iklim değişikliği: Ortak düşman ortak savaş

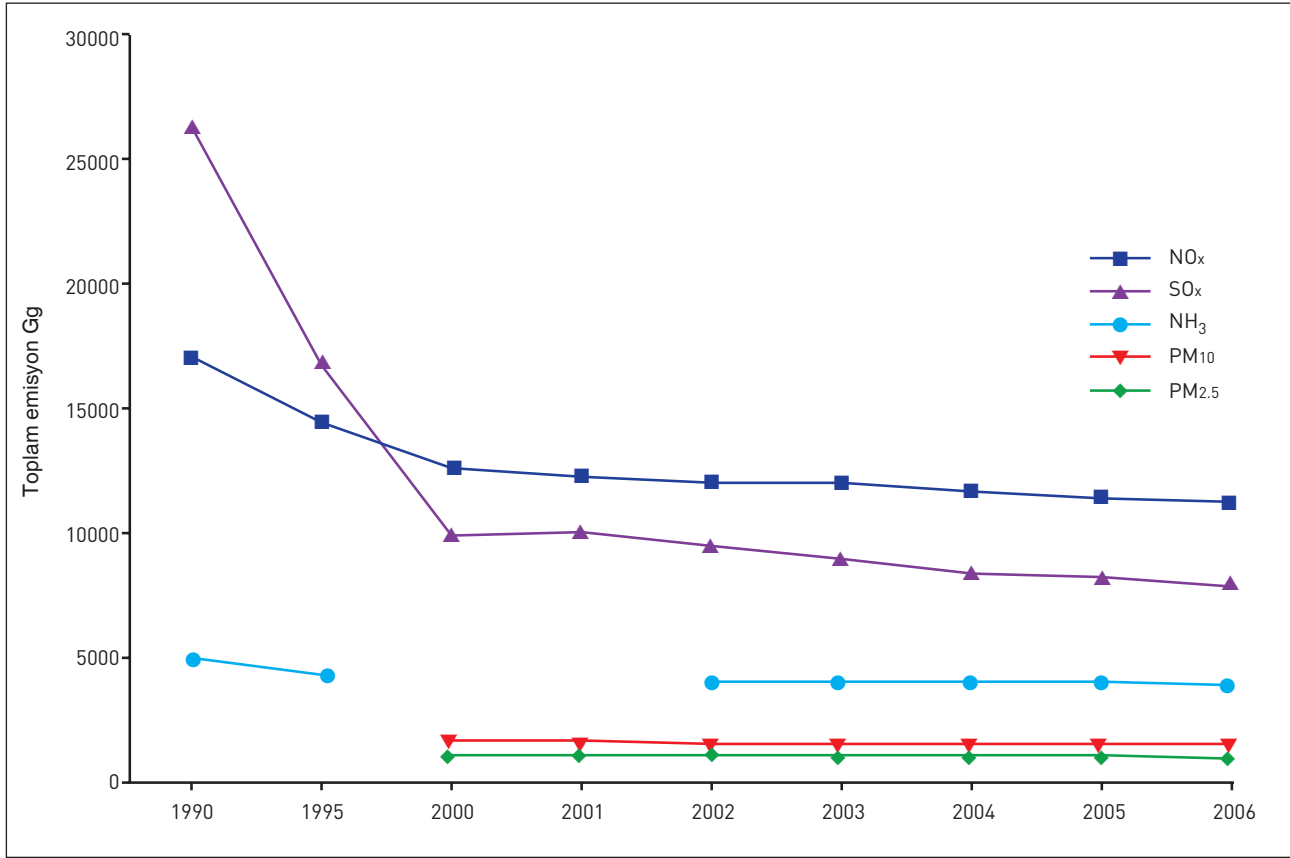
Geçmişte hava kirliliği ve iklim değişikliği resmi otoriteler tarafından iki farklı sorun olarak algılanmaktaydı. Günümüzde artık hava kirliliğinin iklimi gerek bölgesel gerekse küresel ölçekte doğrudan ya da dolaylı olarak etkilediği ve sera gazı emisyonlarının büyük bir bölümünün hava kirliliğine bağlı olarak gerçekleştiği bilinmektedir. Her iki sorunun da ana kaynakları büyük ölçüde örtüşmektedir: Enerji üretimi ve endüstriyel üretim için olduğu kadar taşıtlar için de gerekli olan fosil yakıtların yanma ürünleri karbondioksit üretiminin önemli bir kısmından ve hava kirliliğinin çoğundan sorumludur. Yani yakıt tüketimini azaltacak stratejiler aynı zamanda pek çok önemli ek yararları da beraberinde getirecektir (Tablo 4d.1'de bazı spesifik kirleticiler için örnekler yer almaktadır).

Gelişmiş ülkelerin çoğu enerji üretim etkinliklerini daha uygun hale getirerek (bazı) hava kirleticilerin emisyonlarını azaltmışlardır daha da yeni olarak ucuz, uç emisyon kontrol teknolojileri geliştirmişlerdir. Yani emisyonlarını havaya salınmadan önceki en uç noktada kontrol edebilmektedirler. Karbondioksit emisyonunu azaltmanın temel stratejisi bu emisyonun önlenmesidir. Önleme ise enerji sektöründe yapısal değişikliklere gitmek suretiyle gerçekleştirilecektir (etkinliğin artırılması ve yenilenen karbon içermeyen enerji kaynaklarının kullanılması gibi). Fosil yakıtların kullanımının azaltılması hem iklim değişikliği hem de hava kirliliğini düzeltebilir. Burada önemli olan nokta hava kirliliğinin ve iklim değişikliğinin hedeflenen düzeylere çekilebilmesinde hem en uç noktada emisyon kontrolü, hem yapısal ve davranışsal önlemlerin alınması gibi pek çok önlemin bir arada uygulanmasını sağlayabilecek politikaların uygulanması, bunun da kabul edilebilir bir mali yüke sahip olması gerekliliğidir. Bu önlemlerin alınmasında karşılıklı işbirliği özellikle önemli olup rekabetçi politikalardan ziyade sinerjistik politikalar uygulanmalıdır. Rekabetçi politikalara bir örnek dizel egzoz dumanının insan sağlığı üzerine olan yan etkisine bakmaksızın yakıtı daha ekonomik olarak kullanan dizel motorlu arabaların kullanımının desteklenmesidir.

Alınacak önlemler ve uygulanacak politikaları bütünleştirmenin bir diğer önemi de yararlı sonuçların ortaya çıkması için gereken zamanı kısaltmalarıdır. Karbondioksit gibi bazı sera gazları atmosferde çok uzun süre kalırlar. Bu nedenle bu gazın emisyonunu azaltacak önlemlerin sonuçları 10-20 yıl gibi bir süre sonra ortaya çıkacaktır. Buna karşın PM, ozon ya da metan gibi pek çok hava kirleticisinin konsantrasyonlarını azaltmaya yönelik ortak tedbirler hem kısa hem de uzun vadeli yararlı sağlık etkileri olarak karşımıza çıkacaktır.

Tablo 4d.1. İklim değişikliği ve hava kirliliğinde ortak rol oynayan kirleticiler

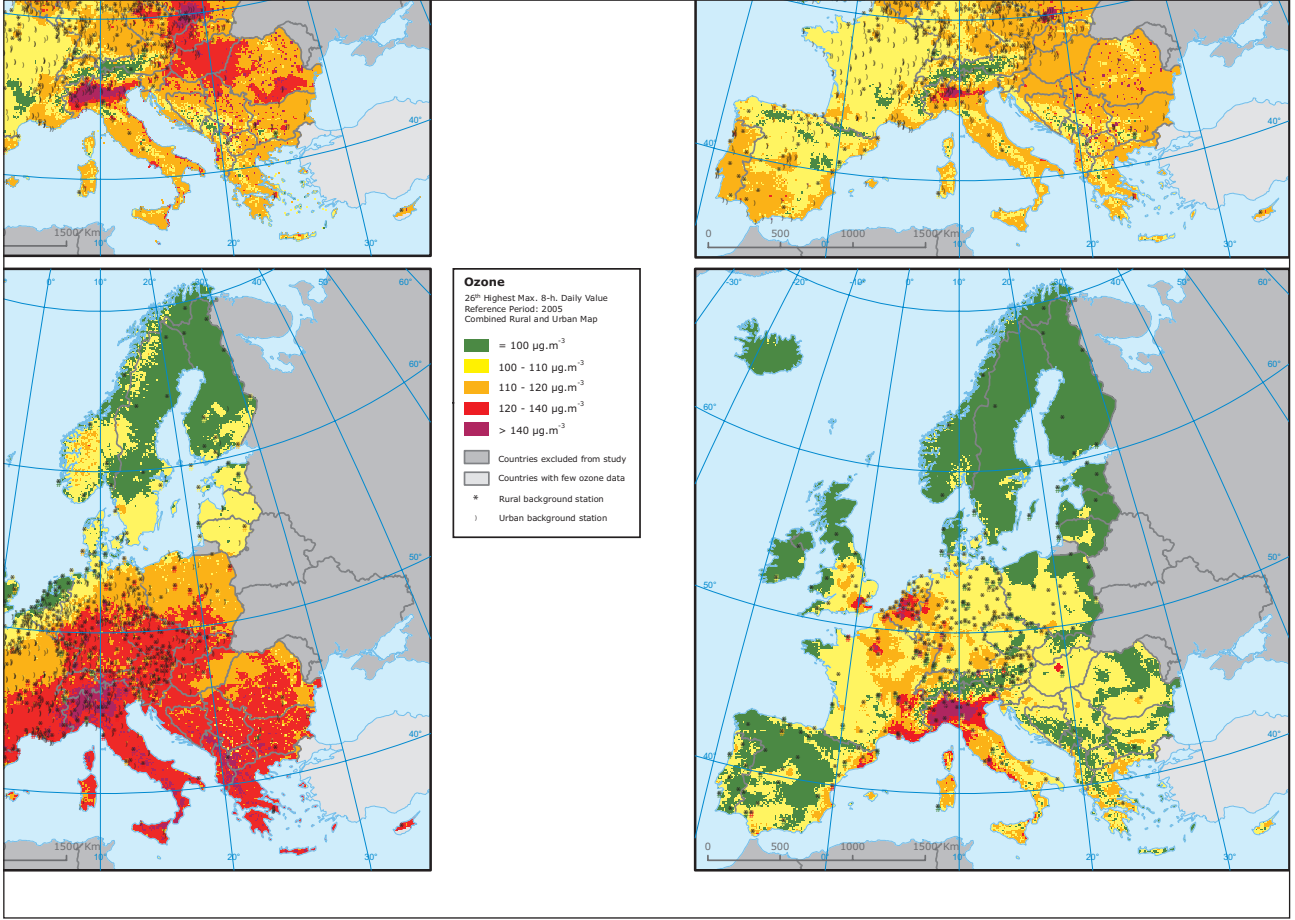
Partiküler madde	Partiküler madde küresel ısınmada bulut oluşumuna katkıda bulunmak suretiyle önemli bir rol oynamaktadır. Yani partikül emisyonunu ve bu bağlamda dizel yakıt kullanımını kesecek önlemlerin alınmasının yararları iki kat olacak hem yerel ölçekte insan sağlığı korunacak hem de bölgesel ve küresel ölçekte iklim değişikliğinin önüne geçilecektir.
Ozon	Toprak düzeyindeki ozonun kendisi bir sera gazıdır. Çünkü bitkilerin atmosferden karbon almalarını inhibe eder; atmosferdeki karbon küresel ısınmaya önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.
Metan	Metan tarım sektörü, enerji sektörü ve atıkların işlendiği ortamlardan salınan bir gazdır. Kyoto Protokolünde belirlenen sera gazlarından birisi olmasının yanı sıra aynı zamanda toprak düzeyindeki ozonun oluşmasına da katkıda bulunur. Metan emisyonu endüstri devriminden önceki çağlardan itibaren hızla artmıştır. Bu emisyonların azaltılması sağlık ve ekosistem üzerinde zararlı etkisi olan ozonu azaltacak ve iklim değişikliğinin ilerlemesini durduracaktır.



Şekil 4.3. Avrupa'da 1990-2006 yılları arasında NO_x, SO_x ve NH₃; 2000-2006 yılları arasında PM₁₀ ve PM_{2.5} için emisyon eğilimleri. Gg: Gigagram 3 no'lu referanstan adapte edilmiştir.

AVRUPA'DAKİ HAVA KALİTESİ VERİLERİNİN KAYNAĞI NERESİDİR?

Günümüzde pek çok ülkede hava kalitesi ulusal ya da yerel yönetimler tarafından rutin olarak ölçülmektedir. Bu hava kalitesinin düzenlenmesi için temel çıkış noktasıdır. Bununla birlikte pek çok ülkede hava kalitesini ortaya koyabilecek çok az sayıda hava kirleticisi belirteci ölçülebilmektedir. Genelde bunlar arasında yukarıda tanımlanmış olan ve esas kirleticilerin ölçümleri yapılabilmektedir. Epidemiyolojik çalışmalarda bu parametreler kullanılmaktadır. Hava kalitesini ölçmek için kullanılan yöntemler oldukça farklılıklar göstermekte ve pasif ölçüm aletleriyle yapılan aralıklı ölçüm kampanyalarından ışık absorpsiyon spektroskopisi temeline dayanan uzaktan otomatik olarak izleme sistemlerine kadar değişebilmektedir. Avrupada son 10 yılda ölçme ve izleme tekniklerini standardize etmek ve uyumlu hale getirmek, veri alışverişini kolaylaştırabilecek platformlar oluşturma konusunda büyük çabalar sarfedilmiştir. Avrupada hava kalitesinin son durumu ile ilgili aşağıda verilecek olan bilgiler Avrupa Çevre Ajansı'nın Avrupadaki hava kalitesine ait bilgileri online bir veritabanı halinde topladığı Air Base sistemine üye olan ülkelerin bildirmiş olduğu hava kirleticileri konsantrasyonları verilerine dayanılarak elde edilmiştir (4). Burada unutulmaması gereken nokta Airbasedaki verilerin izleme istasyonlarının kaynaklara olan uzaklığına bağlı olarak büyük oranda etkilenebileceğidir. İzleme istasyonları kırsal, kentsel, kent çevresi olarak sınıflandırılmakta ayrıca trafik ya da endüstriyel aktivitelerin yoğun olduğu bölgelerde de sıcak nokta istasyonları da bulunmaktadır bununla birlikte bu grupların tanımları ülkeler ve merkezlere göre değişiklikler gösterebilir.



Şekil 4.4. Avrupa'da Ozon, PM₁₀ ve NO₂ açısından hava kalitesini gösteren eş kutuplu haritalar. Haritalar <http://dataservice.eea.europa.eu>. Adresinden sağlanmıştır. Veriler AirBase sisteminde toplanan ölçüm verileri diğer emisyon modellerinin bir arada değerlendirilmesiyle elde edilmiştir. Bu haritalar Avrupa ölçeğinde kullanılmak üzere değerlendirilmiştir ve ulusal ölçekte yapılan ölçümlerden farklılıklar gösterebilir.

Avrupa'da hava kirliliği düzeyleri hâlâ Avrupa Birliği'nin koymuş olduğu standartların üzerindedir (Şekil 4.4). Ek 1'de Avrupa Birliği'nin hava kalitesi düzenleme çerçevesi ayrıntılarıyla anlatılmakta ve bu düzenlemeler diğer bölgeler ve örgütleriyle karşılaştırılmaktadır. Burada özellikle ozon, PM₁₀ ve NO₂ önem taşımakta bunların düzeyleri kent/kent çevresi gibi bölgelerden ve kırsal bölgelerden etkilenmektedir. Örneğin; günümüzde Avrupadaki ozon konsantrasyonu 2003'teki uzun süren aşırı sıcak günlere bağlı izin verilen düzeyin çok çok üzerindeki konsantrasyonlara göre düşük olsa bile, kıta Avrupa'sındaki pek çok ülkede günlük ozon konsantrasyonu Avrupa Birliği hedef değerlerin üzerinde seyretmektedir. Yaz smogları sırasında zirve konsantrasyonlar 140 mg/m³'ü aşmakta bazı alanlarda 200 mg/m³'ü bulmaktadır. Avrupa Birliği sınır değerleri 120 mg/m³ (8 saatlik ortalama)'dır.

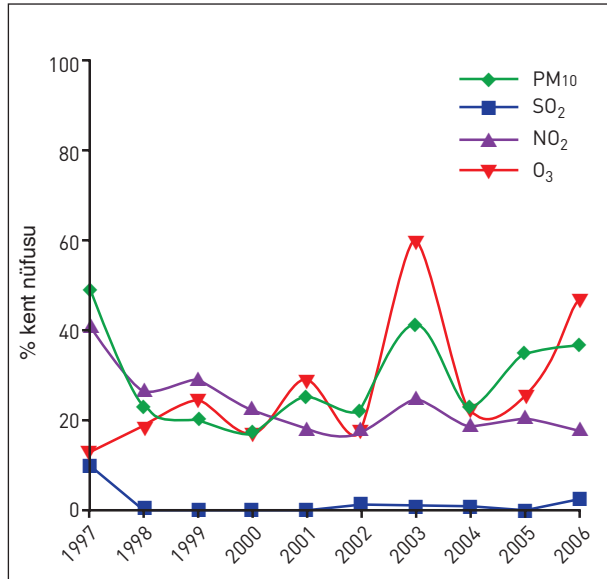
Pek çok kırsal alanda ise günlük PM₁₀ konsantrasyonunun kısa vadeli Avrupa kriterlerini 35 günden uzun süre aşılması gereken günlük ortalama olan 50 mg/m³ aştığı görülmektedir. Güney Avrupa'da pek çok ülkede trafik sıcak noktalarında ise günlük PM₁₀ sınır değeri aşılmaktadır. Avrupa'nın pek çok bölgesinde şehir yerleşimlerinde günlük PM₁₀ düzeyleri aşılmaktadır. Yine Avrupa'nın pek çok endüstri bölgesinde PM₁₀ düzeylerinin yıllık ortalamalarının Avrupa hedef değeri olan 40 mg/m³'ün üzerinde olduğu gösterilmiştir.

NO₂ seviyelerinin de yıllık hedef değerlerin üzerine çıktığı özellikle bu artışın PM₁₀ sınır değerlerini aşma ile bir arada olduğu gösterilmiştir. Buna karşın günümüzde SO₂ konsantrasyonları Avrupa'da nispeten düşük seyretmektedir ve AB limitlerinin sınırlı sayıda aşılması söz konusudur.

Kişisel ölçümlerin yapılmadığı koşullarda çevresel ölçümlerle elde edilen konsantrasyonlar kişinin dış ortam kaynaklı kirleticilere maruziyetini tahmini olarak belirlemede göz önüne alınabilir. Son 10 yılda yerel, bölgesel, ulusal ve Avrupa ölçeğinde yapılan hava kalitesini düzeltmeye yönelik planlar uygulanmaya başlanmasına karşın farklı hava kirleticilerine maruz kalan popülasyonlarda ortaya çıkan etkiler farklılıklar göstermektedir.

Kısa vadeli sınırlar

Şehirlerde yaşayan ve kısa vadeli (125 mg/m^3 olarak belirlenen ve yıl içerisinde üç günden fazla aşılmaması gereken günlük ortalama değer) sınır değerinin üstünde SO_2 konsantrasyonuna maruz kalan popülasyon oranı 1997 ile 2006 arasında %1'den aza inmiştir ve bu da son on yılda yürütülen politikaların endüstriyel emisyonları



Şekil 4.5. 1997-2006 yılları arasında Avrupa'da şehirlerde yaşayan ve ilgili sınır/hedef değerlerinin üzerindeki kirlenici konsantrasyonlarına maruz kalan popülasyon oranı. Hedeflenen değerler şunlardır: PM₁₀: 50 mg/m^3 (24 saatlik ortalama) bir yıllık takvimde 35 kereden daha fazla aşılmaması gereken sınır değer. NO₂: Yıllık ortalama sınır değer 40 mg/m^3 . Ozon: Günlük maksimum 8 saatlik ortalama 120 mg/m^3 üç yıl boyunca ortalama alındığında bir takvim yılı boyunca 25 günden fazla aşılmaması gereken değer. SO₂: Günlük ortalama 125 mg/m^3 bu değer bir takvim yılı boyunca üç günden fazla aşılmamalıdır (5).

“temizlemeyi” başardığını göstermiştir (Şekil 4.5). Her ne kadar şehirde yaşayan popülasyonun %25'i hâlâ günlük ya da yıllık ortalama sınır değerlerinin üzerinde bir düzeye maruz kalsa da NO₂ için de durumda düzelme sağlanmıştır. Buna karşın PM ve ozonla ilgili durumda bir düzelme saptanamamıştır. Normal geçen yıllarda şehirde yaşayan popülasyonun en fazla %25'i hala günlük ya da yıllık ortalama konsantrasyonların sınır değerlerinin üzerinde olduğu yerlerde yaşamaktadır; 2003 yılında –bu ozon konsantrasyonlarının aşırı düzeylere eriştiği bir yıldır– bu oran yaklaşık %60'a yükselmiştir. PM₁₀ için ise 1997 ile 2004 arasında Avrupa Birliği sınır değerlerinin üzerinde konsantrasyonlara potansiyel olarak maruz kalan popülasyon oranı %23 ve %45 arasında olup bu zaman süresince ortaya konabilir bir düşme eğilimi saptanamamıştır. Her ne kadar PM_{2,5} maruziyeti sağlık üzerine PM₁₀'a göre daha fazla etki etse de bu kirlenici için ölçü değerleri oldukça azdır. PM_{2,5}/PM₁₀ oranının yaklaşık 0,8 olduğu göz önüne alınarak PM değerleri tahmini olarak hesaplandığında Avrupa Birliği Hava Kalitesi Yönetmeliği'nin hedef sınır değerlerinin 2004 yılı itibarıyla Avrupa'da pek çok şehirde aşılmış olduğu görülmektedir.

Uzun vadeli limitler

Uzun vadeli ortalama maruziyetler özellikle kronik sağlık sorunlarının ortaya çıkmasında önemli rol oynamaktadır; yani yıllık ortalama konsantrasyonların düşük olması uygulanan politikaların önemli bir hedefi olmalıdır. PM₁₀'un Avrupa Birliği'nin yıllık sınır değerinin (yıllık ortalama 40 mg/m^3) 2005 yılında pek çok ülke tarafından aşıldığı görülmektedir (Şekil 4.6 ve 4.7). Üstelik İskandinav ülkeleri dışında pek çok ülke hâlâ Dünya Sağlık Örgütü'nün önerdiği hedef değerin (WHO 20 mg/m^3) üzerindeki değerlerin üzerinde kirliliğe sahiptir. DSÖ'nün bu sınırlar hala Avrupa Birliği politikalarını oluşturanlar tarafından kabul görmemektedir. Aynı durum ozon ve PM_{2,5} için geçerlidir.

KİRLETİCİLERİN KARIŞIM HALDEKİ ETKİLERİ VE BELİRTEÇLERİ

Hem emisyonları hem de hava kalitesini değerlendiren stratejik yaklaşımlar sadece tek bir kirlenici temel alınarak oluşturulmaktadır; bununla birlikte sağlık etkileri pek çok kirleniciye bir arada maruziyet sonucu ortaya çıkmaktadır. Gerçekten de günümüzde epidemiyolojik ve toksikolojik araştırmalar gözlenen sağlık etkilerinin tümünden tek bir kirlenici ya da kirlenici kaynağının sorumlu olabileceğine ait herhangi bir veri ortaya

koymamıştır (Bölüm 6 ve Ek 2).

Hava kirliliğini oluşturan kirleticilerin bir arada yol açtıkları toksik etkiler tam olarak anlaşılamamıştır. Her şeyden önce farklı kaynaklardan salınan kirleticiler atmosfere karıştığında ısı ve nem gibi çevresel faktörlerin etkisiyle dönüşüme uğrarlar. Bu süreçler karışımın bileşimini ve muhtemelen toksisite ve biyolojik özelliklerini değiştirebilirler. Örneğin; ozon ve PM'ye bağlı günlük mortalite hızları her iki kirleticinin bir arada bulunduğu koşullarda daha güçlü olarak ortaya konabilmektedir.

Bu fizikokimyasal süreçlerin etkisi ve çok sayıda kirleticinin aynı anda salındığı göz önüne alındığında tek bir kirleticinin emisyonu ve çevre havasında varlığının gösterilmesi daha karmaşık kirleticiler için de bir belirteç olabilir. Örneğin; ultra ince partiküller ya da element halindeki karbon farklı çaptaki partiküler maddelere ya da diğer yakma ürünlerine göre maruziyet konusunda daha iyi bir belirteç olabilirler; aynı şekilde trafik kirliliğine yakın bir yerde yaşamak trafikten kaynaklanan bir dizi kirleticiye maruziyeti; sabit bir merkezden ölçülen tek bir kirleticinin verilerine göre daha iyi yansıtabilir. Hava kirliliği ile ilgili yeni belirteçler örneğin; PM'lerin redoks özellikleri ya da bunların içerisindeki redoks türleri ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte bu tip belirteçlerle ilgili takip verileri oldukça az sayıdadır ve yeni önlemlerin geliştirilmesinde etkileri sınırlıdır.



5. SAĞLIK HAKKINDA NE BİLDİĞİMİZİ NASIL BİLECEĞİZ?

Hava kirliliğinin sağlık üstündeki etkilerini araştıran yöntemlere güçlü ve zayıf yönleriyle genel bakış. Epidemiyolojik araştırma yöntemleri hava kirliliğinin sağlık üstüne etkilerini anlamakta çok önemlidir.

Hava kirliliği çevresel kökenli halk sağlığı sorunlarının en yaygın görülenidir. Bunun için temiz hava politikaları halk sağlığını korumada çok önemli araçtır. Halk sağlığını koruyan hava kalitesi düzenlemelerinin disiplinlerarası araştırma yöntemlerinin geniş bir yelpazesine dayandığı kanıtlanmıştır. Çevresel hava kirliliğinin sağlık üstüne etkilerini araştırmakta deneysel ve epidemiyolojik yaklaşımlar iki en önemli aracı oluştururlar.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalar hava kirliliğine maruz kalanlardaki sağlık sorunlarına yol açan mekanizmaları anlamamızı geliştirecek en önemli bilgilere katkıda bulunurlar. Deneysel çalışmalar insanları, hayvanları, hücre kültürlerini veya diğer biyolojik materyalleri iyi saflaştırılmış kirleticilere kontrollü koşullarda maruz bırakma olanağı sağlamaktadır. Maruziyet düzeyleri kadar yöntemler de tamamen standartize edilebilirler. İnsan çalışmaları sıklıkla farklı fiziksel aktivite düzeylerine göre dozu düzenlemek üzere ve çeşitli kirleticilerle yoğunluklarına göre düzenlenir. Bu çalışmalarda sağlık etkilerini değerlendirmek üzere semptomlar, fizyolojik ve fonksiyonel parametreler ve kan veya idrar belirteçleri kullanılabilir. Deneyler hava kirliliğinin sağlıkla ilgili karmaşık mekanizmalarının belirli özelliklerini hedefleyerek oluşturulur. Örneğin;

- Çevresel partiküllerin redoks siklusunu uyarma yeteneğine odaklanan bir dizi deneyler ki bunlar geniş bir grup sağlık etkisiyle bağlantılı olarak bulunan Partiküler Madde (PM)'nin oksidatif strese katkısını da desteklerler [7].
- Hava kirliliğinin aterosklerotik rolü üstüne yeni hipotez insanlardan çok hayvanlarda araştırılmıştır. Bu çalışmalar konsantrasyon çevresel partiküllere kronik maruziyetle tavşanlar ve farelerde aterosklerozis geliştiğini göstermişlerdir [8].
- Bir insan oda (bölme) çalışmasında duyarlı bireylerde alerjiyle birlikte dizel egzoz maruziyetinin tek başına alerjen maruziyetinden daha fazla alerjik inflamasyona yol açtığı gösterilmiştir. Dizel partiküllerinin yardımcı etkisi hava yollarında antioksidan savunmayla ilgili özellikle iki genin eksikliğinde -glutatyon transferaz GSTM ve GSTP- güçlüdür [9].

Kontrollü maruziyetlerin avantajlarına rağmen deneysel çalışmaların epidemiyolojik çalışmalarla karşılaştırıldığında sınırlılıkları veya dezavantajları bulunmaktadır. Bu çalışmalar tek kirleticiler veya en iyi durumda iki kirleticinin kombinasyonunun etkilerini değerlendirmeleri nedeniyle kısıtlanmaktadır, oysa çevresel hava kirliliği çok kompleks bir karışımdan oluşmaktadır. Hayvan çalışmalarında şehir partiküllerinin kullanımı deneysel durumda gerçek yaşam koşullarını oluşturma açısından yeni bir girişimdir. Hayvan çalışmalarındaki deneysel bulgular insanlara genelleştirilemez, sağlıklı ve genç bireylerde yapılan çalışmalarda -tipik olarak insan oda çalışmalarının katılımcıları- henüz doğmamış, bebek, ergen veya ağır hastalığı bulunan bireyler gibi en duyarlı

gruplara da uyarlanamaz. Deneysel yaklaşımların en önemli kısıtlılığı ise çevresel hava kirleticilerine ömür boyu maruziyeti veya uzun dönemli kronik sağlık etkilerini uygun şekilde araştırma yeterliliğine sahip olmamalarıdır. Bireylerde bu tür etkilenmeleri araştırmanın en güvenilir yolu epidemiyolojik çalışmalardır. Aynı durum hava kirliliğinin çok ağır sonuçlarını incelerken örneğin; ölüm veya hospitalizasyon veya acil servise yatışla gösterilen morbidite çalışmalarında da geçerlidir.

EPİDEMİYOLOJİK ÇALIŞMALAR

Gözlemsel çalışmalar genel topluluk kadar seçilmiş gruplarda da yapılır. Deneysel çalışmaların aksine epidemiyolojik çalışmalar hava kirliliğinin etkilerini çok geniş bir yelpazede yer alan sonuçlarıyla araştırır ve kirliliğin hem akut, hem subakut ve hem de kronik etkilerini araştırmak üzere düzenlenir. Bundan başka epidemiyolojik çalışmalar hava kirliliğinin ters etkilerine artmış veya azalmış duyarlılığı bulunan bireyleri tanımlamada çok yönlü etkiye sahiptir. Örneğin; kontrollü bir çalışmada, yüksek miktarda antioksidan alan Meksika'lı çocukların çevresel oksidatif kirleticilerin akciğer fonksiyonları üstündeki etkilerinden korunduğu gösterilmiştir [10]. Yeni bir çalışma trafiğe bağlı hava kirliliğinin miyokard infarktüsü geçirenlerde normal popülasyondan daha güçlü etkisi bulunduğunu göstermiştir [11].

Hava kirliliğine bağlı rahatsızlıkların hiçbirisi hava kirliliği maruziyetine özel değildir, birçok diğer faktör benzer veya aynı sağlık sorunlarına yol açabilir. Hava kirliliğine atfedilen sağlık etkilerinin listesi sıklıkla aktif veya pasif sigara kullanımındakilere benzer. Bundan başka hava kirliliğindeki kısa dönemli değişkenlikler sağlık sorunlarındaki günlük dalgalanmaların tek nedeni değildir (semptomlar, doktora başvurular, hastane başvuruları, ölüm vb.) ve diğer birçok ilgili faktör de günlük değişim gösterir (örneğin; ısı veya diğer hava faktörleri vb.). Sonuçta epidemiyolojik çalışmaların diğer önemli risk faktörlerinin titiz şekilde kontrol edilmesine gereksinimi vardır. Karıştırıcı faktörleri kontrol edemeyen çalışmalar -örn; farklı düzeylerde kirleticilerin bulunduğu az sayıdaki toplulukta hastalık sıklıklarının saf ekolojik karşılaştırmalarının yapılması- hava kirliliğinin sağlık etkilerini değerlendirmekte kullanılmamalıdır. 5a ve 5b kutuları hava kirliliği araştırmalarında kullanılan temel çalışma biçimleridir.

Epidemiyolojik çalışmalarda hesaplanan risk rölatif risk (RR) veya Odds Ratio (OR) gibi belirli terimlerle

adlandırılır. Hava kirliliği maruziyeti sürekli bir ölçek ile ölçülür ve çoğu durumda tüm çalışma katılımcıları belirli bir düzeyde maruziyet altındadırlar. Bundan dolayı RR kavramı maruz kalanlarla kalmayanları karşılaştırmakta değil, belirli düzeylerdeki kirleticilerle karşılaşmayı (rastgele seçilmiş) değerlendirmekte kullanılır. Örneğin; çevresel $PM_{2.5}$ düzeylerinin günlük değişiklikleri ve günlük mortalitesi sıklıkla $PM_{2.5}$ 'te her $10 \mu g/m^3$ değişiklikte cinsinden ölçülür ve diğer ölçekler de sıklıkla kullanılır. Çalışma sonuçlarını ve risklerini karşılaştırırken kullanılan ölçekleri bilmek gerekir.

Morbidite ve mortalite çok sayıda faktörle ilgili olduğu için tek faktörle ilgili RR'lerin göreceli olarak daha küçük olması beklenir. Bu karmaşık hastalıkların hem ekzojen hem de endojen nedenleri için gerçektir. Örneğin; bir gen kapsamlı bağlantı çalışmasında bir gen ile astım arasındaki en güçlü bağlantı (RR) 1,88 çıkmıştır, diğer gene bağlı RR ise daha da az görünmektedir [12]. Benzer şekilde çevresel hava kirliliği ve kompleks fenotipler arasındaki bağlantıların da az olduğu tahmin edilir ve bu da sigara kullananlarınkinden de azdır. Sigara kullananların kirleticilere maruziyeti (bunların bir kısmı çevresel havadaki aynısıdır) genellikle sigara kullanmayanlardan oldukça yüksektir. Bir Hollanda kohort çalışmasında 25 yıldır günde 20 sigara içen bireylerin kardiyopulmoner ölüm riski içmeyenlerden 3-4 kat fazla artmış bulundu. Oysa yoğun yollara (trafiğe bağlı kirleticilerin oldukça yoğun bulunduğu yerler) yakın yaşayan bireylerin kardiyopulmoner ölüm riski 2 katın altındadır [13]. Tipik olarak çevresel hava kirliliğinin akut etkileri özellikle azdır. Çok sayıdaki çalışma, örneğin günlük çevresel $PM_{2.5}$ 'ta her $10 \mu g/m^3$ artışın günlük mortalitede %0,5-1,0 artışa yol açtığını, bunun çok küçük ancak çok önemli ve bağlantılı bir $RR=1,005-1,01$ sonucuyla birlikte olduğunu göstermektedir.

Gerçek yaşamda hava kirliliğine zamansal ve mekansal maruziyetteki farklılıklar sınırlıdır ve en üst ve alt hava kirliliği düzeyleri arasındaki fark 3 kattan azdır, maruz kalmamış birey yoktur. Bu durum sigara kullanımı araştırmalarından farklıdır, çoğu birey hiç kullanmamıştır ve ağır içiciler ara sıra kullananlardan 10-20 kat fazla maruziyet altındadır. Farklı düzeylerdeki hava kirliliğine maruz kalan bireylerin risk oranları arasındaki fark sigara içen ve içmeyenler arasındaki farklılıktan çok azdır. Çevresel hava kirliliğinin bu çok küçük etkilerini tanımlamak ve uygun şekilde ölçmek yalnızca karıştırıcı faktörlerin kontrolünü değil; aynı zamanda büyük toplulukları gerektirmektedir. Örneğin; hava kirliliği

araştırmaları alanında en büyük kohort çalışması 500.000 insanın izlendiği ve 16 yıl süren Amerika Kanseri Topluluğu çalışmasıdır. Topluluklar boyunca uzun dönemli ortalama $PM_{2.5}$ en düşük ve en yüksek konsantrasyonları arasındaki fark 3 kata kadar ulaşmaktaydı ve izlem boyunca ölüm riski bu sınırlar arasında %10-15 düzeyinde gerçekleşmişti (RR 1,10-1,15). Tahmin edileceği üzere ağır içicilerin ölüm riski hiç sigara kullanmayanlarla kıyaslandığında izlem boyunca daha fazlaydı ve RR 2,0'ı geçmekteydi. Büyük örneğe bağlı olarak hava kirliliğine bağlı bulgular kesin ve açıkça istatistiksel olarak anlamlıydı.

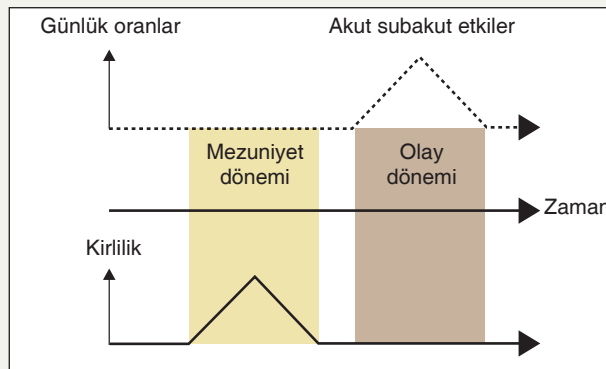
Müdahale çalışmaları- kanıta dayalı tıbbın altın standardıdır- hava kirliliği araştırmalarında sık olarak kullanılmaz, çünkü maruziyeti saptamak güçtür ve maruz olmayan birey bulunmamaktadır. Fakat kohort veya kesitsel çalışmalar gibi düzeneklerde yasal düzenleme veya bireylerin yaşadıkları yerleri değiştirmeleriyle hava kalitesindeki değişikliklere bağlı olarak sağlık parametrelerinde oluşan değişiklikleri incelemek mümkündür. Bu çalışmaların yasa yapıcılar için önemi büyüktür ve 7. bölümde tartışılacaktır.

Kutu 5a

Hava kirliliğinin akut etkilerini araştıran epidemiyolojik çalışmalar

Hava kirliliği konsantrasyonları temelde hava koşullarının yayılma ve birikme üstündeki güçlü etkilerine bağlı olarak günlük veya saatlik değişir. Bu değişkenlik hava kirliliğinin sağlık üstündeki kısa dönemli akut etkilerini araştırma olanağı yaratır. Yüzlerce çalışma hava kalitesindeki günlük değişimler ile aritmi, miyokard enfarktüsü, şok, solunumsal semptomlar, doktor ziyaretleri, hastaneye başvurular ve ölüm gibi olayların sıklığı arasındaki bağlantıları araştırmıştır. Diğer çalışmalar da sağlığın fizyolojik veya fonksiyonel belirteçleri yani akciğer fonksiyonları veya kanda inflamatuvar belirteçler üstüne yoğunlaşmıştır. Eğer diğer değişkenler örneğin; hava koşulları ve haftanın günü iyi şekilde kontrol edilebilirse bu çalışmalar hava kirliliğinin akut etkilerini araştırmada çok güçlü ve etkili araçlardır. Akut etki çalışması düzeneklerinde diğer bireysel özelliklerin (sigara kullanımı, hastalıklar ve genetik faktörler vb.) hava kirliliği ve akut etkiler arasındaki bağlantıda karıştırıcı rol oynamadığı bilinmektedir; çünkü bu karıştırıcı faktörler günbegün değişmezler. Ayrıca olgu-çapraz geçişli ve panel çalışmalarında bireyler kendilerinin kontrolü olarak hizmet ederler.

- Zaman serileri analizleri günlük hava kirliliği verileri ve olayların sıklığı arasındaki kısa dönemli bağlantıları (ölüm, hastane başvuruları vb.) istatistiksel olarak araştırmak için en sık kullanılan yöntemdir. Bu çalışmalar sıklıkla uygun hava kirliliği ve sağlık kaydı verilerine dayanır. Birçok kentten aynı protokolü kullanarak analiz edilen verilerin kullanıldığı çalışmaların değeri büyüktür. Bu tür zaman serilerinin tekrar edilmesi kirlilik ve gözlemlenen sağlık arasında zamanla değişen ilişkiyi analiz etmeyi sağlar. Örneğin; bir Hollanda çalışmasında 34 yıl boyunca çevresel siyah duman konsantrasyonları ile günlük ölüm bağlantısı incelenmiştir. Bağlantı 1972 yılından 2006 yılına kadar anlamlı ve gayet sabit seyretti, yalnızca siyah dumanın kesin miktarı azalmıştı.
- Olgu-çapraz geçişli çalışmalar zaman serileri yaklaşımının kullanışlı bir tipidir. Kayıtlı olaylar sırasındaki veya öncesindeki (örneğin; ölüm veya kalp krizi) kirlilik düzeyleri seçilmiş “kontrol günü”ndeki düzey ile karşılaştırılır. Boş hipotezi altında hava kalitesi olay günü ve kontrol gününde farklılık göstermez.
- Panel çalışmaları yüksek düzeyde seçilmiş birey gruplarında -veya panellerinde- (örneğin; astımlı veya önceden kalp krizi geçirmiş bireyler) akut etkileri araştırmakta özellikle etkilidir. Panel çalışmalarının katılımcılarından sağlık verilerini tekrarla sağlamları beklenir (günlük zirve akım ölçümleri, kan belirteçlerinin tekrarlanan analizleri). Boş hipotez altında hava kalitesindeki günlük değişimler sağlıktaki günlük dalgalanmalarla bağlantılı değildir.



Şekil 5a.1. Hava kirliliği konusunda kısa süreli epidemiyolojik çalışmaları gösteren şema. Kısa süreli çalışmalar belirli bir zaman periyodunda konsantrasyon değişiklikleri ile maruziyet günü veya takip eden birkaç gün içerisinde oluşan değişiklikler arasındaki ilişkiyi bulmaya çalışmaktadır. [14] no'lu kaynaktan değiştirilerek alınmıştır.

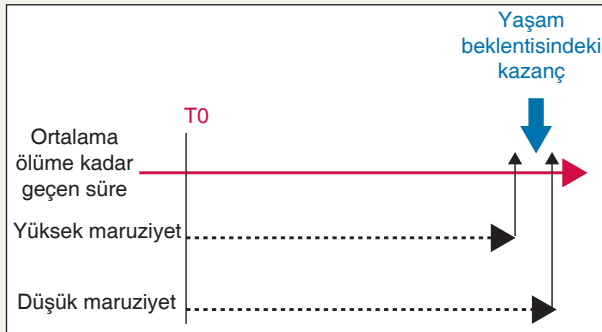
Kutu 5b

Uzun dönemli etkileri araştıran epidemiyolojik çalışmalar

Çevresel hava kirliliğine ömür boyu maruziyeti ve tekrarlanan veya sürekli hava kirliliğinin uzun dönemli etkilerini incelemek üzere özel çalışma düzenekleri gerekmektedir. Hava kirliliğine uzun dönemli maruziyet açısından bireyler arasındaki farklılıklar hava kalitesindeki zamansal değişikliklerden çok mekansal değişimlerle ilişkilidir. Bundandır ki uzun dönemli çalışmalar farklı hava kirliliği ortalamaları bulunan yerlerde yaşayan bireyleri içermelidir ve buna örnek olarak 12 topluluğu içeren Güney Kaliforniya Çocuklarının Sağlığı Çalışması ve İsveç 8 Kent Çalışması- SAPALDIA verilebilir. Akut etki çalışmalarının aksine (hastaneye yatırılma, miyokard enfarktüsü, şok veya ölüm vb.) uzun dönemli etki çalışmalarının odaklandığı durumlar prelinik veya klinik patolojik bozukluklar (örneğin; arterlerin kalsifikasyonu), fonksiyonel durumlar (örneğin; akciğer fonksiyonu), kronik hastalıkların prevalansı (örneğin; KOAH) veya yaşam beklentisidir.

Kronik etki araştırmalarında en çok kullanılan çalışma düzenekleri kohort çalışmalar ve kesitsel çalışmalardır. Kohort çalışmaları zamanla bağlantılı olarak yeni başlayan sağlık değişikliklerini ve kronik hastalıkları araştırmakta altın standarttır. Kesitsel çalışmalar kronik durumların prevalansını ve hava kirliliğinin geçmişte belirli bir dönemdeki maruziyetine bağlı fonksiyonel düzeyleri (örneğin; akciğer fonksiyonu) incelemekte özellikle aydınlatıcıdır.

Bu çalışmalarda en güçlük yaratan durum çevresel hava kirliliğine uzun dönemli maruziyetin tanımlanmasıdır. Sıklıkla toplum düzeyindeki maruziyet az sayıdaki -bazen tek- yeri sabit monitorlardan alınmaktadır. Bu durum yalnızca küçük toplulukların izleminde ve az miktarda mekansal değişkenlik gösteren kirlleticiler için (örneğin; ozon) geçerlidir. Ancak trafikten kaynaklanan kirlilikler topluluklar arasında farklılık gösterir ve trafik yollarına uzaklığa göre de değişir. Böylece halen maruziyet değerlendirmesinin altın standart düzeyinde sayılması için lokal kirleticilere yönelik olarak yapılması gerekliliği anlaşılmıştır. Bu amaca ulaşmak için çalışmalar lokal ölçümlerle birlikte kirleticilerin mekansal dağılımını haritalama tekniklerini de içermelidir. Yaşanan yerlerin veya işyerlerinin coğrafik kodlanması bireysel maruziyetin değerlendirilmesini sağlar ve bu da kronik etkiler üstüne çok güçlü gözlemlerle sonuçlanır. European Union's 7th Framework Programme for Research and Technological Development ESCAPE birliği tarafından başlatılan bir girişimdir. Bu proje tüm Avrupa'da trafiğe bağlı kirleticilerin bölgesel dağılımını haritaya dökmektedir. Otuzdan fazla Avrupa kohort çalışması katılımcıları geniş bir yelpazedeki kronik durumları ve yaşam beklentisini içeren trafiğe bağlı kirliliğin uzun dönemli etkilerini araştırmak üzere bu maruziyet verisine bağlanmıştır.



Şekil 5b.1. Hava kirliliğinde uzun süreli epidemiyolojik çalışmaların şematik gösterimi. Kohort çalışmaları bir topluluğu bir süre takip ettikten sonra farklı düzeylerde maruziyeti olan kişiler arasındaki sonuçları (örneğin; ölüme kadar geçen süre) karşılaştırmaktadır (Kutu 8a'ya bakın).



6. SAĞLIK TEHLİKEDE

Hava kirliliğinin mevcut düzeyleri ile ilişkili temel sağlık etkileri

Aralık 1952’de, Birleşik Krallık-Londra’da açık yangın alanlarındaki kömürün yanması ile oluşan dumanı hapseden ve günlerce süren atmosferik enverziyon sonucu binlerce kişi hayatını kaybetti. Bu olay hava kirliliğinin sağlık üzerine olumsuz etkileri olabileceği konusundaki en erken kanıtlardan birini oluşturmaktadır. O zamandan bu yana çok sayıda epidemiyolojik çalışma hava kirliliğine kısa süreli maruz kalmanın morbidite ve mortalite ile ilişkili olduğunu doğruladı (Kutu 6a). Hava kirliliğine uzun süre maruz kalma ile ilgili daha yakın zamanda yapılan epidemiyolojik çalışmalar çok sayıda sağlık sorunu ile ilişkili olduğunu bildirmektedir. Hava yolları kirliliğinin akciğere ulaşmasındaki başlıca geçiş kapısı olduğu için doksanlı yıllara kadar popülasyon çalışmaları çoğunlukla akciğer sağlığına odaklanmıştır. Kirliliğin sistemik etkilerinin farkına varıldıkça epidemiyolojik ve deneysel çalışmaları dizayn edenler kirliliğin kardiyovasküler sistemi de etkilediğinin farkına vardılar. Hava kirliliği ile bazı etkiler arasındaki nedensel ilişki için kanıtlar zayıf olmasına rağmen gelişen araştırma yöntemleri hava kirliliğinin etkilerinin listesinin ne yazık ki devamlı bir şekilde büyüdüğünü ortaya koymaktadır (Tablo 6.1).

Tablo 6.1. Hava kirliliği ile ilişkili olduğuna dair bazı kanıtlar olan sağlık sonuçları

Akut etkiler

Günlük mortalite
Respiratuar hastane yatışları
Kardiyovasküler hastane yatışları
Respiratuar ve kardiyovasküler nedenlerle acile başvuru
Respiratuar ve kardiyovasküler nedenlerle birinci basamağa başvuru
Respiratuar ve kardiyovasküler ilaç kullanımı
Aktivite kısıtlanan gün sayısı
İşe gelmeme
Gidilemeyen okul günleri
Kendi kendine ilaç kullanma
Kaçınma davranışı
Akut semptomlar
Fizyolojik değişiklikler, örneğin akciğer fonksiyonlarında

Kronik etkiler

Kronik kardiyorespiratuar hastalıktan ölüm
Kronik respiratuar hastalık insidansı ve prevalansı (astım, KOAH)
Fizyolojik fonksiyonda kronik değişiklik (örneğin; akciğer fonksiyonu)
Akciğer kanseri
Kronik kardiyovasküler hastalık

Diğer etkiler

Düşük doğum ağırlığı
Erken doğum
İnfanlarda olumsuz etkilenen bilişsel gelişim

KISA SÜRELİ ETKİLER

Çok sayıda epidemiyolojik çalışma başlıca kardiyovasküler ve respiratuar hastalıklardan kaynaklanan günlük mortalitenin hava kirliliğindeki günlük değişimleri takip ettiğini göstermektedir. Çoğu Avrupa'da olan 29 çalışma merkezinde yapılan önemli bir çalışma olan APHEA (çok-şehirli zaman serisi analizi) çalışması PM_{10} konsantrasyonunda her $10 \mu g.m^{-3}$ artışta hastalığa bağlı ölümlerin %0,6 arttığını ortaya koydu. Kardiyovasküler hastalıktan kaynaklanan ölüm %0,07'ye kadar arttı. Bu sonuçlar daha önce Dünya Sağlık Örgütü adına yapılan meta analizle benzerdir. Bu meta analizde de mortalite için benzer etki boyutu yanı sıra kardiyovasküler olaylar için hafif daha yüksek etki boyutu bulmuşlardır (PM_{10} konsantrasyonunda her $10 \mu g.m^{-3}$ artış için sırasıyla %0,06 ve %0,09). Respiratuar mortalitenin rölatif riski daha yüksek olmasına rağmen kardiyovasküler hastalıktan daha fazla kişinin ölmesi hava kirliliğinin kardiyovasküler sistem üzerindeki etkisinin daha büyük olduğunu düşündürmektedir.

Kentsel kirliliğe bağlı hastalık yükündeki günlük değişkenlik acil başvurusundaki artış yanı sıra kardiyovasküler hastalık, inme ve solunumsal hastalıklar (örneğin; astım) nedeniyle hastane başvuru sayısındaki artış ile de gösterilmiştir. APHEA PM_{10} konsantrasyonunda her $10 \mu g.m^{-3}$ artışta kardiyak başvuruda %0,7'lik artış bulmuştu. Diğer artışlar şöyleydi: Çocuklarda astım için %1,2, 64 yaşına kadar olan astımlılar için %1,1 ve yaşlılardaki tüm respiratuar hastalıklar (KOAH, astım ve diğer respiratuar hastalıklar dahil) için %0,09.

Kutu 6b'de detayları verildiği gibi insanlar hava kirliliğinden eşit derecede etkilenmemektedir. Hava kirliliğinin çok olduğu veya takip eden günlerde astımlı hastaların, özellikle antiinflamatuvar veya bronkodilatör tedavi almayan çocukların daha fazla şikâyeti olmaktadır. Kişisel gününbirlik değişikliklerin fazla olması ve eşlik eden birçok faktörün etki etmesi nedeniyle çalışma protokolüne bağlılık ve bireysel maruziyet sıkı bir şekilde kontrol edilmeden astımlılardaki etkiyi göstermek kolay değildir. Astımlılarda bu tür sıkı denetimlerin yapıldığı panel çalışmaları akciğer fonksiyonlarında düşme ile ilave kurtarıcı ilaç kullanımının eşlik ettiği artmış vizing, öksürük ve dispne ataklarının PM ve NO_2 düzeylerindeki günlük değişkenlikle ilişkili olduğunu göstermiştir.

Ozonun bireyler üzerindeki akut etkisi de epidemiyolojik çalışmalarda uyumlu bir şekilde gözlenmiştir. Kutu 6b'de bazı özel kirleticilerin sağlık etkileri hakkında özel detaylar verilmektedir.

HAVA KİRLİLİĞİNİN UZUN DÖNEM SONUÇLARI

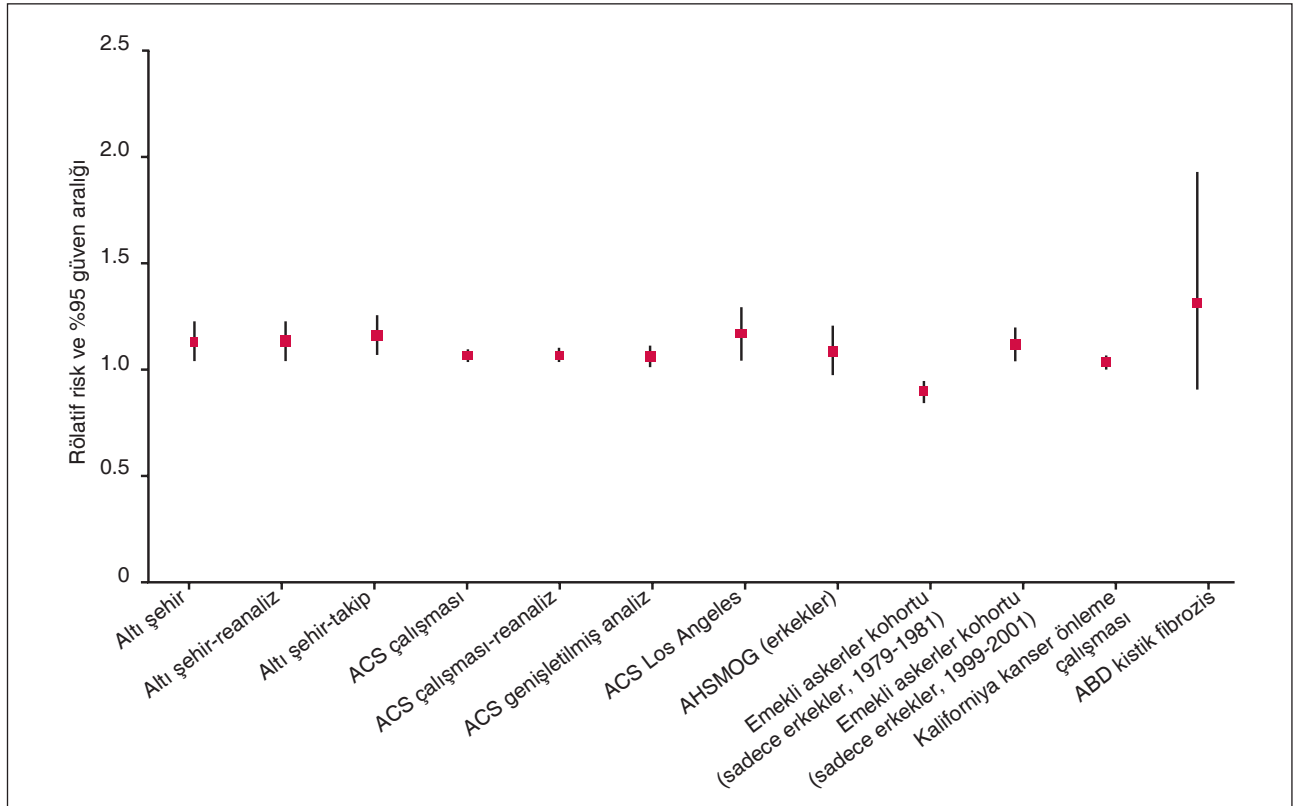
Beşinci bölümde tartışıldığı gibi uzun süreli veya yaşam boyu atmosferdeki kirliliğe maruz kalma sadece akut sağlık problemlerini tetiklememekte ayrıca kronik hastalıklara yol açacak patolojilere de katkıda bulunmaktadır. Bu etkilerin araştırılması için genellikle büyük çalışmalar ve uzun süre gerekmektedir. Bu nedenle uzun süreli etkilerle ilgili mevcut kanıtlar akut etkilere kıyasla daha az sayıda çalışmaya dayanmaktadır. Buna rağmen son 10 yıl içerisinde çok sayıda çalışma orta düzeyde hava kirliliğinin olumsuz etkilerini desteklemektedir.

HAVA KİRLİLİĞİ VE YAŞAM BEKLENTİSİ

Ölümün kendisi akut bir olay iken, yaşam beklentisi ve ölüme kadar geçen süre hem akut hem de kronik patolojilerin sonucudur. Hava kirliliğinin mortalite üzerine bilinen akut etkileri yanında akut ve kronik patolojiler arasındaki karşılıklı etkileşim nedeniyle hava kirliliğinin

akut ve kronik etkilerinin mortalite üzerine olan etkisini ayırtmak ve paylaşmak imkânsızdır. Ancak kohort çalışmalar ölümüne kadar geçen süreyi ölçebilmekte ve bu şekilde hava kirliliğinin kronik etkilerini anlamamıza önemli katkıda bulunmaktadır. Avrupa, ABD ve Kanada'da yapılan çalışmalar kirliliğin mortalite üzerindeki toplam etkisinin akut maruziyete atfedilen fraksiyondan oldukça fazla olduğunu doğrulamaktadır.

Mortalite ile ilgili kohort çalışmalara göre respiratuar hastalıklar kardiyovasküler hastalıklara göre daha az sıklıkta ölüm nedenidir. Bu nedenle iki grup hastalık genelde kardiyopulmoner mortalite olarak bir arada ele alınmaktadır. Kardiyopulmoner mortalite, iyi bilinen Harvard 6 şehir çalışması ve Amerika Kanseri Derneği (AKD) çalışmasında, şehirlerarasında PM ve sülfat konsantrasyonlarındaki uzun süreli farklılıklarla ilişkili idi. AKD çalışmasında 500.000'den fazla olan katılımcıları arasındaki ölüm oranları ile toplumdaki ince PM konsantrasyonlarının karşılaştırılmasında $PM_{2.5}$ 'un her $10 \mu g.m^{-3}$ konsantrasyonuna karşı 16 yıl sonra



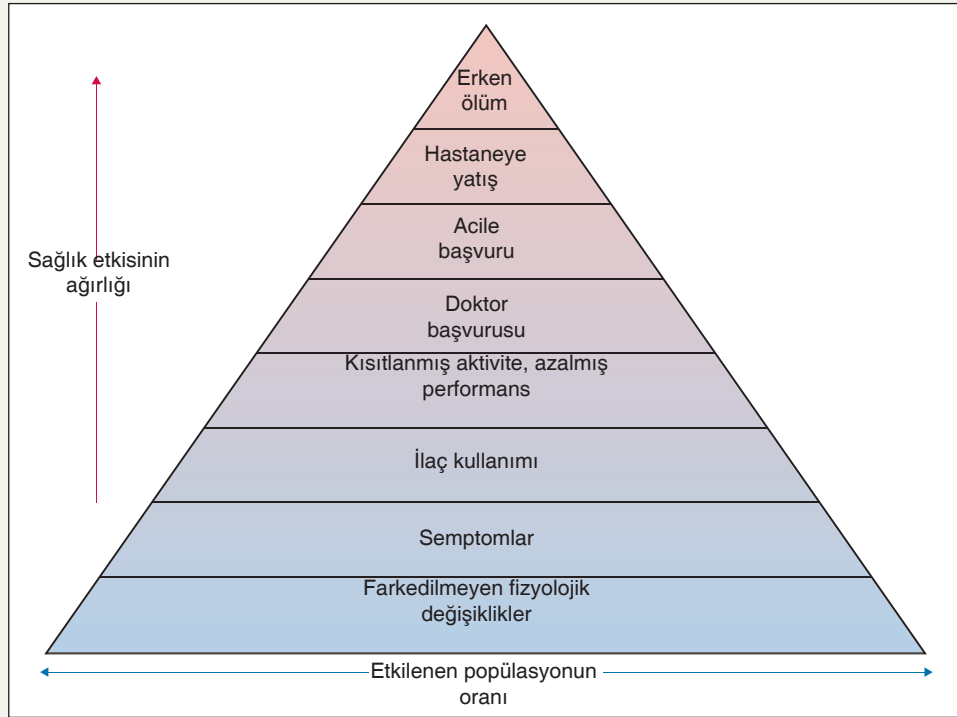
Şekil 6.1. Kuzey Amerika'da yürütülen başlıca kohort çalışmaları için uzun süreli $PM_{2.5}$ maruziyeti (her $10 \mu g.m^{-3}$ için) ve mortalite arasındaki ilişki için rölatif risk tahminleri (ve % 95 güven aralıkları). Şekil çalışmaların sadece genel isimlerini göstermektedir. Çalışmalarla ilgili daha detaylı bilgi ilgili kaynaklarda bulunabilir [15,16].

Kutu 6a

Akut sağlık etkilerini gösteren piramid: Nedensel ilişki için kanıt

Herhangi bir popülasyonda hava kirliliğinin olumsuz etkilerine karşı duyarlılığın (veya sağlığı tehdit eden başka bir durumun) insanlar arasında zamanla da aynı birey için farklılık göstermesi beklenmektedir. Örneğin; çok az duyarlı olan sağlıklı kişilerde hiçbir semptom olmazken veya sadece klinik olarak önemsiz değişiklikler olurken, aynı maruziyet hassas birinde sağlık problemine bağlı ciddi atak gelişimine neden olabilir. Benzer şekilde bazı astımlılar sık atak geçirirken bazı astımlılar stabil kalmaktadır.

Hava kirliliği epidemiyolojisi küçük değişikliklerden (rneğin; bazı kan belirteçleri) mortaliteye kadar geniş aralıktaki sağlık sorunları ile kirlilik arasındaki ilişkiyi incelerken bu değişen duyarlılık ve ağırlık paternini kullanmaktadır. Bu kavram şekil 6a.1'de gösterilmiştir. Piramit en ciddi şekilde etkilenen insanların sayısının daha az etkilenenlere göre oldukça az olduğunu açık bir şekilde göstermektedir. Bu durum çok sayıda hava kirliliğinin sağlık etkisi değerlendirmelerinde doğrulanmıştır. Oldukça kapsamlı karşılıklı etkileşimler üzerindeki olan sonuçların tutarlılığı kirliliğin halk sağlığı üzerindeki nedensel rolü açısından g bir argüman sağlamaktadır.



şekil 6a.1. Hava kirliliği ile ilişkili sağlık etkileri piramidi [21].

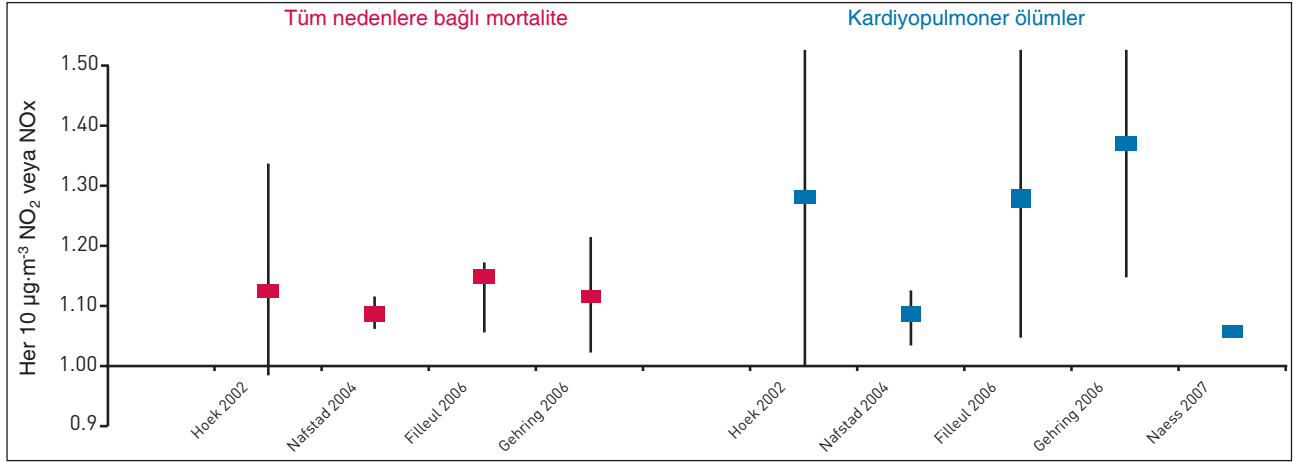
Kutu 6b

Hepimiz eşit değiliz- duyarlılık konuları

Tüm sigara içenler, sigara ile ilişkili hastalıklardan yakınmazlar ve insanların hepsi çevresel hava kirliliğinden etkilenmezler. Daha zor olanı duyarlılık faktörlerini tanımlamaktır. Bazı faktörler maruziyet düzeyini değiştirirken diğerleri bir bireyin çevresel hava kirliliğine maruziyet ile nasıl etkilenebileceğini belirleyebilmektedir. Fiziksel aktivite sırasında ventilasyon hızında artış hava kirliliğine daha fazla maruziyetle sonuçlanır. İnsanların nerede fiziksel aktivite yaptıklarına bağlı olarak aktivitenin sağlığa yararı ile toksik ajanlara daha fazla maruziyet arasında bir durumla karşı karşıya kalabilirler.

Şu anda bir grup duyarlılık faktörü araştırılmaktadır; bazı ön sonuçlar şöyle özetlenebilir:

- Genel bir kural olarak, çocuklar çocukluk ve adolesan çağında rölatif olarak daha fazla ventilasyon ve metabolik aktiviteleri olduğu için daha fazla etkilenirler. Ancak tüm çocuklar eşit derecede etkilenmez ve aşağıdaki konular aynı şekilde çocuklara uyarlanamaz.
- Önceden var olan hastalıklar duyarlılığı belirleyebilir. Bu özellikle hava kirliliğinin akut etkisi ile ortaya konulmaktadır: Hava kirliliği KOAH ve astım hastalarında akut alevlenmelere neden olabilir. Hava kirliliğine maruziyet sonrası kalp hastalığı ve ateroskleroza olanlarda kalp krizi veya inme görülebilir. Az sayıda çalışma hava kirliliğinin kardiyovasküler etkilerinden diabetiklerin daha fazla etkilendiğini göstermektedir.
- Hava kirliliğine bağlı mortalite ve morbidite mekanizmalarında rolü olan herhangi bir faktör duyarlılığın da potansiyel belirleyicilerindendir. Bunların başında gelen sistemik inflamasyon ve oksidatif strese rolü olan genetik faktörlerdir. Bazı bulgular ksenobiyotiklerin genetik detoksifikasyonundaki genetik eksikliklerin (örneğin; glutatyaon S-transferazın Mu-1 varyantı) hava kirliliğinin olumsuz etkilerini artırdığını göstermiştir.
- Antioksidan alımı da bir duyarlılık faktörü olarak etki etmektedir. Yüksek miktarda antioksidan alan çocukların çevre kirleticileri ve ozonunun oksidatif etkilerinden daha iyi korunduğu görülmektedir.
- Subklinik sistemik inflamasyon: Kanıtları yeterince ortaya konmamakla birlikte kronik subklinik inflamasyon bulunan kişilerin hava kirliliğinin inflamatuvar etkilerinden daha fazla etkilendiği düşünülmektedir. Örneğin; deneysel çalışmalar obezite ve diyabetin çevresel kirliliğin daha güçlü etkileri ile ilişkili olduğunu göstermektedir.
- Hava kirliliğinin etkileri ve medikal tedavi arasındaki potansiyel etkileşim hesaba katılmalıdır. Bir çalışma statin verilen bir hastada kalp hızı değişkenliği ve hava kirliliği arasındaki ilişkinin görülmeyişi bildirmiştir. İyi kontrol edilmiş astımlılar da muhtemelen benzer şekilde hava kirliliğinin etkilerinden daha az etkilenmektedir (Bölüm 9).



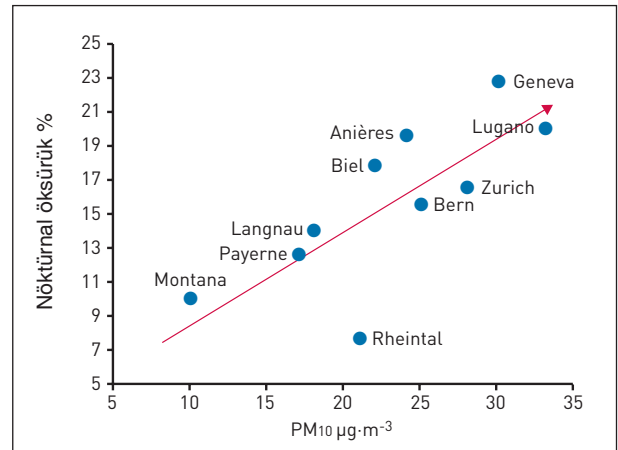
Şekil 6.2. Hava kirliliği ve mortalite ile ilgili Avrupa kohortlarında her 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ NOx veya NO₂ için ifade edilen rölatif riskler ve %95 güven aralıkları [17].

kardiyopulmoner mortalitede %6 artış olduğunu gösterdi. Tahmin edilen toplam mortalite %4 idi. Los Angeles bölgesindeki 18 yıllık ACS takibinin yeniden analizinde her birey için PM_{2.5} maruziyeti modellendiğinde, PM_{2.5} konsantrasyonundaki her 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ artış kardiyopulmoner mortaliteyi %20'ye kadar, iskemik kalp hastalığını %49'a kadar artırmakta olduğu görüldü. ABD'de aynı şekilde mortalite ile ilişkiyi gösteren birçok başka kohort çalışması bulunmaktadır.

Avrupa'daki kohort çalışmaları da kardiyopulmoner mortalite riski ile kirlilik arasındaki ilişkiyi desteklemektedir. Üç farklı Avrupa çalışması respiratuar ve kardiyovasküler mortalite için detayları ayrı ayrı analiz edebilmekteydi. Sonuçlar, NOx'in trafik emisyonunun modellenmesiyle her bir katılımcı için değerlendirilen kentsel hava kirliliğinin genel mortalite, iskemik kalp hastalığına bağlı mortalite, respiratuar mortalite, akciğer kanseri mortalitesi ve ayrıca zayıf olarak serebrovasküler mortalite ile ilişkili olduğunu gösterdi. Fakat kohort çalışmalarının hepsi kardiyovasküler mortalite üzerine benzer etkileri uyumlu bir şekilde göstermedi. Yirmi yıldan fazla maruziyet datası olan kanser ve beslenme ile ilgili bir Hollanda kohortunda kardiyovasküler ölüm ile NO₂ veya siyah duman arasında sadece önemsiz bir ilişki görülürken en yakın ana yoldaki trafik yoğunluğu ile kardiyopulmoner mortalite arasında zayıf bir ilişki gözlemlendi. Aksine, respiratuar ölümler NO₂, siyah duman, 100 metrelik yarıçap içinde trafik yoğunluğu ve ana caddeye yakın yaşama ile ilişkili idi.

ÇOCUKLARDA AKCİĞER SAĞLIĞI

Çocuklarda respiratuar sistem üzerine uzun süreli etkiler, birçok nedenle hava kirliliğinin etkilerine yetişkinlerden daha duyarlı oldukları için sıklıkla araştırılmaktadır. Çocuklar daha aktiftir ve daha fazla dış ortam aktiviteleri vardır. Daha hızlı solunum yaparlar ve metabolik hızları yetişkinlere göre daha yüksektir. Çocukların bağışıklık sistemleri tam olarak gelişmemiştir. Bu yüzden solunum yolu enfeksiyonu insidansı yüksektir. Akciğer gelişimi devam etmektedir ve büyümedeki herhangi bir eksiklik tüm çocukluk yaşamını etkileyebilecektir. Bunlara ilaveten sigara içmek, toza ve dumana mesleki maruziyet, hastalığın medikal tedavisi gibi muhtemel araya giren ve değiştirici faktörler büyük oranda yoktur.



Şekil 6.3. İsveç okul çocuklarında yapılan SCARPOL çalışmasında yıllık toplum PM₁₀ ortalaması ve noktural öksürük prevalansı [18]. Ok işareti yüksek PM₁₀ prevalansı olan toplumlardaki yüksek prevalansı göstermektedir.

Araştırmaların özel ilgi gösterdiği alan çocuklarda akciğer fonksiyonlarında gelişme ve çocuklardaki en önemli kronik hastalık olan astımdır.

Almanya, İsviçre, Fransa ve ABD’de 1980’ler gibi erken dönemlerde yapılan çok sayıdaki çapraz kesitsel çalışma yüksek oranda toz, SO₂ ve NO₂ maruziyeti olan toplumlardaki okul çağı ve okul öncesi çağı çocuğunda daha az kirliliğin olduğu bölgelere göre daha fazla öksürük ve akut bronşit şikayeti olduğunu ortaya koymuştur.

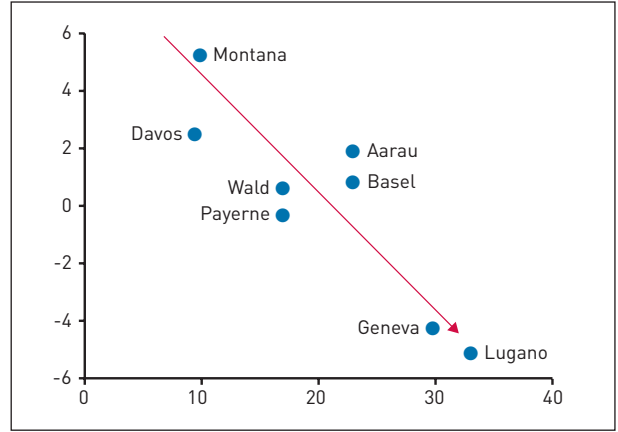
Daha yakın zamanda yapılan çok sayıdaki çapraz kesitsel çalışma daha kirli ortamda yaşayan çocuklarda daha düşük akciğer volümleri bildirmektedir. Astım atakları hava kalitesi ile açık bir şekilde korele iken astım veya alerji prevalansının coğrafik karşılaştırılması kirleticilerin (örneğin; PM_{2,5} veya PM₁₀) kentsel arkaplan düzeylerindeki gradiyenti takip etmemektedir. Yeni yaklaşımlar trafik ile ilişkili kirliliğin toplum içi dağılımını belirlemek için trafik ile ilgili kirliliğin lokal ölçümü, coğrafik bilgi sistemleri, arazi değerlendirme bilgileri ve uzaysal modelleme tekniklerini entegre etmişlerdir. Yoğun trafik bulunan yolların yakınında yaşayanlar trafik ile ilişkili kirleticilere 50-100 metre uzakta yaşayanlara göre kat kat fazla maruz kalabilmektedirler (Kutu 6d).

YETİŞKİNLERDE AKCİĞER SAĞLIĞI

Yetişkinlerde kronik respiratuar hastalık için en önemli risk faktörü sigaradır. Sigaranın ve çevresel hava kirliliğinin sağlık etkilerinin büyük oranda kesiştiği görülmektedir. Ayrıca caddelere yakın yerleşim sadece kirliliğe maruziyet için ortam oluşturmamakta aynı zamanda sigarayla da içeren sosyodemografik farklılığı göstermektedir. Yetişkinlerde KOAH, astım gibi hastalıklar üzerine dış ortam hava kirliliğinin etkisini değerlendiren çalışmalar yaş, cinsiyet, genetik faktörler gibi bireysel özelliklerin yanı sıra bu faktörler arasındaki ilişkiyi de göz önüne almaları gerekmektedir. Hiç sigara içmeyenlere ait sonuçlar özellikle değerlidir.

ABD ve Avrupa’da yapılan ve çok sayıda tekrarlanan çapraz kesitsel çalışmada uzun süreli solunabilir PM maruziyeti ile kronik öksürük, balgam ve akciğer fonksiyonlarındaki azalma arasında ilişki belirlenmiştir.

İlginç olarak, bu çalışmaların bir kısmı arka plandaki kirlilik konsantrasyonundan bağımsız olarak ana caddelerin yakınında yaşayan katılımcılar arasında respiratuar semptomların daha belirgin olduğunu göstermiştir (Kutu 6c). Maruziyetteki azalma akciğer



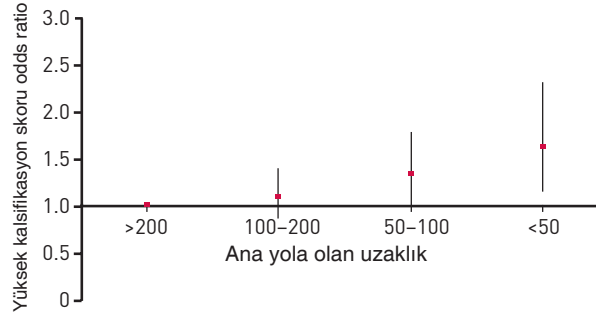
Şekil 6.4. İsviçre’de sekiz bölgedeki yıllık ortalama PM düzeyi ve yetişkin akciğer fonksiyonu (beklenen FVC’den yüzde sapma olarak ifade edilmiştir), SAPALDIA çalışması [19]. Ok yüksek PM düzeyi ile toplumdaki düşük akciğer kapasitesini göstermektedir.

fonksiyonlarındaki yaşla ilişkili azalmayı azaltmaktadır.

Çocuklarda olduğu gibi yetişkinlerdeki astım kentsel hava kirliliği ile korele değildir. Yetişkinlerde astım başlangıcına lokal trafiğe bağlı hava kirliliğinin katkısını araştıran az sayıda çalışma, çocukluk astımını araştıran çalışmalarla benzer sonuca ulaşmıştır. Fakat atopi ve kişiye ait faktörlerle etkileşim nedeniyle bu sonuçları açıklamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. KOAH’a hava kirliliğinin etkisi de ileri inceleme gerektirmektedir. Bunun için sigara içiminin uygun kontrolü gerekmektedir. Ancak az sayıda çalışma hava kirliliğinin KOAH’a katkısını desteklemektedir.

KARDİOVASKÜLER SAĞLIK

Son yıllarda kirlilik araştırmalarının ana hedefi respiratuar hastalıklardan kardiyovasküler hastalıklara kaymıştır. Çünkü hava kirliliği ile kardiyovasküler sağlık arasında ilk düşünüldüğünden daha güçlü bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır. Almanya’da bir çapraz kesitsel çalışma trafiğin PM_{2,5}’ten bağımsız olarak koroner kalp hastalığı prevalansı üzerine etkisi olduğunu buldu (Heinz Nixdorf RECALL çalışması). Çalışmada yoğun trafiği olan yola yakın yaşayanlarda miyokard infarktüsü, stent ve by-pass girişi daha fazlaydı. Koroner risk ana yola uzaklık arttıkça azalmaktaydı. Enfarktüs de ölüm gibi bir olay olarak tanımlanmıştı. Bu nedenle bu çalışma kirliliğin kalp atakları üzerine akut etkilerini, alta yatan kardiyovasküler patolojiye kronik etkilerinden açık bir şekilde ayırt edememektedir.



Şekil 6.5. Koroner arter kalsifikasyon riski ve oturduğu yer ile en yakın yoğun trafik olan yol arasındaki mesafe.

Kardiyovasküler hastalıkta en önemli patoloji aterosklerozdur. Aterogenezis, ateroskleroz gelişimi uzun soluklu bir süreçtir. Kirlilik ile aterogenezis arasındaki ilişki ile ilgili ilk bulgu uzun süreli yoğun kentsel PM maruziyeti sonrası ateroskleroz gelişen hayvanlarda yapılan çalışmalardan gelmektedir. Bu bulgu hava kirliliği ile koroner arterlerin kalsifikasyonu arasındaki ilişkiyi araştıran insan çalışmalarına öncülük etmiştir. Almanya'da yapılan bir çalışmada bireysel risk faktörleri açısından kontrol edildikten sonra, $PM_{2.5}$ düzeylerinden bağımsız olarak kişinin yaşadığı yer ile anayola olan mesafesinin %50 azalması kalsifikasyon skorunda %7 artma ile ilişkili olduğu ortaya konuldu (Şekil 6.5) [20].

Bu sonuçları doğrulayan az sayıdaki çalışma kentsel kirliliğin sadece kardiyak olaylar için tetikleyici olmadığını, aynı zamanda altta yatan kardiyovasküler patolojiye etki yapabileceğini doğrulamıştır. Kalp hastalığına yol açan patofizyolojik süreçte aritmiye ve kalp ataklarına duyarlılığı artırabilen kalbin otonomik kontrolünde kronik bir dengesizlik veya inflamasyon ve koagülasyon faktörlerin düzeylerinde artış gibi daha ileri basamakları araştırmak için çalışmalar yapılmaktadır.

TRAFİKTEKİ EGZOZ DUMANINA BAĞLI KANSER

Çoğunlukla deneysel ve mesleki verilerle dayalı olarak Uluslararası Kanser Ajansı (IARC) benzen, benzo(a)pirin, 1,3-butadien ve is, kurum içeren polisiklik aromatik hidrokarbonları insanlar için grup 1 karsinojen; dizel motoru egzoz dumanı ve diğer hidrokarbonları insanlar için grup 2A muhtemel karsinojen ve benzin motoru dumanını da insanlar için grup 2B muhtemel karsinojen

olarak gruplandırmıştır. Kaliforniya Çevresel Koruma Ajansı da dizel motoru egzoz dumanını karsinojen olarak değerlendirmektedir.

Çocuklukta lösemi, lenfoma ve beyin tümörleri en sık görülen malignitelerdir. ABD'de iki erken olgu-kontrol çalışması trafik maruziyeti ile çocuklarda lösemi riski arasında bir ilişki bulmuştur. Benzen veya diğer volatil organik bileşikler muhtemel nedenler olarak öne sürülmüştür. O zamandan beri çok sayıda olgu kontrol çalışması ve bazı ekolojik çalışmalar bu konuya odaklandı ancak çelişkili sonuçlar alındı. Genel olarak sonuçlar hala uyumlu değildir.

Yetişkinlerde akciğer kanserinden ölüm başlıca ilgi alanıdır. Akciğer kanseri uzun bir latent dönemi olan ve sigara içmeyenlerde nispeten nadir görülen bir hastalıktır. Tanıdan ölüme kadar geçen süre sıklıkla kısa olup tedavi başarısı sınırlıdır. Topluma dayalı çalışmalarda akciğer kanserine bakmak için örneklenen popülasyon örneklemini büyük olmalı ve takip süresi olmalıdır. AKD kohort çalışmasında akciğer kanseri insidansı şehirler arasındaki ölçülen $PM_{2.5}$ düzeylerindeki farklılıkla her $10 \mu g.m^{-3}$ $PM_{2.5}$ artışı için %8'e kadar artmıştır. Bir Norveç kohort çalışmasında akciğer kanseri insidansı trafikteki NO_x 'te her $10 \mu g.m^{-3}$ artış için %11'e kadar artmaktadır. Ancak deneysel bilginin, mesleki çalışmaların ve popülasyon çalışmalarının çoğunun sonucunun uyum göstermesine rağmen tüm uzun süreli epidemiyolojik çalışmalar atmosferdeki kirlilik ile akciğer kanseri arasında ilişkiyi ortaya koyamamaktadır. Sigaranın baskın etkisi ile birlikte, muhtemel zayıf bir ilişki de maruziyetin yanlış sınıflandırılması, adres değişikliği, bireysel yaşam tarzı, takip dönemindeki mesleki riskler, kirlleticilerin şehir içinde küçük farklılıkları (örneğin; $PM_{2.5}$ 'ta olduğu gibi trafik egzoz dumanı maruziyetindeki farkı yakalayamayabilir) ile maskelenebilir. Hatta NO_2 ve siyah duman bile trafik egzoz dumanı maruziyetinin ölçümünde yeterince temsil edici olmayabilir. Dizel dumanı maruziyetinin göstergelerinden biri olan evden işe ulaşım bilgisi hiçbir çalışmada dikkate alınmamaktadır.

REPRODÜKTİF SONUÇLAR

Düşük doğum ağırlığı, intrauterin büyüme geriliği ve erken doğum ile ilgili çalışmaların bir derlemesi PM kirliliğinin olumsuz etkisi için kanıtların çelişkili olduğu sonucunu çıkardı. O zamandan beri ABD, Kanada ve Doğu Asya'da çok sayıda yapılan geniş kayıt çalışmaları fetal büyüme ve hamilelik sürecinin trafik ile ilgili kirleticilerle ilişkili

Kutu 6c

Ozon ve sağlık etkileri

Oksitadif özelliklerinden dolayı (Kutu 3a) ozon halk sağlığı için önemli bir etkindir. Bireyler üzerindeki akut etkileri, sadece klinik çalışmalarda değil aynı zamanda ev dışındaki aktivitelerle meşgul olan erkek ve bayan cinsiyetlerde yetişkin ve çocuklarda yapılan panel ve saha çalışmalarında devamlı olarak gözlenmiştir. Bu etkiler azalmış akciğer fonksiyonu, akciğer inflamatuvar reaksiyonları ve solunum semptomlarını kapsar. Ozona duyarlılığın bireysel olarak çok farklılık göstermesi kısmen genetik yatkınlıkla açıklanmaktadır. Genel olarak duyarlılık yanıtı üç parametreye bağlıdır: Konsantrasyon (daha yüksek doz ozon seviyesi ile daha çok insan etkilenir), süre (daha uzun maruziyet daha güçlü reaksiyon) ve solunum hacmi (daha yoğun aktivite daha güçlü reaksiyon).

Akut akciğer fonksiyonu ve inflamatuvar reaksiyonlar maruziyet sonlandığında geri dönüşlüdür. Çoğu çalışmada tekrarlayan ozon maruziyetinden sonra zayıf reaksiyonlar gözlenmiştir. Reaksiyonlar genel olarak yaz süresince hafiflemektedir.

Bireylerdeki kısa süreli klinik etkilere adaptasyon ve geri dönüşüme rağmen, çoğu epidemiyolojik çalışmanın kayıt bilgileri ozonun akut mortalite ve hatta morbidite ile ilişkili olduğunu onaylamıştır. Dünya Sağlık Örgütü adına yapılan Avrupa kayıtlarının metaanalizinde tüm vakalarda mortalitede %0,3 artış, ozon seviyesindeki her 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ artış (8 saatlik ortalama) için kardiyovasküler ölümlerde %0,4 artış bulundu. Altta yatan mekanizmalarla ilgili geriye kalan sorulara rağmen Birleşik Devletler Uluslararası Bilim Akademisi uzman paneli yaz günleri süresince günlük ozon konsantrasyonu ile ölüm arasındaki ilişkinin nedensel olduğunu göstermiştir. Ozonla ilişkili etkilerin bir bölümü ikincil aerosoller gibi yaz dumanındaki eşlik eden kirleticilerle ilgili olabilir. Yüksek sıcaklıklar da ozon etkisini artırabilir.

Astımlı insanlar akciğerde salınan mediatör ve inflamatuvar hücrelerde artış ve hava yolu duyarlılığının artışı ile ozondan özellikle etkilenmektedir. Günlük ozon seviyeleri astımlılarda -özellikle çocuklarda- yapılan panel çalışmalarındaki akciğer fonksiyonlarında azalma ve öksürük ile okul devamsızlıkları, acil konsültasyonları ve astım atağı nedeniyle hastaneye başvuru ile ilişkilendirilmiştir. Diğer solunum hastalıkları nedeniyle hastane başvuruları ozonla tutarlı bir şekilde ilişkilendirilememiştir.

Yüksek oksidan kirliliği olan bölgelerde yaşayan insanların nazal mukozasında kronik inflamatuvar hasar olduğu gösterilmiştir. Kaliforniya'da çocuklarda ve genç erişkinlerde akciğer fonksiyonundaki gelişme konusunda yapılan prospektif çalışmalar, genç erişkinlerde yapılan ve yaşam boyu daha fazla ozon maruziyeti olan çocuklarda küçük hava yolu fonksiyonlarında azalma olduğunu gösteren çapraz kesitsel çalışmaların aksine net bir sonuç elde edememiştir. Yaz sezonu boyunca orta derecede ozon maruziyetinin çiftçiler, askerler ile Almanya ve Avusturya okul çağı çocuklarında akciğer fonksiyonlarında azalma ile ilişkili olduğu gösterilmiştir.

Bireysel ozon maruziyeti temel olarak dışarıda vakit geçirmek ve aktivitelere katılmakla daha az oranda da dış ortamdaki, hatta kişinin ev adresindeki ortalama ozon düzeyleri ile belirlenir. Yaşam boyu maruziyeti değerlendirmedeki zorluklar çoğu çalışmada uzun süreli ozon maruziyetinin kronik etkilerinin tespit edilmesindeki başarısızlıkların nedenlerinden biri olabilir.

Tablo 6c.1. **Toplumda ve duyarlı bireylerde ozon düzeylerindeki artışla solunum fonksiyonlarının azalması (Dünya Sağlık Örgütü-Avrupa, Sis dönemlerinin sağlık etkisi, 1992).**

MAKSİMUM SAATLİK KONSANTRASYON, $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	DIŞARIDA AKTİVİTESİ OLAN İNSANLARDA SOLUNUM FONKSİYONLARINDA (FEV_1) ORTALAMA AZALMA	
	TOPLUM GENELİ	EN DUYARLI %10
< 100	Yok	Yok
100-200	%5	%10
200-300	%15	< %30
> 300	%25	> %50

olduğunu, $\text{PM}_{2.5}$ ile daha az uyumlu olduğunu buldu. Oldukça düşük düzeylerdeki kirleticileri araştıran bir Avusturalya çalışması böyle bir ilişki bulamadı. Tüm bu çalışmalar hamilelikteki maruziyeti en azından posta koduna göre coğrafi konumu belirlenerek modellerken, bazıları tüm hamilelik boyunca daha geniş bir modelleme yapmıştı. Kadınları hamilelikleri sırasında takip eden yeni çalışmalar, bireysel duyarlılaştırıcı faktörleri ve düzelen maruziyet değerlendirme gibi hala üstesinden gelinmesi gereken çok sayıda metodolojik probleme rağmen trafik kirliliği ve fetal sağlık arasında bir ilişkiyle kanıt sağlamaktadır.

NÖROGELİŞİM, NÖRODEJENERASYON VE TRAFİK KİRLİLİĞİ

Organik kurşun çocuklarda nörogelişimsel eksiklikle ilgili en iyi bilinen trafik kirleticisidir. Bilinç kaybı ve kan kurşun düzeyleri arasında alt eşik ($10 \mu\text{g}\cdot\text{dL}^{-1}$ altı) ile bağlantılı olmaksızın doz-yanıt ilişkisi gözlenmiştir. Kurşuna maruz kalan yetişkinlerdeki kohort çalışmaları kemiklerde kurşun birikimi ile ölçülen uzun süreli kurşun maruziyetinin prematür bilinç kaybı ile ilişkisi olabileceğini düşündürmektedir. Gelişmiş ülkelerde yakıttaki organik kurşunun yasaklanması toplumdaki ortalama kurşun düzeyinde %90'dan fazla düşüş sağlamıştır. Havadaki mevcut kurşun konsantrasyonlarının ağır trafiğin olduğu ana yollara yakın bölgelerde bile minimal olduğu kanısına varılmıştır. Yeni bir endişe kaynağı yakma işlemlerinde ortaya çıkan ultra-ince partiküllerdir. Bunların hayvanlarda burundan olfaktör sinir aracılığı ile beyine

göç ettiği ve dejeneratif hastalıkları andıran inflamatuvar olaylara yol açtığı görülmüştür. Meksikalı bir araştırma grubu ağır hava kirliliği olan bölgelerdeki bireylerin postmortem incelemesinde daha iyi bölgelerde yaşayan bireylere göre daha fazla serebral inflamasyon ve amiloid birikimi gözlemledi.

Zeka skorunun hamilelikte yüksek polisiklik aromatik hidrokarbon maruziyeti olan çocuklarda daha az olduğu gösterilmiştir. Ancak bu çalışmalarda tüm maruziyet göstergeleri annenin ırkı ve eğitim düzeyi gibi sosyal faktörlerle, iç ortam ve gürültü maruziyeti ile güçlü bir şekilde korele idi. Kohortlarda yüksek oranda çalışmadan ayrılma oranı vardı. Bu nedenle bu etkilerin gerçekten ultra-ince partiküllerin sonucu olduğu çıkarımını yapmak şimdilik mümkün değildir.

Kutu 6d

Trafiğe yakın mesafede yaşama: Bir sağlık sorunu

Avrupa nüfusunun büyük bir çoğunluğu kalabalık caddelerin kenarına inşa edilmiş ev veya apartmanlarda yaşamaktadır. Ultra-ince partiküller, karbonmonoksit veya diğer primer gazlar gibi egzoz kaynaklı kirleticiler cadde kenarlarında çok yüksek konsantrasyonlara ulaşır, yüksek binaların arasında bulunan dar caddelerde bu durum en belirgin hale gelir. Dağılma ve kümelenmeye bağlı olarak ana caddelerden sadece 50-100 m uzaklıkta bu kirleticilerin konsantrasyonu hızla şehrin arka mahallelerindeki seviyelere kadar düşer. Dizel araçlar, kamyon ve otobüsler özellikle yüksek oranlarda toksitesi bulunan ince partikül içeren yüksek konsantrasyonlarda duman salarlar. Ayrıca, fren ve yol yüzeyi aşınması ile oluşan iri taneli partiküllerde de toksik maddeler bulunur ve bu partiküller akan trafik ile yeniden dağılarak havaya karışır. Sonuç olarak, trafiğin yoğun olduğu dönemler boyunca ana caddelere yakın mesafede yürüyen, oynayan ya da yaşayan insanlarda bu kirletici maddelere maruziyet çok yüksek düzeylerde olabilir.

Yeni yapılan pek çok epidemiyolojik çalışmada trafiğe yakınlık ile ilişkili sağlık verileri araştırılmış ya da araştırılmaya devam etmektedir. Potansiyel karıştırıcı faktörler de göz önüne alınarak, bu çalışmalar, kalabalık bir yola yakın mesafede yaşamının sağlık üzerinde kirliliğe bağlı olarak risk oluşturduğunu kuvvetli bir şekilde öne sürmektedir. Bu çalışmalar metodoloji açısından oldukça heterojendir. Son zamanlarda yapılmış eleştirel bir derlemede çeşitli verilerden elde edilen mevcut bulguların anlamlı olduğu fakat kesin nitelikte olmadıkları için daha hedefe yönelik çalışmaların gerekliliği ortaya konmuştur (Tablo 6b.1). Çocuklarda astım gelişimi bunun dışındadır. Bu konuda yeterince bilgi bulunmaktadır. Yakın zamanlarda yayınlanan Kaliforniya Çocuk Sağlığı Çalışması ile trafik ile ilişkili kirleticilerin çocuklarda, en azından genetik yatkınlığı bulunanlarda çocukluk çağı astımının arttığına dair güçlü kanıtlar ortaya konmuştur [23]. Bu kanıt, politikacılar için şehir planlama kararlarının halk sağlığı ile ilgili çok önemli sorunlara yol açabileceğini ortaya çıkarmıştır. Bulgular ayrıca anayollara yakın komşuluğu bulunan okul idareleri ve okulda bulunan insanlar arasında, okul ve kreşlerin yerleştikleri alanlar açısından yeni tartışmalar başlatabilir.

Table 6d.1. Bölgesel trafik-ilişkili hava kirliliğinin nedensel zararlı etkilerine dair güncel kanıt. Sağlık Etkileri Enstütüsü'nün (SEE) trafik ilişkili maruziyetin sağlık üzerine etkileri raporundan modifiye edilmiştir [24]. SEE derlemesi sadece kalabalık caddelere yakın mesafelerde çok yüksek konsantrasyonlara ulaşan kirlleticilerin bölgesel etkilerini araştıran daha güncel literatür ile sınırlandırıldı. "Arka mahalle kirliliği"nin (özellikle büyük çoğunluğu trafiğe bağlı olan PM_{2,5} ve diğer sekonder kirleticiler gibi) sağlık üzerine etkilerinin kanıtı pek çok sağlık verisi için daha güçlüdür.

SAĞLIK VERİLERİ	SINIFLAMA	SINIFLAMA İÇİN ESAS GEREKÇE
Tüm nedenlere bağlı ölüm	Öneri düzeyinde fakat yetersiz	Çok az sayıda çalışma
Kardiyovasküler mortalite	Öneri düzeyinde fakat yetersiz	Çok az sayıda çalışma
Kardiyovasküler morbidite	Öneri düzeyinde fakat yetersiz	Potansiyel önemli karıştırıcı faktörler açısından yetersiz
Astım insidansı ve prevalansı	Yeterli ya da öneri düzeyinde fakat yetersiz	Değerlerin hassasiyeti ile ilişkili
Astımlı çocuklarda semptomların alevlenmesi	Yeterli	
Astımı olmayan çocuklarda semptomların alevlenmesi	Yetersiz ve eksik	Etkiler astım nedeni ile olabilir
Çocuklarda sağlık hizmeti başvurusu	Yetersiz ve eksik	Verilerin ölçüm geçerliliği ile ilişkili
Yetişkin başlangıçlı astım	Yetersiz ve eksik	Sadece bir çalışma
Yetişkinlerde solunumsal semptomlar	Öneri düzeyinde fakat yetersiz	Yakınlık ve model-tabanlı ilişki tahmini açısından çelişkili sonuçlar
Akciğer fonksiyonları (tüm yaşlarda)	Öneri düzeyinde fakat yetersiz	Tasarı ve fonksiyon ölçümlerinin heterojenitesi
Kronik obstrüktif akciğer hastalığı	Yetersiz	Sadece iki çalışma
Alerji	Yetersiz ve eksik	Çelişkili metodlar
Doğum verileri	Yetersiz	Sadece dört çalışma
Kanser	Yetersiz ve eksik	Çok az sayıda çalışma

Sınıflamanın tanımı. Yeterli: Bir ilişki ortaya koymak için şans, bias ve karıştırıcı faktörler mantıklı bir güven ile bertaraf edilebildi. Önerilebilir fakat yetersiz: Bir ilişki ortaya koymak için şans, bias ve karıştırıcı faktörler mantıklı bir güven ile bertaraf edilmedi. Yetersiz ve eksik: Yetersiz kalitede, güvenilirlikte ya da istatistiksel güçte çalışmalar.



7.

ÖNCE VE SONRA: HAVA KALİTESİNİN DÜZELMESİNİN HALK SAĞLIĞINA YARARLARI

Çevresel hava kirliliğini azaltan yasal müdahalelerden sonra halk sağlığının düzelmesinin örnekleri

Kanıtı dayalı tıbbın paradigması hastaları tedavi etmek üzere karar verecek olan hekimlerin bilimsel kanıtı dayanması gerektiği varsayımına bağlanmaktadır. Tıbbi kanıtın altın standardı kontrollü klinik çalışmalardan gelmektedir. Benzeri paradigma hava kirliliği gibi halk sağlığı sorunlarının tedavisine de uygulanabilmektedir. Önemli olan soru hava kirliliğini azaltma politikaları yalnızca hava kalitesini düzeltmez aynı zamanda sağlık üstünde olumlu etkisi vardır. Kontrollü çalışmalar bu kapsamda kesinlikle uygun değildir. Ancak son yıllarda yapılan birkaç “Yarı Deneyssel” çalışma hava kalitesindeki gelişmelerin sağlık üstündeki etkilerini veya sorumluluklarını bildirmektedir [26,27]. Bu tür gözlemsel çalışmalarda yöntemsel karışıklıklar hep miras olsa da bu tip “Doğal Deneyimlerin” sonuçları 6. bölümde tartışılmış bulunan epidemiyolojik çalışmalardan çıkan sonuçları desteklemektedir. Bu bölümdeki örnekler hava kirliliği maruziyetinin azaltılmasından doğrudan sonuçlanan sağlık yararlarını göstermektedir.

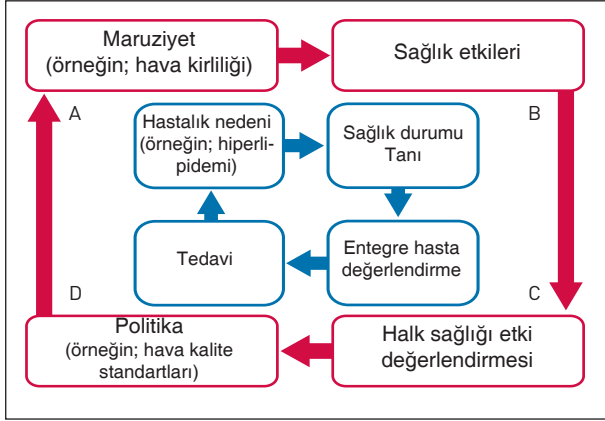


Figure 7.1. **Kanıtı dayalı tıp paradigması (iç halka) ve kanıtı dayalı halk sağlığı konsepti ile ilişkisi (dış halka) [25].**

Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) Utah Vadisi'nde çelik işletmelerinde –bölgede en önemli hava kirliliği kaynağı- 1980'li yılların ortasında gerçekleşen bir grev hava kirliliğini azaltan kasıtsız bir durum oluşturdu. Grevin sonlanmasında (Ağustos 1987- Eylül 1987) çeşitli halk sağlığı belirteçleri -hastane ziyaretleri, erken doğum ve ölüm- düzelmişti. Çelik fabrikasının açılmasıyla kirlilik

hızla yükseldi ve buna bağlı sağlık sorunları da arttı (Şekil 7.2). Grevden önce, grev sırasında ve sonrasında toplanan partiküllerde yapılan deneysel çalışmalar çelik işlemediliği sırasında salınan partiküllerin daha toksik olduğunu gösterdi [28].

Avrupa ağır sanayisinin 1990'lı yılların başındaki politik dönüşümden sonra yeniden yapılandırılması bazı sağlık ölçütlerinde düzelmeye yol açtı. Örneğin; Şekil 7.3'te gösterildiği üzere Almanya New Laender'da partiküler madde ve kükürtdioksit düzeyleri ve bunu izleyerek okul çocuklarındaki bronşit semptomları azalmıştır [31].

İlginç bir "Doğal Deneyim" Amerika'da yapılan Güney California Çocuklarının Sağlığı Çalışması'ndan aktarıldı. İlk kohortların periyodik yıllık takipleri sırasında birçok çocuk Amerika'nın farklı yerlerine taşınmışlardır. Batıya yerleşenlere ziyaretler düzenlenmiş ve solunum fonksiyonları tekrar ölçülmüştür. Daha temiz topluluklara taşınan çocukların akciğer gelişimleri düzelmiştir. Tersine daha kirli bölgelere taşınan çocukların akciğer gelişimleri bozulmuştur [32].

Birçok uygulama güçlükle ulaşılabilen uzun dönemli düzeltilmelerle sonuçlanmıştır. İrlanda Dublin'de 1990'lı yıllarda uygulanan kömür yasağı önemli bir kirlenici kaynağını hedefleyen bir çevresel yasa örneğidir [33].

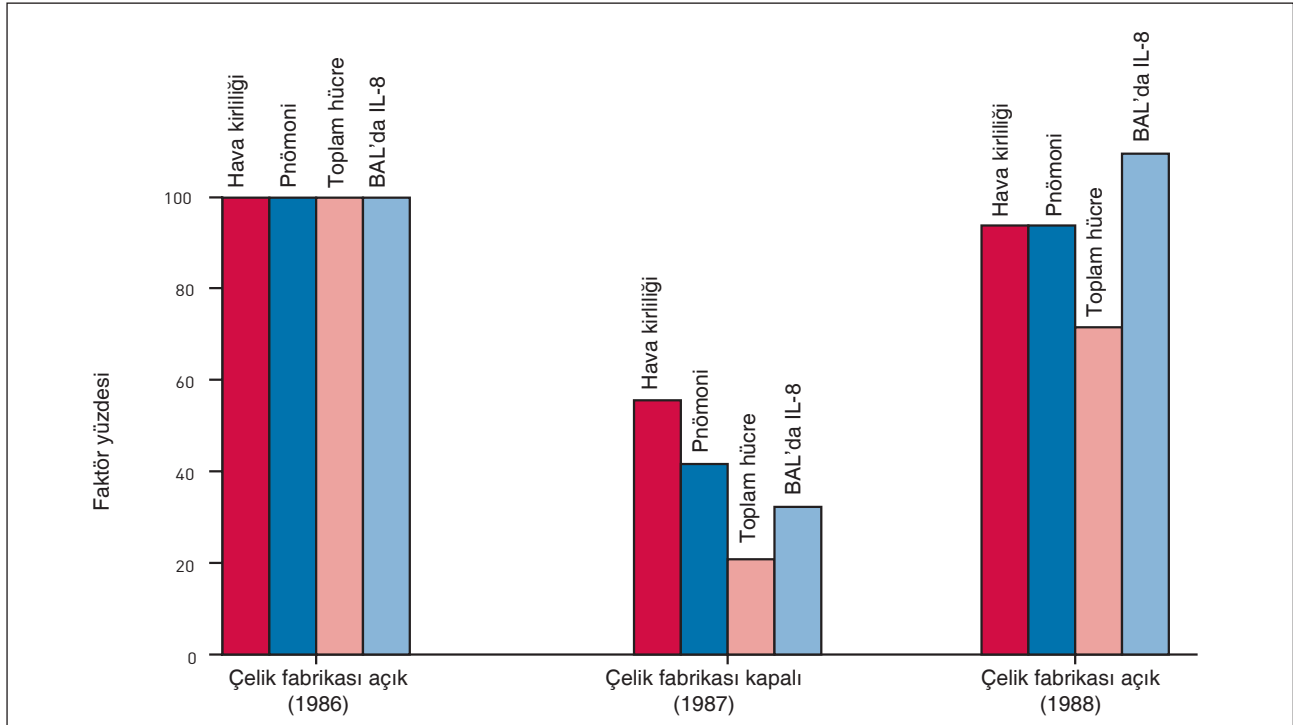


Figure 7. 2. **Utah vadisindeki çelik fabrikasının aktif olduğu ve kapandıktan bir yıl sonraki dönemde hava kirliliği değişiklikleri ile hastane başvurusu, hücresel ve bronkoalveoler etkideki değişiklikler. Epidemiyolojik, toksikolojik ve deneysel çalışmalarda gözlenen etkiler [28-30].**

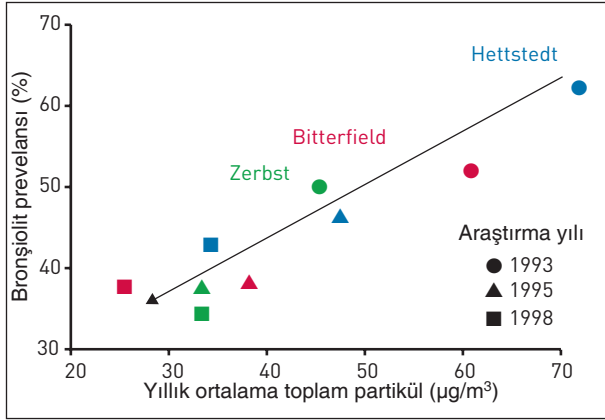


Figure 7.3. **Partikül kirliliği ile Almanya'nın Saksonya bölgesindeki okul çağı çocuklarında bronşiolit [31]. Ok işareti düşük partikül düzeyi olan bölgelerdeki düşük prevalansı göstermektedir.**

Yasa hava kalitesinde hızlı ve kalıcı bir düzelmeye sonuçlandı. Yasa'nın uygulanmasından üç yıl önceki siyah duman düzeyi yasa'nın uygulanmasından sonraki üç yılda %35 düştü ve buna kardiyovasküler ve solunumsal mortalitedeki anlamlı azalma (%10-15) eşlik etmekteydi. Bu tek bir politikanın (çok etkili) halk sağlığına yararını desteklemeyi başaran az sayıdaki "Sorumluluk Özelliği Bulunan Çalışma"lardan biridir. Ölüm hızlarında gözlenen azalma çevresel hava kirliliği ve mortalite arasındaki bağlantıyı araştıran çalışmalardan çıkan tahminlere yakındı.

İsviçre ve komşu ülkelerde 1990'lı yıllarda uygulanan uyumlu politikalar hava kirliliğinin azalması ve bir dizi sağlıkta düzelmeye sonuçlandı [34-36]. Okullarda tekrarlanan kesitsel araştırmalar çocuklarda irritatif semptomlar ve solunum hastalıklarında azalmayı gösterdi. Bu değişim PM düzeylerindeki azalma ile korele idi. İsveç kohort çalışması SAPALDIA aynı zaman boyunca erişkinlerdeki akciğer fonksiyonlarını izledi. Yaşa bağlı akciğer fonksiyonu azalması hava kalitesi ile ilgiliydi. Özellikle birey başına 11 yıllık tahmini dış ortam PM₁₀ düzeylerindeki azalma akciğer fonksiyonundaki azalmanın yavaşlaması ile uyumluydu. Hava kalitesindeki düzelmenin solunumsal semptomlar üstünde de yararlı etkisi bulunmaktaydı, PM₁₀'da ortalama 6 µg/m³ azalmaya her 10.000 erişkin arasında 259 düzenli öksürüğü bulunan bireyde, 179 kronik öksürük veya balgamı bulunan bireyde, 137 nefessizlik ile birlikte wheezingi bulunan bireyde azalma eşlik etmekteydi. Ayrıca, erişkinde yeni başlayan astımda da azalma -kronik öksürükle tanımlanan- gözlenmekteydi ve bu durum hava kirliliğindeki değişikliklerle ilişkiliydi (Şekil 7.4).

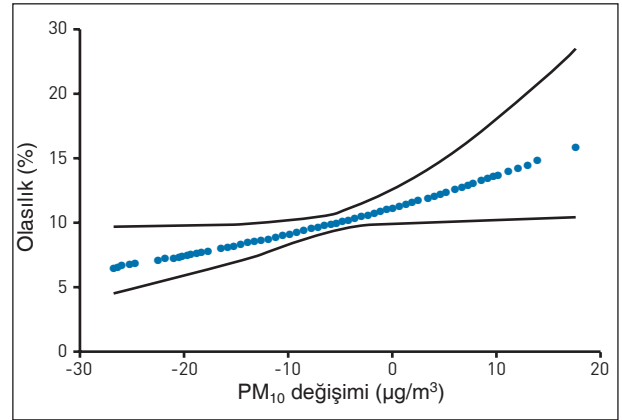


Figure 7.4. **SAPALDIA çalışmasında 1991 ve 2002 arasındaki PM₁₀ kirliliğindeki değişikliğe bağlı kronik öksürük ve balgam bildirme olasılığı (%95 güven aralığı ile) [34].**

Olimpiyat Oyunları'ndan önce ve sonra yapılan çalışmalar bir kentte hava kirliliğinin azaltılmasının yarattığı halk sağlığı yararlarını değerlendirmek için bir fırsat sunar [37,38]. Amerika Atlantada 1996 yılında kirliliği azaltmak için birçok çarpıcı önlem alındı. Oyunlar boyunca üç hafta sırasında önceki ve sonraki üç haftadan daha düşük hava kirliliği ölçümleri yapılmıştı (Zirve saatlik Ozon düzeyleri %28, NO₂ düzeyleri %7, sekiz saatlik CO düzeyleri %19, günlük PM₁₀ %16 azalmıştı). Oyunlar sırasında çocuklarda astım için tıbbi başvurular %40'ın üstünde azaldı, acil bölümüne astım için başvurular %11-19 oranında azaldı. Aynı dönemde çocukların diğer nedenlerle tıbbi ziyaretleri nadiren değişmişti. Beijing'te 2008 Yaz Olimpiyatları'nda ortalama PM_{2.5} ve PM₁₀ konsantrasyonları olimpiyat dışındaki dönemden %31 ve %35 oranında daha düşüktü. Sürmekte olan birkaç panel çalışma 2008 oyunlarından önce, sırasında ve sonrasında hava kirliliği ve subklinik sağlık sonuçları arasındaki bağlantıyı araştırmaktadır. Bu panel çalışmaları çok yüksek düzeyde hava kirliliği bulunan bir kentte hava kirliliğinin azaltılmasının halk sağlığına yararlarını değerlendirmek üzere özel bir fırsat yaratmıştır.



8.

HAVA KİRLİLİĞİ PARADOKSU: KÜÇÜK RİSKLER, BÜYÜK HALK SAĞLIĞI YÜKÜ

Çevresel hava kirliliğinin mevcut düzeyleriyle ilişkili rölatif riskler genelde oldukça düşük iken hava kirliliğinin halk sağlığı üzerindeki genel etkisi önemlidir. Bu nedenle temiz hava politikalarının yararı çok daha fazla olabilir.

Hava kirliliği maruziyetindeki bireyler arası farklılıklar sıklıkla sınırlıdır. Benzer olarak yüksek ve düşük düzeydeki maruziyeti bulunan bireylerde sağlık riskleri farklılıkları sigara kullanan gruplardakiyle kıyaslandığında düşüktür, yani ağır sigara içicilerin maruziyeti ve buna bağlı sonuçlar ara sıra kullanan veya hiç kullanmayanlardan daha fazladır. Bundan dolayı farklı korunabilir risk faktörlerinin sağlıkla ilişkisini değerlendirmek ve karşılaştırmak için, böylece büyük sağlık sorunlarını daha az önemli olanlardan ayırmak için rölatif riskleri (RR) değerlendirmek yeterli değildir. Bu durumda 3 niceliksel değer bir arada ele alınmalıdır.

- Hava kirliliğinin de desteğiyle oluşan hastalığın bazal sıklığı (toplumdaki sıklığı),
- Maruziyetin dağılımı örneğin; kaç kişi hangi düzeyde kirliliğe maruz kalmış,
- RR, hava kirliliğine bağlı olarak hastalığın ek riski birlikte ele alınmalıdır.

Hastalıkların diğer korunulabilir risk faktörlerinin tersine hava kirliliğine maruziyet çok büyük sayıdaki popülasyonu etki altında bırakmaktadır. Temelde maruz olmayan birey yoktur ve kentte yaşayan herkes önemli miktarda çevresel hava kirliliğine maruz kalmaktadır. Bu da çevresel hava kirliliğinin halk sağlığına etkilerini -bazen hava kirliliği sağlık etkileri değerlendirmesi de denir (HIAs=SED)-değerlendirme sırasında gözlenen paradoksun anahtar nedenidir. HIAs bireylerin yüzleştiği risklerle toplumların yüzleştiklerinin farklılıklarını değerlendirmeye alır (Kutu 8a). HIAs epidemiyolojik veya toksikolojik literatürdeki araştırma bulgularının -RR veya OR- verili bir bölge, ülke veya kentte hava kirliliğine atfedilen total sağlık sorunlarının kabataslak çevrilmesini sağlar. HIAs'ın kullanımı hava kirliliğiyle sınırlı değildir, örneğin; bu değerlendirmeler Avrupa veya herhangi bir yerde toplu yaşam alanlarında sigara yasakları için anahtar kanıtları sunmuşlardır.

Hava kirliliği HIAs hava kirliliği sorununun tahmini büyüklüğü üstüne toplumu ve politika üreticileri bilgilendirmek için çok etkili araçlardır. Örneğin; Avrupa'da hava kirliliğine atfedilen tüm sağlık sorunlarının yükünün düşürücü olduğunu göstermişlerdir. HIAs hava kalitesi düzenlemelerini hava kirliliğini azaltan yasaların halk sağlığına yararları konusunda yasa düzenleyicileri bilgilendirerek işletirler.

HIAs ölüm (veya yaşam beklentisi, Kutu 8b), hastane başvuruları ve hava kirliliğine atfedilen solunum sorunları ve gelecekteki veya geçmişteki politik senaryoları yansıtan seçili hava kirliliği düzeylerindeki solunum sorunları gibi sağlık sorunları üstüne kaba tahminler sağlamak üzere geliştirilmişlerdir. Politika yapanlar- veya karar mercileri- sınırlı kaynaklarla toplum politikalarının uygulanabilirliği veya önceliği üstüne karar vermelerine yardım edecek bilgiye gereksinim duyarlar. Sağlık yararlarının mali değerine dayanan maliyet yararlılık analizleri bazen HIAs'ın bütününcü parçaları olurlar. Avrupa düzeyinde farklı kentler, bölgeler ve çeşitli amaçlar için birçok bölgesel HIAs bulunmaktadır. Bunların bir kısmı bir sağlık sorununun derecesini belirlemek üzere görevlendirilmişken, diğerleri hava

kirliliğini azaltma stratejilerinin potansiyel yararlarını değerlendirmektedirler. Aşağıda son yıllarda Avrupa'da düzenlenmiş en önemli HIA girişimlerini sunuyoruz.

İsveç Hükümeti 1990'lı yılların ortalarında hava kirliliği üstünde çalışmada liderlik rolünü üstlendi ve bu da Avrupa'da yürütülen ilk HIAs'lardan biriyle sonuçlandı [39]. Bu çalışma dış ortam ve trafiğe bağlı hava kirliliğinin Avusturya, Fransa ve İsviçre'de halk sağlığı üstüne etkilerini hesapladı ve hava kirliliğinin ölümlerin toplam %6'sına veya yılda > 40.000 atfedilebilir ölüme yol açtığını gösterdi. Hava kirliliğine bağlı tüm ölümlerin yarıya yakını araç trafiğine bağlıydı, araç trafiği 25.000'den fazla yeni gözlenen kronik bronşit (erişkinlerde), 29.0000 bronşit atağı (çocuklarda), 500.000'den fazla astım atağı, 16 milyondan fazla bireyde sınırlı aktivite günlerinden sorumludur. Bu çalışma gerçekte malların serbest dolaşımının dışsal maliyetinin -genellikle vergi mükellefi tarafından ödenir- İsveç yöntemiyle fiyat politikasının içine yerleştirilmesini içeren İsveç hükümet stratejisinin bir parçasıydı. Bu HIA' da sağlığa bağlı maliyetlerin hesaplanması bundan dolayı önemli bir adımdı.

Avrupa Maliyet-Yararlılık Analizi için Temiz Hava (CAFE-CBA) Avrupa'da önemli bir HIA inisiyatifidir [40]. CAFE-CBA'nın amacı hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üstündeki önemli negatif etkilerine karşı uzun dönemli, stratejik ve bütünsel bir politika önermektir. CAFE-CBA tüm Avrupa ve 25 Avrupa ülkesinde farklı emisyon kontrol politikalarına göre 2020 yılına kadar olan emisyon beklentilerine dayanan dış ortam hava kirliliğine bağlı sağlık sorunları yükünü hesaplamaktadır. Bu program Avrupa'da emisyon düzenlemeleri için maliyet-yararlılık analizleri sağlamaktadır. Analizler yeni emisyon kontrol yasalarının sonucunda büyük yararlar sağlanacağını göstermektedir -hava kirliliğinin sonuçlarına bağlı harcamalar 2020 yılında 89-183 milyar avro kadar düşecektir-. Bu mali çerçeve içinde yer almayan yararları içermemektedir -özellikle ekosistem ve kültürel mirasa verilen zararın azaltılması-. Bununla birlikte bu düzeltilmeye rağmen değerlendirmeler 2020 yılında bazal zararın önemini koruyacağını göstermektedir -tahminler yılda 191-611 milyar avro zararı göstermektedir-.

Hava Kirliliği ve Sağlık: Bir Avrupa Bilgi Sistemi (APHEIS) hava kirliliği üstüne kaynakları politika ve karar üreticilerine, çevre ve sağlık profesyonellerine, genel olarak topluma ve basına sunmak üzere 1999 yılında oluşturulmuştur [41,42]. APHEIS'in en son değerlendirmesi APHEIS 3 yaklaşık 39 milyon nüfusuyla 23 kenti içermektedir. Bu sistem uzun dönemli yıllık

Tablo 8.1. Avrupa'da seçilmiş bölgelerde hava kirliliğinin azaltılmasına bağlı sağlık yararlarının örnekleri.

KİRLİLETİCİ/SENARYOA/ SAĞLIK YÜKÜ METROPOLİTAN	26 AVRUPA ÜLKESİ [41]	AVUSTURYA, FRANSA, İSVİÇRE [39]	İTALYA 13 ŞEHİR [45]	İSPANYA BARCELONA BÖLGESİ [43]
Maruz kalan nüfus (milyon)	~41,5	~80,0	~10,0	~3,9
PM ₁₀				
Mevcut düzey (yıllık ortalama)	54 µg·m ⁻³ ^b	21 µg·m ⁻³	45 µg·m ⁻³	50 µg·m ⁻³
Azalma senaryosu	Ortalama düzeyin 40 µg·m ⁻³ 'e düşmesi	Ortalama düzeyin 7.5 µg·m ⁻³ 'e düşmesi	Ortalama düzeyin 40 µg·m ⁻³ 'e düşmesi	Ortalama düzeyin 40 µg·m ⁻³ 'e düşmesi
Sağlık yararları (sakınılan sonuç)				
Ölüm (uzun süreli maruziyet)	8,550	40,600	2,270	1,200
Solunumsal nedenlerle hastaneye yatış	—	18,508	225	390
Kardiyovasküler nedenlerle hastaneye yatış	—	29,500	176	210
Yetişkinlerde kronik bronşit	—	47,100	1,114	1,900

a: Mevcut düzeylerin senaryodaki düzeye düştüğü varsayılmaktadır; b: Sadece 8 şehirde düzeyler 40 µg·m⁻³ üstünde.

PM_{2,5} 20 µgr/m³'e düşerse 11000 erken ölümden korunulacağını tahmin etmektedir. Eğer PM_{2,5} ≤ 15 µg/m³ ile sınırlanırsa, coğrafik alana bağlı olarak, 30 yaşında bir bireyin ortalama yaşam süresinin 2-13 ay uzayacağı tahmin edilmektedir. Proje halen Avrupa Birliği yasalarında belirlenen hava kalitesi düzeylerinin Avrupa toplumunun önemli kısmını korumakta yeterince sıkı olmadığını belirtmektedir.

APHEKOM (Avrupa'da Kentsel Hava Kirliliğinin Sağlık Etkisinin Değerlendirilmesi) -APHEIS projesinin genişletilmiş halidir- aynı zamanda trafiğin önceliğinin ve sağlıkta ona bağlı kirliliğin etkilerini değerlendirmektedir. Avrupa HIA's daha henüz bu etkiyi değerlendirme aşamasındadır ancak Kaliforniya değerlendirmesi bu kirliliğin etkilerinin çok önemli olduğunu bildirmektedir [43].

Global düzeyde WHO iki önemli HIA inisiyatifi geliştirmiştir. Global Hastalık Sorunu Yüğü (GBD) projesi

1990'lı yıllardan beri hastalık ve kazaların ve onlara neden olan risk faktörlerinin dünyanın tüm bölgelerindeki yükünün devamlı ve karşılaştırmalı tanımı için bilgileri derlemektedir [44]. GBD sonuçları global ve ulusal olarak sağlık kararları üretme ve süreçleri planlamada önemli girdiler sağlamaktadır. WHO'nun en yeni GBD değerlendirmesine göre hava kirliliğine bağlı olarak her yıl 2 milyondan fazla erken ölüm kentsel dış ortam hava kirliliği ve iç ortam hava kirliliğine (solid yakıtların yanmasına bağlı) atfedilmektedir. Özel olarak dış ortam hava kirliliğine bağlı GBD'nin %1,4'ü total mortalite, %0,5'i maluliyetle geçen yaşam yılı (DALYs) kaybı ve %2'si tüm kardiyopulmoner hastalıklardan oluşmaktaydı. Bu hastalıkların yarısından fazlası gelişmekte olan ülkelerin bireyleri tarafından taşınmaktaydı. GBD çerçevesi hastalıkların, kazaların, değişik topluluklarda ve zaman içinde erken ölüme, sağlık kaybına ve maluliyete yol açan risk faktörlerinin karşılaştırmalı değerlendirmesinin anahtarıdır.

WHO tarafından oluşturulan ikinci inisiyatif hava kalitesi düzeylerinin rehberlerinin geliştirilmesidir. En yeni gözden geçirme 2005 yılında yapılmış olup, yeni PM, ozon, NO₂ ve SO₂ düzeylerini içermektedir [20]. Bu gözden geçirmede HIA sonuçları rehberleri oluşturmada, kirliliğin yarattığı tehditi içeren uygun bilimsel bilginin sentezlenmesinde, kirleticilerin toplumlar ve belirli duyarlı topluluklar üzerindeki etkilerini ve düzenlemenin sosyal maliyetini incelemekte merkezi rol oynamaktadır. Rehberler ne standarttır ne de yasal bağlanma noktalarıdır, halihazırdaki bilimsel kanıtların uzman gözüyle değerlendirilmesine dayanarak hava kirliliğinin sağlık üstündeki etkilerini azaltmada rehberlik ederler.

HIA'ların birçok lokal örnekleri vardır. Örneğin; kente veya ülkeye özgü projeler Fransa, İtalya, İspanya ve İngiltere'de uygulanmaktadır. Tablo 8.1'de bölgesel, ulusal ve çok kentli HIA'ların örnekleri verilmiştir.

HIA'ların hesaplanması sürecinde birtakım kalıtsal belirsizlikler bulunmaktadır; toplumun maruziyetinin değerlendirilmesi, toplumun duyarlılıklarının hesaba katılması veya maliyeti yaşama atfetmek. Girdilerdeki ve varsayımlardaki değişkenliklerin ve belirsizliklerin sonucu olarak HIA'lar arasındaki karşılaştırmalar belirsizlikler sunmaktadır. Ancak tüm çelişkilere karşılık HIA'lar kirliliğin halk sağlığı sorunlarına önemli düzeyde yol açtığını göstermiştir. Kirliliğin sağlık üstüne etkilerini ve maliyetini tahmin etmek yasa yapıcılar için önemli bir araçtır ve daha iyi, bilimsel temelli düzenlemeleri geliştirmektedir.

Kutu 8a

Akciğer fonksiyonlarındaki küçük değişimler: Halk sağlığındaki büyük etki

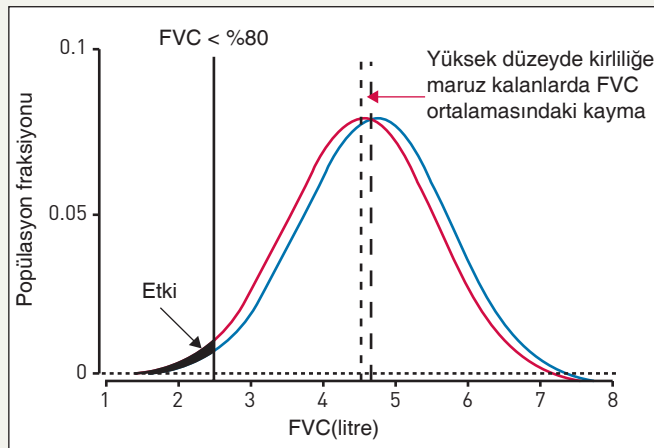
Hava kirliliğinin sağlık üstündeki yayımlanmış etkileri bilim insanlarının çoğu tarafından kabul edilse de toplum üstündeki etkileri yeterince önemsenmemektedir. Bu etkinin klinik ilgisi solunum sağlığı bağlamında kanıtlanmıştır.

Hava kirliliği ve akciğer fonksiyonları ile ilgili epidemiyolojik çalışmalar maruziyette belirli bir farklılıkla (örneğin; her 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ince partikül konsantrasyonu için) akciğer fonksiyonlarında az miktarda yüzde değişimin ortaya çıktığı çalışmalardır. Klinik açıdan akciğer fonksiyonlarında bu ölçüde değişiklik ilgisizdir.

Öyleyse epidemiyolojik bulguların önemi nedir? Epidemiyolojik çalışmalar tek tek bireylerin akciğer fonksiyonlarındaki yüzde değişimi yansıtmamaktadır ama onun yerine yüksek düzeyde maruziyet altındaki popülasyonların akciğer fonksiyonu dağılımlarındaki değişim ile ilgilenir. Populasyondaki değişimin ortalaması Şekil 8a.1'de akciğer fonksiyon kaybı parametresi FVC (Zorlu Vital Kapasite) kullanılarak gösterilmiştir.

Böyle bir kayma gerçekte toplumun akciğer fonksiyonu dağılımında sola kaymayı göstermektedir, diğer deyişle, klinik olarak önemli akciğer fonksiyonları azalmaları bulunan insan sayısındaki artışı ifade etmektedir (örneğin; FVC'si beklenenin %80'inin altındakiler). Bu durum patolojik düzeylerde akciğer fonksiyon kaybı bulunan hastaların sayısındaki artışla sonuçlanır. Buna da morbiditede, maliyette ve erken mortalitede artış eşlik eder.

Yeni epidemiyolojik çalışmalar hava kirliliğinin çocuklarda da solunumsal gelişimi etkilediğini ileri sürmektedir. Hava kirliliğine bağlı akciğer fonksiyon kaybı bulunan çocuklarda yaşamı boyunca daha az sağlıklı akciğerlere sahip olma olasılığı fazladır. Gene yetişkinlerde de yaşamın erken dönemlerinde akciğer fonksiyonlarındaki küçük azalmalar ileride önemli halk sağlığı sorunlarına yol açabilmektedir. Uzun dönemli halk sağlığı etkilenmesinin değerlendirilmesi halen eksiktir, çünkü erken dönemde akciğer fonksiyonu kaybı ile gelecekteki mortalite ve morbidite arasındaki bağlantı tam olarak anlaşılamamıştır.



Şekil 8a.1. **Toplumdaki ortalama zorlu vital kapasitedeki (FVC) küçük değişikliğin etkisi ve bunun beklenen FVC'nin < %80 olduğu kişilerin sayısına etkisi (siyah alan).** [46] no'lu kaynaktan uyarlanmıştır.

Kutu 8b

Hepimiz öleceğiz: neden hava kirliliğine dikkat edelim?

Çoğu risk değerlendirmesi her yıl hava kirliliğine atfedilen ölüm sayılarının tahmin edilmesini sağlar. Bunlar çok yaygın kullanılan yöntemlere dayanmaktadır ve bu halk sağlığı risklerinin boyutunun bağlantılandırılmasında sık kullanılan bir yaklaşımdır -bu yaklaşım özellikle sigara kullanımına bağlı sorunları yansıtmakta kullanılır-. Bununla birlikte hava kirliliği araştırma topluluğu uzun dönemli etkileri kastederken “atfedilebilir ölümler”in kullanımının gücü ve sınırlılıkları üstüne tartışma geliştirmektedir.

Ölümünden sonuçta nihai olarak korunulamaz, eğer bir doğum kohortu yeterince izlenirse havanın ne kadar temiz olduğuna veya bireylerin sigara kullanıp kullanmadığına bakmaksızın herkes ölecektir. Üstelik atfedilen ölümlerin elde edilen hızı zaman içinde sabit kalmamaktadır. Bir risk faktörünün ortadan kaldırılmasıyla (hava kirliliği gibi) yaşa özgü mortalite hızının azaldığı bir toplulukta yaş dağılımının değişmesi gerçekte daha yaşlı bir nüfusa doğru olmaktadır. Böylece topluluk yaşlandıkça toplam ölümlerin mutlak sayısı basamaklı olarak artmaktadır, ancak oranlanan atfedilebilir ölümler de basamaklı olarak azalmaktadır.

Atfedilebilir ölümleri yaşam kaybı yıllarına çevirmek tartışmaları çözmektedir. Yaşamın hava kirliliği ile kısaldığı varsayıldığında hava kirliliğindeki sürekli düzelmeye atfedilen sağlık yararları da toplumun yaşam beklentisindeki kazanımla ifade edilebilir. HIA’s’da (Sağlık Etki Değerlendirmesi) spesifik hava kirliliği senaryosundaki yaşam beklentileri kazanımı, toplumun yaşa özgü mortalite verilerini kullanarak hesaplanmış yaşam beklentisi ile hava kirliliği değişimleri hesaba katılarak düzenlenmiş yaşa özgü mortalite verilerine göre revize edilmiş yaşam beklentisi arasındaki farklılıktan çıkarılır.

Birkaç kohort çalışmasında yaşam beklentisinde hava kirliliğindeki değişimlere bağlı kayıplar veya kazanımlar hesaplanmıştır. Hesaplar çevresel PM_{2,5} düzeyinde 10 µg/m³ artışla yaşam beklentisinde Hollanda’da 1,11 yıl, Finlandiya’da 1,37 yıl, Kanada’da 0,80 yıl azalma gözlenmektedir. Yeni bir ekolojik çalışma Amerika düzeyinde yaşam beklentisi ile hava kirliliğinin toplumdaki düzeyinin değişiklikleri arasındaki bağlantıyı araştırmıştır. Bu çalışma kohort çalışmalarına benzer sonuçlar göstermiştir ve çevresel PM_{2,5} konsantrasyonlarında 10 µg/m³ düzelmenin yedi aylık yaşam beklentisi kazanımına yol açtığını bildirmiştir [47].

Sonuçları yaşam beklentisinde değişiklik terimiyle ifade etmenin kendine has sınırlılıkları vardır ve atfedilebilir ölüm kavramı gibi bazı varsayımları gerektirir. Atfedilebilir ölüm daha kolayca anlaşılırken yaşam beklentisi daha teorik bir kavramdır ve bu tür tahminlerin bağlantıları daha tartışmalıdır. Bununla birlikte yaşam beklentisi ölçümünün avantajları hava kirliliğindeki düzelmenin yararlarını ifade etmek üzere “Yaşam Kaybı Yılları” kavramının daha yaygın kullanımına yol açmıştır.



9. HEKİMLERİN VE SAĞLIK ÇALIŞANLARININ ROLÜ

Hava kirliliği maruziyetini ve sağlık üzerindeki etkilerini azaltmada alınacak önlemler için hekimler ve sağlık çalışanları neler yapabilir?

Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri sigaranın (aktif veya pasif) birçok etkisi ile benzerlik gösterir (Bölüm 6). Ancak çevresel kirliliğe bağlı değişik sorunlar da olduğu bilinmelidir.

Hava kirliliğine karşı alınacak önlemler 4 ana grupta toplanabilir. İlk ikisi çevresel düzeydeki önlemleri kapsar: 1. Kaynak düzeyinde ortamdaki hava kirliliğini azaltmak; 2. İç ortamdaki hava kirliliğini azaltmak. Diğer iki önlem bireysel özellik taşır: 3. Kişisel maruziyeti veya temas edilen dozu azaltmak; 4. Hava kirliliğinin yol açtığı etkilere yönelik tedaviler ve/veya savunma mekanizmasının güçlendirilmesine yönelik stratejiler.

1. HAVA KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASI

Kirliliği azaltarak hava kalitesinin geliştirilmesi en önemli hedeftir, hava kalitesinin düzeltilebilmesi için sıkı yasal düzenlemelere gereksinim vardır (bölüm 4). Bu konuda sağlık çalışanları ve bilinçli vatandaşların üzerine düşen görev benzer olup, hava kirliliğini önlemeye yönelik kural ve yasalara uymak ve desteklemektir. Sağlık çalışanlarının hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri konusundaki görüş ve düşünceleri önlemler ile ilgili karar sürecinde oldukça yararlı ve belirleyici olmaktadır.

2. DIŞ ORTAMDAN KAYNAKLANAN İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASI

Zamanın büyük bir kısmı iç ortamlarda geçtiğinden buraya yönelik önlemler oldukça önem taşımaktadır. İç ortam hava kalitesini en çok tehdit eden faktör sigara dumanıdır, diğer kaynaklar ise ocak, fırın, bazı ısıtıcılar ve tüketim maddeleridir. İç ortam kirliliğine yol açacak bu sözü edilen faktörler olmadığında dış ortamdaki kirliliğin yoğunluğuna bağlı olarak, iç ortamda “dış ortam kaynaklı” partiküller bulunabilir. Ozon gibi reaktif gazların iç ortamdaki konsantrasyonları düşüktür, egzostan dışarı verilen partiküller kaynağa yakın yerlerde zamanla birikim gösterirler. Trafikğin yoğun ve ozon düzeyinin fazla olduğu saatlerde pencerelerin kapalı tutulması iç ortam kirliliğini azaltmak adına etkili olabilir.

Modern binalarda havalandırma sistemleri iç ortam kirliliğini azaltmaktadır. Buna karşılık klimalar çok fazla enerji tüketerek dış ortam hava kirliliğine yol açabilirler. Solunum sistemi hastalığı olan kişilerin iç ortamda hava filtre sistemleri kullanıp kullanmamaları da tartışılan bir konudur. Araştırmalarda HEPA filtreli havalandırma sistemlerinin deneysel ortamda PM konsantrasyonunda düşmeye yol açtığı gösterilmekle birlikte, gerçek yaşamda bu etkiyi gösteren çok az çalışma vardır. Ancak etkinlik değerlendirmesi yapılırken maliyet, enerji tüketimi, cihazın gürültüsü ve kişilerin ev dışındaki iç ortamlarda geçirdikleri süre de göz önünde bulundurularak karar verilmesi gerekir. Toplum ozon ve olumsuz etkileri olduğu bilinen başka gazlar üreten “hava temizleyiciler”in kullanılmaması konusunda uyarılmalıdır.

3. KİŞİSEL TEMAS VE DOZUN AZALTILMASI

Hava kirliliğine bağlı etkiler kaçınılmaz olduğundan kişisel önlemler de söz konusudur. Kişisel maruziyet ve temas edilen dozun etkisi yaşanan yere, burada geçirilen süreye ve fiziksel aktiviteye bağlıdır.

Yaşanılan yer

Trafikğin yoğun olduğu bir caddeye 50-100m mesafede yaşayan bir kişi trafik ilişkili partiküllere daha fazla oranda maruz kalmaktadır. Sağlık açısından oluşan risk; caddede olan mesafe, trafik yoğunluğu ve özellikleri (durma-kalkma, yokuş yukarı-aşağı, dizel kamyon, otobüs), şehir yapısı ve rüzgarın yönü ile ilişkilidir. Trafik ilişkili partiküllerin yoğunluğu birkaç yüz metre ileride azalır, çok katlı binaların üst katlarında zemin katlara göre daha az miktarda partikül bulunur.

Doğru bilgilendirme ile hastalar ve hatta genç aileler yaşamlarına ilişkin daha sağlıklı seçimler yapabilirler. Dış ortam hava kalitesinin düzeltilemediği, yaşanan yerin değiştirilemediği durumlarda insanlar zamanlarını nerede ve nasıl geçirebilecekleri konusunda bilgilendirilebilirler. Yürüyüş, koşu gibi aktivitelerin trafikğin yoğun olduğu caddeler yerine daha sakin yol kenarı veya ortamlarda yapılması önerilebilir. Aynı yaklaşımla okullar, kreşler ve spor alanları kalabalık, büyük caddeler üzerinde yapılmamalıdır.

Süre ve aktivite

Hava kirliliğine yol açan partiküllerin diüurnal özellikleri vardır; örneğin iş çıkış saatlerinde trafiğe bağlı hava kirliliği fazladır, oksidan düzeyindeki artış (yaz sisi) öğleden sonra ve akşamın erken saatlerinde görülür. Partiküllerin hedef organlara ulaşmaları ise fiziksel aktivite ile ilişkilidir. Bu nedenle zamanlama ve aktivite ile ilgili tercihler kişilerin hava kirliliğine temasını ve maruz kalınan partikül türünü etkilemektedir. Ayrıca, “hava kirliliğinin yüksek” olduğu zamanlar yerleşim yerleri arasında farklılık gösterir, uzak bölgelerde yaşayan kişiler için aktivite düzenlenmesine ilişkin benzer öneriler verilemez. Genel olarak yaz sisi dönemleri için dış ortam aktiviteleri sabaha kaydırılabilir, hava kirliliği düzeyinin yüksek olduğu peryodlarda okullar spor aktivitelerini iç ortama alabilirler.

Hava kirliliğinin çok yoğun olduğu dönemlerde maske takılması önerilebilir. Maskenin koruyuculuğuna dair yeterince kanıt olmamakla birlikte partikül temasını azalttığı bilinmektedir. Mesleki temasla ilgili araştırmalar koruyuculuk açısından maskenin yüze uyumunun filtrenin cinsinden daha önemli olduğunu göstermiştir (48).

4. KLİNİK PROBLEMLER VE KORUYUCU TEDAVİ-DOKTORA DÜŞEN GÖREVLER

Klinik rol

Hava kirliliğine bağlı spesifik bir klinik tablo olmadığı için tanınan testlerle bu durumun kanıtlanması mümkün değildir. Hava kirliliğine bağlı olduğu düşünülen sağlık sorunları olan hastalarda yapılması gerekenler bu sorunlar diğer nedenlerle ortaya çıktığında yapılacaklardan farklı değildir. Hava kirliliğinin yoğun olduğu dönemlerde astım ve KOAH alevlenmelerinde ve kardiyovasküler hastalıklarda artış olduğu bilinmektedir. Hastalar bu dönemlerde koruyucu önlemleri almak konusunda uyarılabilirler. Bazı ülkelerde hava kirliliği düzeyleri halka duyurulmakta, böylece hastalar erken dönemde önlem alabilmektedirler.

Koruyucu rol Danışmanlık

Hastalar hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkilerine dair genel bir bilgiye sahip olabilir ve doktora bu konudaki fikirlerini, düşüncelerini ve hatta korkularını söyleyebilirler. Doktora düşen hastanın aktardıklarını hava kirliliği ile ilgili bilgiler çerçevesinde değerlendirmektir. Hava kirliliği ile hastanın maruz kaldığı diğer risk faktörleri kıyaslanmalıdır. Sigara içen hastalara öncelikle hava kirliliğinin sigaradan çok daha az risk oluşturduğu ve sağlık üzerindeki olumsuz etkileri engellemek adına sigara bırakmanın daha kolay ve etkin olduğu anlatılmalıdır. Sigara içen ebeveynlere pasif dumana maruziyetin çocuklar açısından hava kirliliği teması ile benzer sağlık riski oluşturduğu söylenmelidir.

Koruyucu önlemler

Hava kirliliğine maruz kalan kişilerin olası olumsuz

etkilerin önlenmesi adına tedavi edilmeleri konusu netlik kazanmamıştır, bu konuda yeterince veri yoktur.

Antioksidanlar ve vitaminler. Hava kirliliğine yol açan partiküller çok güçlü oksidan maddelerdir ve endojen oksidatif strese yol açtıkları bilinmektedir. Bu açıdan bakıldığında antioksidanların hava kirliliği etkilerine karşı korumada rolü olabileceği düşünülür. Bu konuda çok az kontrollü çalışma olup, Meksika ve Hollanda da yapılan iki araştırmada çocuklarda antioksidan vitaminlerin hava kirliliğine bağlı solunum sistemi semptomları üzerindeki etkileri incelenmiştir (Şekil 9.1). Bu bulguların başka ülkeler, farklı yaş grupları ve diğer sistemlere etkileri için geçerli olup olmadığı tartışmalıdır. Ancak genelde sağlıklı beslenmenin -antioksidan zengin sebze ve meyve- hastalıklardan korunma adına olumlu etkileri bulunduğu, hastalar bu tarz beslenmenin hava kirliliğinin yol açtığı etkilere karşı olası koruyuculuğu konusunda bilgilendirilmelidir.

Astım tedavisi. Astımı olan kişilerin hava kirliliğine karşı koruyucu amaçlı tedavileri astım için planlanandan farklı değildir. Klinik araştırmalarda salmeterol ve lökotrien reseptör antagonistlerinin hava kirliliği ile indüklenen bronkokonstrüksiyonu azalttığı gösterilmiştir. Kortikosteroidler ozona karşı oluşan inflamatuvar yanıtı baskırlar, ancak hava kirliliğinin yol açtığı solunum fonksiyon testlerindeki düşüş üzerine etkileri görülmemiştir. Yeni araştırmalar anahtar rol oynayan antioksidan enzimlerle ilgili genetik defekti olan hastalarda enzimatik antioksidanların etkilerine yönelmiştir (23). Astımlı olgularda hava kirliliğinin semptomlar ve solunum fonksiyonları üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmaların farklı sonuçları olduğu dikkati çekmektedir. Bazılarında anti-inflamatuvar tedavi alan olgularda hava kirliliğinin daha az semptoma yol açtığı bulunmuş ve bu sonuç tedavinin koruyucu etkisine bağlanmıştır. Bazı araştırmalarda ise hava kirliliği ile artmış solunum sistemi bulguları gözlenmiş, bu bulgu anti-inflamatuvar tedavi kullanan hastaların çoğunlukla ağır astımlı oluşlarıyla ilişkilendirilmiştir.

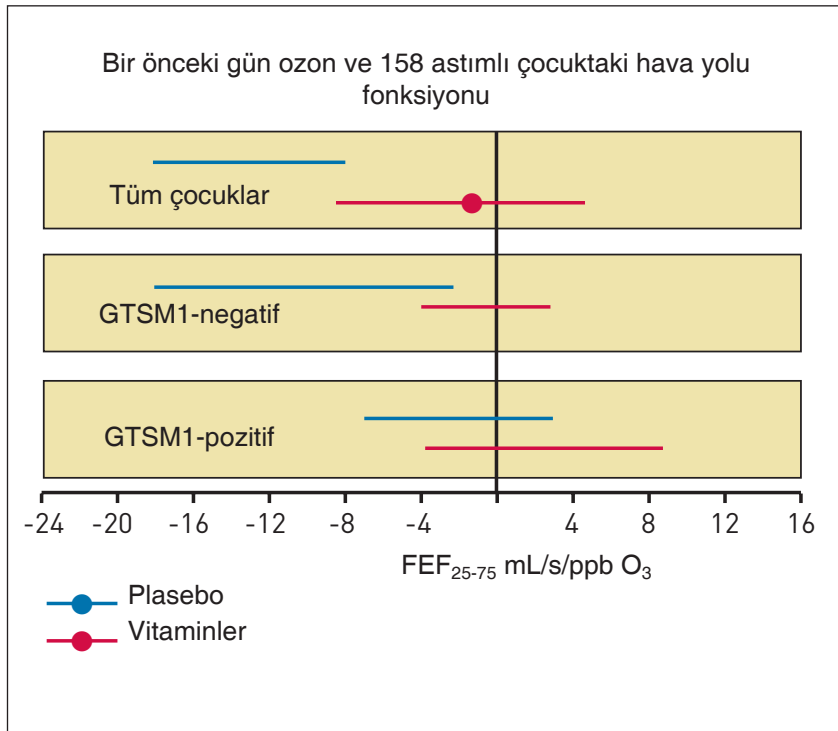
Statinler. Statinler anti-inflamatuvar ilaçlardır, hava kirliliğinin yol açtığı inflamasyon ile etkileşimleri konusunda çok az çalışma vardır. Hava kirliliğine karşı koruyucu amaçla statin önerilmesi mevcut kanıtlar çerçevesinde uygun bir yaklaşım değildir.

Genetik bilgilendirme. Kişinin hava kirliliği etkilerine karşı yatkınlığını belirleyen faktörlerden biri de genetik yapısıdır. Biyolojik yollarda rol alan genlere ait fonksiyonel varyasyonlar hava kirliliğinin biyolojik etkileri üzerinde değişikliğe yol açabilir. Ancak gen-çevre etkileşimi ile ilgili yeterince veri olmayıp, eldeki sonuçlar pozitif bulguların yayınlanmasına bağlı olabilir.

Koruyucu tedaviyi kısıtlayıcı faktörler. İlaçların, vitaminlerin veya genetik varyasyonların hava kirliliğinin etkilerini azaltıcı veya artırıcı rolleri net olmamakla birlikte

çok etkili olmadıkları düşünülmektedir. Çevresel kirlilik ve temas engellenmedikçe bireysel önlemlerin sınırlı, yüksek maliyetli ve etkisiz olmaları kaçınılmazdır.

Özet olarak koruyucu tedavinin hedefi hava kalitesini artırmak olmalıdır. Bireysel önlemler çoğunlukla akut etkilere odaklanmakta, uzun vadedeki etkilere çözüm getirememektedir.



Şekil 9.1. Onsekiz aylık çalışmaya katılan 158 astımlı çocukta küçük hava yolu hastalığı (FEF₂₅₋₇₅ olarak gösterilmiştir) ile atmosferdeki bir önceki güne ait ozon konsantrasyonları arasındaki ilişki. İlişki antioksidan kullanmayanlarda daha güçlü. İlave olarak ozonun etkisi oksidatif savunmada rolü olan GTSM geninin fonksiyon göstermeyen varyantında daha güçlü. 10 ve 49 no'lu kaynaklardan adapte edilmiştir.

A person is walking away from the camera on a path in a park. The path is lined with trees, and the background is a soft-focus view of a park with more trees and a fence. The lighting suggests it might be early morning or late afternoon.

10.

EK 1. AVRUPA'DA EMİSYON VE HAVA KALİTESİ İLE İLGİLİ YASAL DÜZENLEMELER

Avrupa'da emisyon yasa çerçevesi

Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde Ulusal Emisyon Limitleri önerisi kapsamında hava kirliliğine yol açan 4 temel partikül (NO_x, SO_x, non metan uçucu organik bileşenler ve NH₃) için emisyon sınırları ortaya konulmuştur. Bu önerinin düzeltilmesine yönelik teklif halen hazırlık aşamasındadır ve 2020 yılı itibarı ile bu 4 partikül için önerilen emisyon sınırları uygulamasına geçilecektir. Söz konusu revizyon aynı zamanda Avrupa Birliği yasaları dahilindeki; trafikteki iş araçları için Euro 5/6 standartlarını, hava kirliliği önlenmesi ve kontrolü direktifinin 2008 yılındaki revizyonunu ve Avrupa Konseyinin 2007 yılında alınmış seralarda gaz emisyonunu %20 oranında azaltma ile ilgili kararını göz önünde bulunduracaktır. Ulusal Emisyon Limitleri hedefine ulaşılabilmesi amacıyla Avrupa Birliği yasaları; büyük bitki ve taşıtlardan yayılan partiküllerin azaltılması, gaz ve dizel yakıtların kalitesi ve bazı sıvı yakıtların sülfür içeriği ile ilgili direktifler içermektedir. Ayrıca, petrol ürünlerinin depolanması ve dağıtımına ilişkin kararlar da mevcuttur. Komisyon 2007 yılında endüstriyel emisyonlarla ilgili bir teklif hazırlamıştır.

Tablo A1.1. **Avrupa Birliği ve üye ülkeler için hedeflenen hava emisyon düşüşleri.**

EU DİREKTİFİ (NECD, 2001) ZAMAN PERİYODU ¹		DÜŞÜŞÜ	GEREKLİ EMİSYON ZAMAN PERİYODU ¹
	Yıllık toplam	%73	1990-2010
	Yıllık toplam	%49	1990-2010
	Yıllık toplam	%50	1990-2010
	Yıllık toplam	%14	1990-2010
UNECE CLRTAP GÖTEBORG PROTOKOLÜ			
SO ₂	Yıllık toplam	%63	1990-2010
NO _x (as NO ₂)	Yıllık toplam	%41	1990-2010
VOC (non-methane)	Yıllık toplam	4%0	1990-2010
NH ₃	Yıllık toplam	%17	1990-2010

NECD: Ulusal Emisyon Tavan Direktifi; UNECE-CLRTAP: Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu - Sınırlararası Uzun Süreli hava Kirliliği Konvansiyonu; EU: Avrupa Birliği; 1. Dönemin ilk yılı referans yıldır.
Kaynak: EC, 2001c; UNECE, 1999.

Ulusal düzeyde, hava kirliliği emisyon sınırları “Birleşmiş Milletler Ekonomik Komisyonu”nda da ele alınmış, Gothenburg “multi-pollutant” protokolu ile ulusal sınırlar belirlenmiştir. ABD Birleşmiş Milletler Ekonomik Komisyonu çerçevesinde yapılan protokolu onaylamakla birlikte ulusal düzeyde emisyon sınırlamasına yönelik teklif oluşturmamıştır. ABD’ de hava kirliliğinin en büyük kaynağı motorlu taşıtlar olarak belirlenmiş, 5 partikülün (hidrokarbonlar, NO_x, CO, PM ve formaldehit) egzoz emisyonlarına sınırlama getirilmiştir.

AVRUPA’DA HAVA KALİTESİ YASA ÇERÇEVESİ

Avrupa’ da hava kalitesine ilişkin önlemler Avrupa Birliği hava kalitesi kurulu tarafından yasal hale getirilmiştir. Bu düzenlemeye göre bazı partiküller için standartlar oluşturulmuştur. Özellikle SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀ ve kurşun (Pb)’nin havadaki düzeyleri için sınır değerler belirlenmiştir.

Son zamanlarda Avrupa Birliği yeni bir hava kalitesi raporu oluşturmuştur, bu raporda ilk defa PM_{2,5} için sınır değerler verilmiştir. Şehirlerde 2010 yılı düzeylerine göre PM_{2,5}’un 2020 yılında % 20 azaltılması planlanmıştır. Bu rapora göre üç yıl içinde PM₁₀ ve 5 yıl içinde NO₂, benzen gibi kirleticilerin havadaki konsantrasyonunun önerilen sınır değerlerin altına düşürülmesi hedeflenmiştir.

Yeni hava kalitesi yönetmelikleri Avrupa ülkelerinde hava kirliliğini azaltmaya yönelik önemli bir adım olmakla birlikte, çevre sağlığında önde gelen bilim insanları daha sıkı önlemler alınması gerekliliğini vurgulamaktadırlar.

Aşağıdaki tabloda rehberlerden alınan Avrupa Birliği hedefleri ve bunların ABD ve Japonya standartları ile karşılaştırması yer almaktadır.

Tablo A1.2. Farklı kurumlar tarafından belirlenen temiz hava politikası hedefleri.

Kaynak	SO ₂ µg·m ⁻³				NO ₂ µg·m ⁻³			PM ₁₀ µg·m ⁻³		PM _{2.5} µg·m ⁻³		Ozon µg·m ⁻³	
	1 yıl	24 saat	1 saat	10 dak.	1 yıl	24 saat	1 saat	1 yıl	24 saat	1 yıl	24 saat	8 saat	1 saat
DSÖ [21]		20		500	40		200	20	50 ^a	10	25 ^a	100	
Avrupa Birliği (revize edilmiş 2008) [50]		125 ^a	350 ^f		40		200 ^e	40	50 ^b	25		120 ^f	
İsviçre [51]	30	100 ^d			30	80 ^d		20	50 ^d				120 ^d
Fransa [52]	50	125 ^a	350 ^f		40		200 ^e	40	50 ^b				
İsveç [53]		100	200		40	60	90	40	50				
Birleşik Krallık [54]		125 ^a	350 ^f	266 ^b	40		200 ^e	40	50 ^b	25		100	
Japonya [55]		105	262			113			100				118 ^c
ABD [56]	78	366			100			50	150	15	65	157	
Kaliforniya [57]		105 ^c	655				470 ^c	20	50	12	65	137	180 ^c

^a: Yılda 3 günden fazla geçemez; ^b: Yılda 35 günden fazla geçemez; ^c: Fotokimyasal oksidanlar; ^d: Yılda bir defadan fazla geçemez; ^e: Yılda 18 defadan fazla geçemez; ^f: Yılda 24 saatten fazla geçemez. [21] no'lu kaynaktan adapte edilmiştir.



EK 2. PARTİKÜLLER VE ETKİLERİ

Bu bölüm partiküllerin toksikolojik özellikleri ve sağlık üzerindeki etkilerini içermektedir. Ozon, nitrojen oksit, PM, dizel egzoz ve karbonmonoksit ile ilgili DSÖ hava kalitesi raporunda yer alan deneysel araştırma sonuçları özetlenmiştir (21).

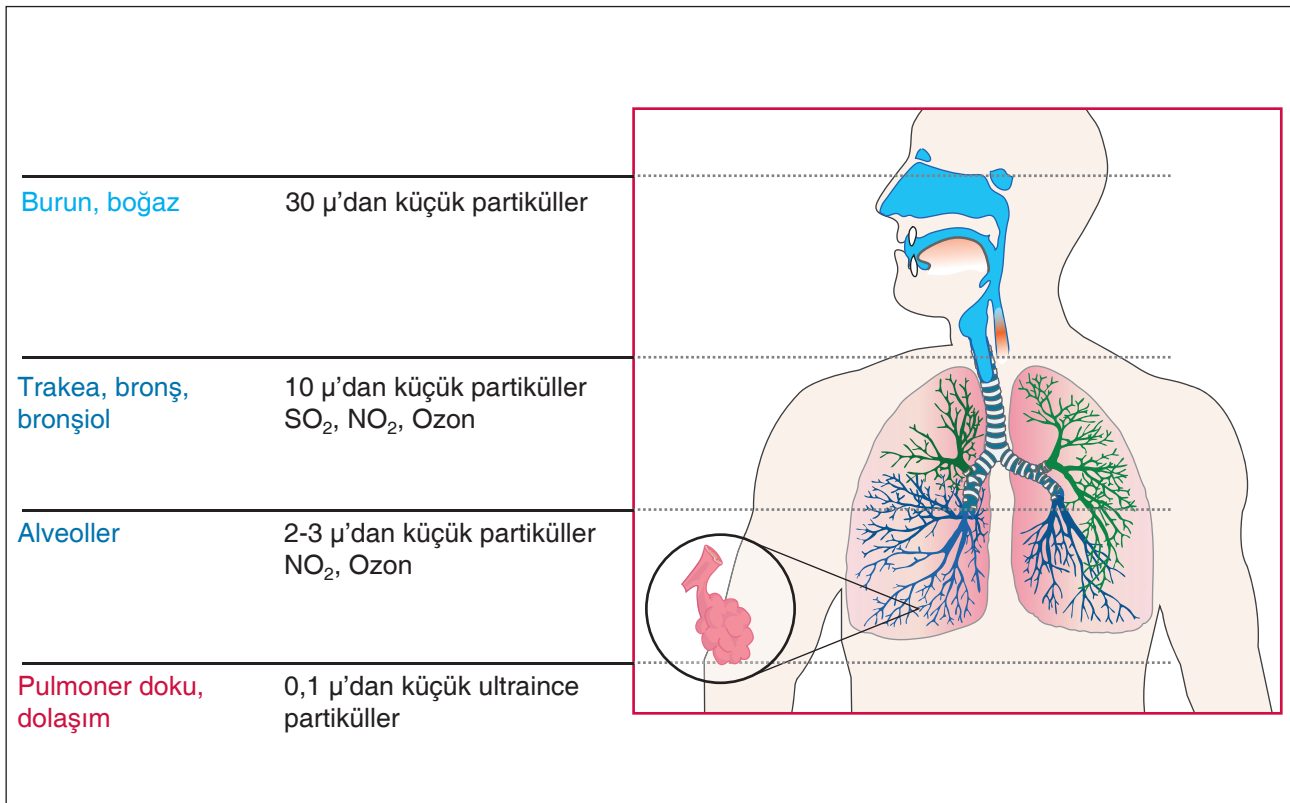
GİRİŞ

Partiküllerin hava yollarına girişi partikülün özelliklerine bağlıdır. İn hale edilen gazın emilim yeri gazın suda çözünürlüğü ile ilişkilidir, az çözünür özellikteki gazlar solunum sisteminin daha periferine geçebilirler. Bu özelliğe bağlı olarak sülfürdioksit iletici hava yollarından emilir, buna karşın ozon ve nitrojendioksit alveollere kadar ulaşabilirler. Partiküllerin solunum sisteminde ilerlemeleri aynı zamanda çapları ile de ilgilidir. Çapı 10 mikrondan büyük olanlar ağız ve burunda tutulurlar, 10 mikrondan küçük çaplı partiküller solunum sistemine geçerler. Çapı 2-3 mikrondan küçük partiküller alveollere ulaşırlar, ince partikül olarak adlandırılan 0.1 mikrondan küçük olanlar ise alveollerde büyük partiküllerden çok daha uzun süre kalabilirler. İnce partiküllerin yüzey alanı aynı kütledeki büyük partiküllerden daha geniştir, bu özellik gazların, tuz, asit metal gibi çözünür maddelerin emilim ve çözünürlüklerini kolaylaştırır.

Partiküllerin inhalasyonu sonucu gelişen lokal ve sistemik inflamasyonun en önemli nedeni oksidatif stres olarak bilinmektedir. Oksidatif stresin ilk basamağını

inhale edilen partikülün karbonmolekülü ile temas eden akciğer hücreleri tarafından reaktif oksijen radikallerinin salınması oluşturur. İndükte balgam ve bronkoalveoler lavajda nötrofil ve makrofajlar, protein, IL-6, IL-8, IL-10, adezyon molekülleri ve TNF- α varlığı lokal inflamasyonun göstergeleridir. Özellikle astımlı hastalarda hava kirliliği maruziyeti ile de ilgili olarak ekshale havada nitrik oksit ölçümü inflamasyonu değerlendirmede kullanılan non-invaziv bir testtir. Lokal inflamasyon hava yolu aşırı duyarlılığına yol açar, bu durum astımlı hastalarda allerjenlere hava yolu duyarlılığının da artmasına neden olur. Ozonla yapılan klinik çalışmalarda benzer bulgular elde edilmiştir.

Alveoler epitelden dolaşıma sitokinlerin ve inflamatuvar hücrelerin geçişi ile inflamasyon daha yaygınlaşabilir. Hayvan çalışmalarında ince partiküllerin dolaşıma geçtikleri ve endotelde inflamatuvar değişikliklere yol açarak koagülasyon sistemi ve diğer organlarda etki oluşturdıkları gösterilmiştir. Partiküllerin insanlarda sistemik dolaşıma geçişleriyle ilgili yeterli veri yoktur.



Şekil A2.1. Kirleticilerin solunum yollarında ilerleme özellikleri.

Tablo A2.1. **Solunan kirleticilerin genel patofizyolojik etkileri.**

TRAKEA, BRONŞLAR	Müköz membranların irritasyonu, lokal inflamasyon, mukus içeriğinde değişim, immün savunma hücrelerinin ve inflamatuvar hücrelerin göçü Silier aktivitede bozulma, epitel klirensinde bozulma (örneğin; partikül veya bakterilerin yukarı doğru taşınmasında) Mukozada ödem ve kas spazmı sonucu bronkokonstriksiyon
ALVEOL	Savunma hücrelerinin yabancı materyal ve debrisleri ortadan kaldırma yeteneğinin bozulması Lokal inflamasyon, hücre membranlarının geçirgenliğinde değişiklik İnflamatuvar hücrelerin ve ultraince partiküllerin pulmoner dokuya ve dolaşıma transferi
DOLAŞIM	Damar endotelinde inflamasyon, artmış plak oluşumu, koagülasyon, tromboz Otonom sinir sisteminde değişiklikler (örneğin; kalp hızında değişkenlik)

OZON (O₃)

Ozon hava yollarında güçlü oksidan aktivitesi ile iritan etkiye yol açan reaktif bir gazdır. Bronş epitelini döşeyen sıvıdaki antioksidanlarla (glutatyon, askorbik asit, ürik asit, albümin ve tokoferol) reaksiyona girerek antioksidan düzeyinde azalmaya ve dolayısıyla oksidan-antioksidan dengesinin bozulmasına, başka deyişle oksidatif strese yol açar. Bunun sonucu olarak moleküllerde oksidasyon ve yapısal değişiklikler gelişir ve protein ve lipid kaynaklı reaktif ürünler oluşur. Oluşan serbest radikaller hava yollarında lökosit, albümin, total protein, sitokinler (IL-6), LDH ve MPO da artışa yol açarak inflamasyonu başlatır.

Kontrollü insan çalışmalarında kısa süreli ozon temasının (120 µg·m⁻³, 6,6 saattten fazla temas) solunum fonksiyonlarında belirgin bozulmaya yol açtığı gösterilmiştir. Bu etkinin yanı sıra solunum semptomlarının ortaya çıkışı ve hava yolu aşırı duyarlılığı da saptanmıştır. Bu çalışmalarda oluşan reaksiyonun şiddetinin ozon konsantrasyonu, temas süresi, kişinin solunum hızı ve fiziksel aktivitesi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Oluşan değişikliklerin temastan sonra 24 saat devam edebildiği ama reverzibl olduğu görülmüştür.

Henüz nedeni tam anlaşılamamış olmakla birlikte ozona verilen yanıtta bireysel farklılıklar olduğu saptanmıştır. Klinik araştırmalarda semptomlar ve solunum fonksiyon bozukluklar daha çok genç erişkinlerde görülmüş, yaşlılarda yanıtın düşük olduğu saptanmıştır. Oksidan savunma sisteminde rolü olan genlerdeki polimorfizm ozon temasına duyarlılık oluşturabilir. Astım varlığı, immün sistemle ilgili patolojiler ve aynı zamanda başka partiküllere maruziyet ozona duyarlılığı artıran diğer faktörlerdir. Kronik bronşiti olan ve sigara içenlerin daha fazla etkilenmedikleri görülmüş, ayrıca astımı olan tüm hastaların da çok güçlü yanıtlar vermediği gözlenmiştir. Ancak alerjik astımlı olguların ozon teması ardından alerjenlere daha duyarlı hale geldikleri saptanmıştır.

Kontrollü çalışmalarda ozon temasının etkilerinin daha hafif olduğu görülmüştür. Bu bulgu gerçek yaşamda maruziyetin çalışmalardaki temastan çok daha uzun süreli olması ve çalışma ortamından farklı olarak günlük yaşam içinde ozonla birlikte başka maddelere de maruz kalınmasıyla açıklanabilir.

PM

PM değişik fiziksel ve kimyasal özellikleri olan şehir ve şehir dışı bölgelerde bulunan kompleks bir karışımdır. Deneyisel çalışmalarda PM'nin toplum çalışmalarında saptanan etkilerin çoğundan sorumlu olabileceği gösterilmiştir.

İlk kontrollü çalışmalar PMW'nin doğrudan solunum sistemi üzerinde etkisi olduğunu ortaya koymuştur. İnflamatuvar bir yanıtı açma, mevcut hava yolu hastalığında alevlenme ve solunum sisteminin savunma mekanizmasında bozulmaya neden olma saptanan etkilerdir. PM inhalasyonu sonucunda allerjen spesifik immünglobulin düzeylerinde yükselme, allerjene karşı havayolu aşırı duyarlılığında artma ve hava yollarının enfeksiyonlara direncinde azalma olmaktadır. Son yıllarda konsantre havada PM kullanılarak yapılan çalışmalarda kardiyovasküler etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmalarda gerçek yaşamdaki temasa benzer bir ortam yaratılması avantaj oluşturmuştur. Gönüllülerde ve deney hayvanlarında PM maruziyeti ile kalp atım sayısında artış, kalp atım hızında değişiklik, aritmi, brakial arterlerde akım değişiklikleri saptanmıştır. Bu değişikliklerin daha çok EC ve iz elementler gibi inorganik maddelerle ilişkili olduğu görülmüştür.

Hayvan çalışmalarında uzun süreli subkronik maruziyetin kalp hızı artışı, kalp hızı değişkenliği, aortik plak genişliğinde artış, beyin hücresi fonksiyon değişikliği, karaciğerde yağlanma ve metabolik sendrom gelişimine yol açtığı gözlenmiştir. Bu çalışmaların kardiyopulmoner sonuçlar epidemiyolojik araştırmalarda hava kirliliği ile kardiyovasküler hastalıklar arasında saptanan ilişkiye açıklama oluşturabilir.

DİZEL EGZOS PARTİKÜLLERİ

Dizel arabalar özellikle büyük şehirlerde önemli hava kirliliği kaynaklarıdır. Gönüllülerin yer aldığı klinik çalışmalarda dizel motordan kaynaklanan gaz çıkışına bir-iki saat maruz kalan sağlıklılarda solunum fonksiyonlarında bir değişiklik olmadığı ancak astımlılarda hava yolu duyarlılığında artış olduğu saptanmıştır. Dizel egzoz partikülleri nötrofilik inflamasyonda artışa yol açmıştır. En düşük partikül dozunda bronşlardaki reaksiyon sözü edilen sınırdan kalırken alveollerde antioksidan maddelerin arttığı gözlenmiştir. Tüm bulgular bu tanımlanan olayların solunum sisteminin savunmasındaki ilk basamağı oluşturduklarını düşündürmektedir. Son zamanlarda

yapılan 2 çalışmada sağlıklı gönüllülerde dizel egzoz ve ozonun hava yolu inflamasyonu üzerinde additif etkileri olduğu gösterilmiştir.

Atopik yapılı kişiler dizel egzoz teması sonucu farklı mekanizmalarla risk altında olabilirler. Polen alerjenlerinin dizel partiküllerine bağlanarak hava yollarında birikimi kolaylaşabilir. Hayvan deneylerinde dizel egzoz partiküllerinin immün sistemle etkileşerek allerjik inflamasyonun yoğunlaşmasına yol açtıkları gösterilmiştir. Bu olayda dizel partiküllerinin aktive ettiği makrofajlardan reaktif oksijen radikallerinin salınımına önemli katkısı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, glutatyon transferaz geninde varyasyon olan hastaların dizel partikül inhalasyonu sonucu allerjik semptomlarda alevlenmeye daha yatkın olabilecekleri öne sürülmektedir.

Dizel egzoz partiküllerinin kardiyovasküler sistem üzerindeki etkileri birkaç klinik çalışmada incelenmiştir. Sağlıklı gençlerde maruziyet sonucunda kan basıncı ve kalp hızında değişiklik olmamış, ancak vasküler disfonksiyon ve fibrinolitik bozulma saptanmıştır. Bazı değişikliklerin temastan sonra 24 saate kadar devam ettiği gözlenmiştir. Koroner kalp hastalığı olanlarda temas ile kalp hızı ve kan basıncında değişiklik olmazken egzersiz ile birlikte dizel egzoz teması ST çökmelerine neden olmuştur. Koroner hastalarında sağlıklılara benzer şekilde fibrinoliz bulguları saptanmış ama vasküler fonksiyonlarda bozukluk olmamıştır.

NİTROJENDİOKSİT (NO₂)

NO₂ kırmızı renkli ve konsantrasyonu belirli seviyenin üzerine (birkaç yüz µg·m⁻³) çıktığında keskin kokusu hissedilen bir gazdır. Solunum epitelinin yüzeyindeki organik bileşiklerle etkileşir ve dolaşıma nitrit (NO₂⁻) olarak girer. Hayvanlarda akut temas genelde bir etki oluşturmaz. Subkronik ve kronik düşük düzeyde maruziyet (haftalar-aylar) ile akciğer metabolizma, yapı ve fonksiyonunda değişiklikler, inflamasyon ve solunum yolu enfeksiyonlarına yatkınlık görülmüştür. Memeli türleri arasındaki farklılıklar nedeniyle hayvan deneyleri sonuçlarını insanlara uyarlamak zordur, bu nedenle NO₂ için inhale edilen doza göre spesifik bir etkiden bahsetmek mümkün değildir.

Kontrollü maruziyet çalışmaları insanlar için DSÖ rehberinde önerilen 1 saatlik 200 µg·m⁻³ değerine temel oluşturmuştur. Bu çalışmalarda düşük düzeyde temasın astımlı hastalarda astımı olmayanlara göre daha fazla etki oluşturduğu saptanmıştır. Astımlılarda 1 saat veya

daha uzun sürede 380-560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dozda NO_2 teması ile bronkokonstrüksiyon, allerjene duyarlılıkta artış, havayolu inflamasyonunda artışı düşündüren bulgular ve akciğer savunma mekanizmasında bozulma gözlenmiştir.

Sağlıklı yetişkinlerde ancak 1880 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (1,0 ppm) konsantrasyonda NO_2 temasının solunum fonksiyonlarında değişikliğe yol açabildiği belirtilmektedir.

KARBONMONOKSİT (CO)

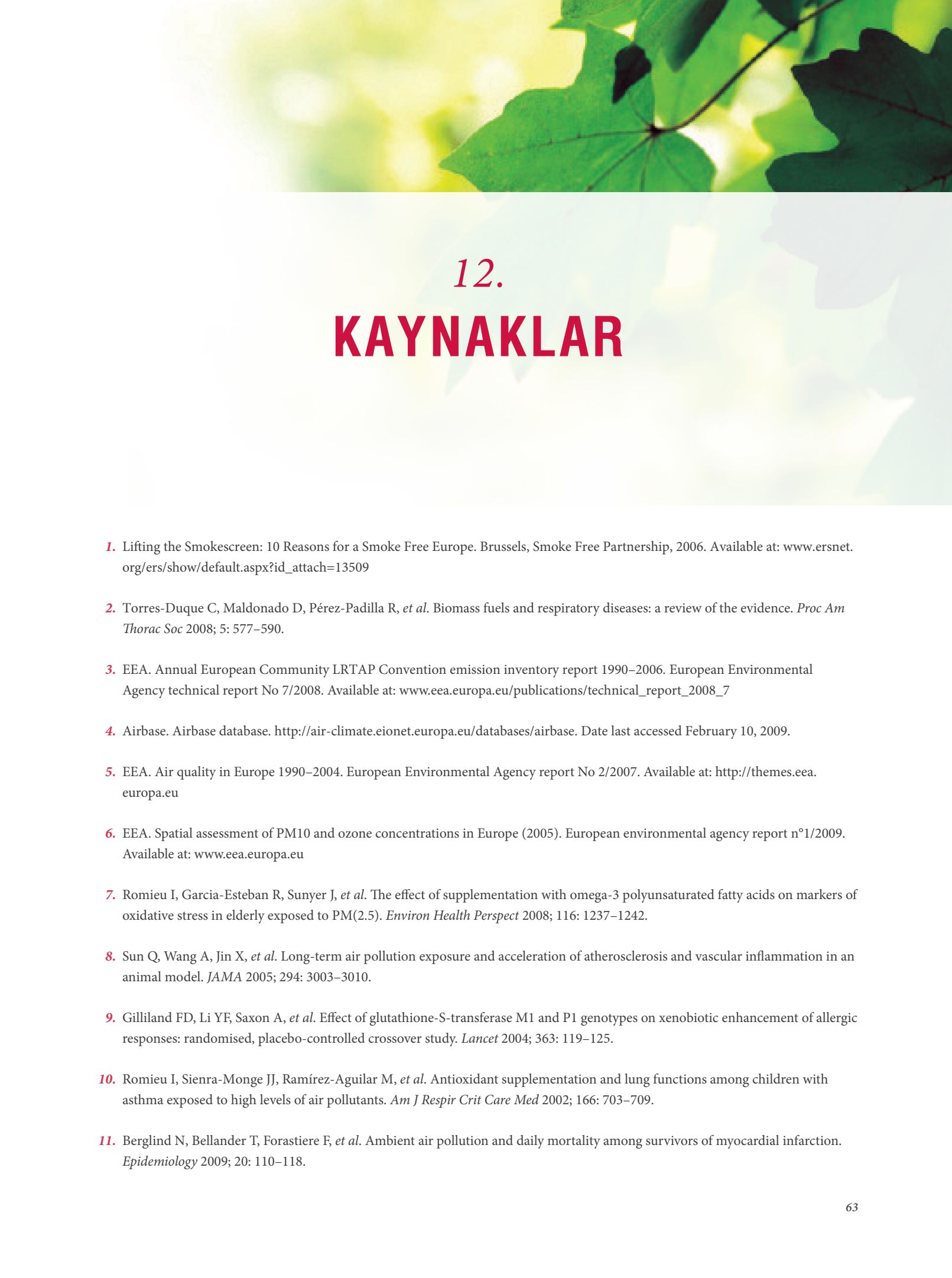
CO hemoglobine oksijenden 250 kat fazla afinite ile bağlanarak karboksihemoglobin (COHb) oluşturan renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. CO aynı zamanda endojen bir metabolizma ürünüdür, sağlıklı kişilerde düzeyi %1.4 dür. Bazı ilaçlar bu düzeyin %4'e kadar çıkmasına neden olurlar, sigara doza bağlı olarak COHb düzeylerini artırır. Diğer gazların tersine CO teması akciğer hasarına yol açmaz. COHb kanda oksijen taşınmasını etkileyerek esas etkisini kalp ve beyin üzerinde gösterir. Yüksek düzeyde ($> 580 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) CO maruziyeti solunum yetmezliği ve ölüme yol açar. Klinik çalışmalar düşük düzeyde temasın koroner arter hastalığı olanlarda egzersiz sırasında olumsuz etkiye yol açtığını göstermiştir. Bu çalışmalarda %2-6 düzeyinde CO temasının angina başlama süresini kısalttığı gözlenmiştir. Bu durum koroner hastalarının günlük aktivitelerini ve yaşam kalitelerini etkileyebilir. Bazı çalışmalarda CO maruziyetinin aritmi durumunda ani ölüm riskini artırabileceği sonucuna varılmıştır. Sigara içmeyen sağlıklı yetişkinlerde $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 'ten düşük düzeyde sürekli temasın COHb düzeyini %2'nin üzerine çıkarmayacağı belirtilmektedir.

Düşük düzeyde CO temasının ateroskleroz gelişimine yol açabileceğini gösteren hayvan deneyleri vardır.

11.

KISALTMALAR

$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	milimetreküpde mikrogram	O_3	ozon
95% CI	%95 güven aralığı	OR	odds ratio
ACS	Amerikan Kanseri Derneği Çalışması	Pb	kurşun
APHEA	Hava Kirliliği ve Sağlık: Avrupa Birliği Yaklaşımı	PM	partiküler madde
APHEIS	Hava Kirliliği ve Sağlık: Avrupa Bilgi Sistemi	PM ₁₀	çapı < 10 mikrometre olan partiküler madde
BS	siyah duman	PM _{10-2,5}	çapı 10-2,5 mikrometre olan partiküler madde
CAFE	Avrupa İçin Temiz Hava	PM _{2,5}	çapı < 2,5 mikrometre olan partiküler madde
CO	karbon monoksit	RR	rölatif risk
CO ₂	karbon dioksit	SO ₂	sülfür dioksit
EPA	Çevre Koruma Ajansı	TSP	toplam asılı partikül
EU	Avrupa Birliği	UF	ultrince partiküller
FEF ₂₅₋₇₅	zorlu ekspiriyum ortası akım hızı	UNECE	Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu
FEV ₁	zorlu ekspirasyonun birinci saniyedeki volüm	VOC	uçucu organik bileşenler
FVC	zorlu vital kapasite	WHO	Dünya Sağlık Örgütü
GSTM1	glutasyon-S-transferaz Mu 1 geni		
KOAH	kronik obstrüktif akciğer hastalığı		
NH ₃	amonyak		
NO ₂	nitrojen dioksit		



12.

KAYNAKLAR

1. Lifting the Smokescreen: 10 Reasons for a Smoke Free Europe. Brussels, Smoke Free Partnership, 2006. Available at: www.ersnet.org/ers/show/default.aspx?id_attach=13509
2. Torres-Duque C, Maldonado D, Pérez-Padilla R, *et al.* Biomass fuels and respiratory diseases: a review of the evidence. *Proc Am Thorac Soc* 2008; 5: 577–590.
3. EEA. Annual European Community LRTAP Convention emission inventory report 1990–2006. European Environmental Agency technical report No 7/2008. Available at: www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2008_7
4. Airbase. Airbase database. <http://air-climate.eionet.europa.eu/databases/airbase>. Date last accessed February 10, 2009.
5. EEA. Air quality in Europe 1990–2004. European Environmental Agency report No 2/2007. Available at: <http://themes.eea.europa.eu>
6. EEA. Spatial assessment of PM10 and ozone concentrations in Europe (2005). European environmental agency report n°1/2009. Available at: www.eea.europa.eu
7. Romieu I, Garcia-Esteban R, Sunyer J, *et al.* The effect of supplementation with omega-3 polyunsaturated fatty acids on markers of oxidative stress in elderly exposed to PM(2.5). *Environ Health Perspect* 2008; 116: 1237–1242.
8. Sun Q, Wang A, Jin X, *et al.* Long-term air pollution exposure and acceleration of atherosclerosis and vascular inflammation in an animal model. *JAMA* 2005; 294: 3003–3010.
9. Gilliland FD, Li YF, Saxon A, *et al.* Effect of glutathione-S-transferase M1 and P1 genotypes on xenobiotic enhancement of allergic responses: randomised, placebo-controlled crossover study. *Lancet* 2004; 363: 119–125.
10. Romieu I, Sienra-Monge JJ, Ramírez-Aguilar M, *et al.* Antioxidant supplementation and lung functions among children with asthma exposed to high levels of air pollutants. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 703–709.
11. Berglind N, Bellander T, Forastiere F, *et al.* Ambient air pollution and daily mortality among survivors of myocardial infarction. *Epidemiology* 2009; 20: 110–118.

12. Hancock DB, Romieu I, Shi M, *et al.* Genome-wide association study implicates chromosome 9q21.31 as a susceptibility locus for asthma in Mexican children. *PLoS Genet* 2009; 5: e1000623.
13. Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, *et al.* Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 2002; 360: 1203–1209.
14. National Research Council. US National Academy of Science Committee. Estimating the Public Health Benefits of Proposed Air Pollution Regulations. Washington DC, National Academies Press, 2002. Available at: www.nap.edu/catalog.php?record_id=10511
15. US Environmental Protection Agency. Air Quality Criteria for Particulate Matter. Research Triangle Park, National Center for Environmental Assessment, 2004. EPA/600/P-99/002bF. Available at: <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=87903>
16. US Environmental Protection Agency. Provisional Assessment of Recent Studies on Health Effects of Particulate Matter Exposure. Research Triangle Park, National Center for Environmental Assessment, 2006. EPA/600/R-06/063. Available at: www.epa.gov/pm/pdfs/ord_report_20060720.pdf
17. Brunekreef B. Health effects of air pollution observed in cohort studies in Europe. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2007; 17: Suppl. 2, S61–S65.
18. Braun-Fahrlander C, Vuille JC, Sennhauser FH, *et al.* Respiratory health and long-term exposure to air pollutants in Swiss schoolchildren. SCARPOL Team. Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with Respect to Air Pollution, Climate and Pollen. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 1042–1049.
19. Ackermann-Lieblich U, Leuenberger P, Schwartz J, *et al.* Lung function and long term exposure to air pollutants in Switzerland. Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults (SAPALDIA) Team. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 122–129.
20. Hoffmann B, Moebus S, Möhlenkamp S, *et al.* Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. *Circulation* 2007; 116: 489–496.
21. World Health Organization. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02. Available at: http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf
22. National Research Council. Estimating Mortality Risk Reduction and Economic Benefits from Controlling Ozone Air Pollution. 2008, Committee on Estimating Mortality Risk Reduction Benefits from Decreasing Tropospheric Ozone Exposure, National Research Council. Washington DC, National Academies Press, 2008. ISBN-10: 0-309-11994-4. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12198
23. Gilliland FD. Outdoor air pollution, genetic susceptibility, and asthma management: opportunities for intervention to reduce the burden of asthma. *Pediatrics* 2009; 123: Suppl. 3, S168–173.
24. Health Effects Institute. HEI panel on the health effects of traffic-related air pollution. Traffic-related air pollution: a critical review of the literature on emissions, exposure, and health effects. HEI special report 17. Boston, Health Effects Institute, 2010. Available at: <http://pubs.healtheffects.org/view.php?id=334>
25. Kunzli N, Perez L. Evidence based public health - the example of air pollution. *Swiss Med Wkly* 2009; 139: 242–250.

26. van Erp A, Cohen A. HEI's Research Program on the Impact of Actions to Improve Air Quality: Interim Evaluation and Future Directions. Communication 14. Boston, Health Effects Institute, 2009. Available at: <http://pubs.healtheffects.org/view.php?id=326>
27. van Erp AM, O'Keefe R, Cohen AJ, *et al.* Evaluating the effectiveness of air quality interventions. *J Toxicol Environ Health A* 2008; 71: 583–587.
28. Ghio AJ, Devlin RB. Inflammatory lung injury after bronchial instillation of air pollution particles. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164: 704–708.
29. Pope CA. Respiratory hospital admissions associated with PM10 pollution in Utah, Salt Lake, and Cache Valleys. *Arch Environ Health* 1991; 46: 90–97.
30. Dye JA, Lehmann JR, McGee JK, *et al.* Acute pulmonary toxicity of particulate matter filter extracts in rats: coherence with epidemiologic studies in Utah Valley residents. *Environ Health Perspect* 2001; 109: Suppl. 3, 395–403.
31. Heinrich J, Hoelscher B, Frye C, *et al.* Improved air quality in reunified Germany and decreases in respiratory symptoms. *Epidemiology* 2002; 13: 394–401.
32. 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; 164: 2067–2072.
33. Clancy L, Goodman P, Sinclair H, *et al.* Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. *Lancet* 2002; 360: 1210–1214.
34. Schindler C, Keidel D, Gerbase MW, *et al.* Improvements in PM10 exposure and reduced rates of respiratory symptoms in a cohort of Swiss adults (SAPALDIA). *Am J Respir Crit Care Med* 2009; 179: 579–587.
35. Bayer-Oglesby L, Grize L, Gassner M *et al.* Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children. *Env Health Perspect* 2005; 113: 1632–1637.
36. Downs SH, Schindler C, Liu LJ, *et al.* Reduced exposure to PM10 and attenuated age-related decline in lung function. *N Engl J Med* 2007; 357: 2338–2347.
37. Wang W, Primbs T, Tao S, *et al.* Atmospheric particulate matter pollution during the 2008 Beijing Olympics. *Environ Sci Technol* 2009; 43: 5314–5320.
38. Friedman MS, Powell KE, Hutwagner L, *et al.* Impact of changes in transportation and commuting behaviors during the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on air quality and childhood asthma. *JAMA* 2001; 285: 897–905.
39. Kunzli N, Kaiser R, Medina S, *et al.* Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795–801.
40. Clean Air For Europe (CAFE). Commission staff working paper. The communication on thematic air pollution and the directive on ambient air quality and cleaner air for Europe. Impact assessment. COM(2005)446 final. <http://ec.europa.eu/environment/air/cafe/index.htm>. 2005.
41. Medina S, Boldo E, and contributing members of the APHEIS group. APHEIS: Health Impact assessment of Air Pollution Communication Strategy. Third year report. <http://www.apheis.net/>. ISBN: 2-11-094838-6. 2005.

42. Medina S, Plasencia A, Ballester F, *et al.* APHEIS: public health impact of PM10 in 19 European cities. *J Epidemiol Community Health* 2004; 58: 831–836.
43. Perez L, Sunyer J, Künzli N. Estimating the health and economic benefits associated with reducing air pollution in the Barcelona metropolitan area (Spain). *Gac Sanit* 2009; 23: 287–294.
44. Cohen A. Mortality impacts of urban air pollution. In: Ezzati M, Lopez AD, Rogers A, *et al.*, eds. Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors, Vol. 2. Geneva, World Health Organization, 2004.
45. WHO. Health Impact of PM10 and ozone in 13 Italian cities. ISBN: 9289022930. Geneva, World Health Organization, 2006.
46. Kunzli N, *et al.* Clinically “small” effects of air pollution on FVC have a large public health impact. Swiss Study on Air Pollution and Lung Disease in Adults (SAPALDIA) - team. *Eur Respir J* 2000; 15: 131–136.
47. Pope CA, *et al.* Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *N Engl J Med* 2009; 360: 376–386.
48. Grinshpun SA, Haruta H, Eninger RM, *et al.* Performance of an N95 filtering facepiece particulate respirator and a surgical mask during human breathing: two pathways for particle penetration. *J Occup Environ Hyg* 2009; 6: 593–603.
49. Romieu I, Sienra-Monge JJ, Ramírez-Aguilar M, *et al.* Genetic polymorphism of GSTM1 and antioxidant supplementation influence lung function in relation to ozone exposure in asthmatic children in Mexico City. *Thorax* 2004; 59: 8–10.
50. DIRECTIVE 2008/50/EC of the European Parliament and of The Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Available at : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:EN:PDF>
51. OFEFP. La signification des valeurs limites d'immission de l'ordonnance sur la protection de l'air. Cahier de l'environnement N°180. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. 1992.
52. Décret, n°2002-213, du 15 février 2002 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.
53. Environmental Quality Standards. 2007-10-25. Swedish Environmental Protection Agency.
54. Air quality strategy for England, Scotland, Wales and Northern Ireland. July 17th 2007. The UK Department for Environment. Available at: http://www.official-documents.gov.uk/document/cm71/7169/7169_i.pdf
55. Environmental quality standards in Japan-air quality. Tokyo, Ministry of the Environment. <http://www.env.go.jp/en/air/aq>. Date last accessed February 10, 2009.
56. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). Washington, DC, US Environmental Protection Agency. www.epa.gov/air/criteria.html
57. California ambient air quality standards. Sacramento, CA, California Air Resources Board. www.arb.ca.gov/research/aaqs/caaqs/caaqs.htm



European Respiratory Society Avenue Ste-Luce 4 1003 Lausanne Switzerland
T + 41 21 2 13 01 01 F + 41 21 2 13 01 00 E info @ersnet.org W ersnet.org

Autori: Nino Künzli, Laura Perez, Regula Rapp.

Bakanlık Yayın No : 864
ISBN : 978-975-590-406-1

www.saglik.gov.tr