



Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi

Genel Prensipler



World Health
Organization
REGIONAL OFFICE FOR Europe



EUROPEAN ENVIRONMENT
AND HEALTH PROCESS

Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi

Genel Prensipler

ÖZET

Bir hava kirliliği sağlık değerlendirmesi (AP-HRA) farklı sosyoekonomik, çevresel ve politik koşullarda hava kalitesini etkileyen ölçümlerden beklenen sağlık etkilerini tahmin etmektedir.

Bu itibarla, toplumsal politik kararlar hakkında bilgilendirme yapmak için önemli bir araçtır.

Bu doküman AP-HRA kavramını tanıtmakta, dış mekan hava kirliliği sağlık risklerinin ve kaynaklarının nasıl tahmin edildiğini geniş anlamda tanımlamakta ve çeşitli senaryolar ile amaçlar için uygun AP-HRA yürütülmesine yönelik genel prensiplerin ana hatlarını vermektedir. Burada araçlara nasıl başvurulacağını bilmeye ihtiyaç duymayacak ancak AP-HRA konuları, kapsamı ve prensipleri hakkında genel bir anlayış çıkarmaya çalışan geniş bir okuyucu kitlesine bilgi sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler

HAVAKİRLİLİĞİ–olumsuz etkiler

HAVA KİRLİLİĞİ - analiz

RİSK DEĞERLENDİRMESİ - methodlar

ÇEVRESEL İZLEME

Alıntı bilgisi

Hava kirliliğinin sağlık risk değerlendirmesi-genel prensipler.
Kopenhag: DSÖAvrupa Bölge Ofisi; 2016.

Dünya Sağlık Örgütü, 2016

Onaylar	iv
Kısaltmalar	v
Yönetici Özeti	vi
1. Giriş.....	1
1.1 Amaç ve kapsam	1
1.2 Altyapı/genel bilgiler	1
1.3 Sağlık risk değerlendirmesi nedir	3
2. Politika sorularının tanımlanması.....	5
3. Bir AP–HRA yürütmek için ne bilgilerine ihtiyaç vardır?	6
3.1 Sağlık risk değerlendirmesinin planması	6
3.2 Populasyonun hava kirleticilerine maruziyetinin tahmin edilmesi	8
3.3 Sağlık Risklerinin tahmin edilmesi	8
3.4 Sağlık etkilerinin miktarsal olarak belirlenmesi	9
4. AP–HRA daki belirsizlikler	11
5. Uygun araçlar	13
6. Sonuçlar	17
Referanslar	18
Ek 1. Faydalı AP–HRA kaynakları	21
Ek 2. Aphekom projesi	22
Ek 3. Küresel hastalık yükü	25
Ek 4. BenMAP	28

ONAYLAR

Bu yayın 12-13 Mayıs 2014 tarihlerinde Almanya Bonn da yapılan hava kirliliğinin yerel, ulusal ve uluslararası düzeyde sağlık risklerinin değerlendirilmesine yönelik methodlar ve araçlar hakkındaki DSÖ Uzmanlar toplantısındaki tartışmalar esas alınarak oluşturulmuştur.



Aphekom	Kararlar için bilgi ve iletişimin geliştirilmesi Avrupada hava kirliliği ve sağlık (proje)
AP-HRA	Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi
AQG	Hava Kalitesi Rehberleri
BenMAP	Çevresel Faydaların/Çevreye olan Faydaların Haritalanması ve Analiz Programı
CRA	Kıyaslamalı Risk Değerlendirmesi
CRF	Konsantrasyon – Tepki Fonksiyonu
DALY	Yeti Yitimine Ayarlanmış Yaşam Yılı
EC	Avrupa Komisyonu
EPA	Çevre Koruma Ajansı
EU	Avrupa Birliği
GBD	Hastalığın Küresel Yükü
HIA	Sağlık Etki Değerlendirmesi
NO ₂	Nitrogen Dioxide Azot Dioksit
NO _x	Azot Oksit
O ₃	Ozon
PM	Partikül Halindeki Maddeler
PM ₁₀	Aerodinamik Çapı 10 Mm Altında Olan Partikül
PM _{2.5}	Aerodinamik Çapı 2.5Mm Altında Olan Partikül
REVIHAAP	Hava Kirliliğinin Sağlık Boyutları İle İlgili Delillerinin Yeniden Gözden Geçirilmesi (Proje)
RR	Göreceli Risk
SO ₂	Sülfür Dioksit
SOX	Sülfür Oksitler
TFH	Hava Kirliliğinin Sağlık Boyutuna Yönelik Çalışma Grubu
YLD	Engellilikten Dolayı Kaybolan Yıllar
YLL	Kaybolan Yaşam Yılları

Bu yayın hava kirliliği sağlık risk değerlendirmesi (AP-HRA) kavramını tanıtmakta, dış ortam hava kirliliği sağlık risklerinin ve kaynaklarının nasıl tahmin edildiğini geniş anlamda tanımlamakta ve çeşitli senaryolar ile amaçlar için uygun AP-HRA yürütülmesine yönelik genel prensiplerin ana hatlarını vermektedir. Hedef okuyucu kitlesini yerel, ulusal ve uluslar arası politika yapımcıları ve ajanslardaki sağlık risk tahmini yapan diğer kullanıcıları ile araştırma ve savunma grupları içermektedir.

Bu yayın UNECE Uzun Menzilli Sınır Ötesi Hava Kirliliği Kongresinin çalışması kapsamında hazırlandığından, özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika araç ve referansları üzerinde durulmuştur.

AP-HRA ana amacı hava kirliliğine maruziyetin sağlık etkilerini veya farklı sosyoekonomik, çevresel ve politika ortamlarındaki hava kirliliğindeki değişiklikleri tahmin etmek ve iletişimini sağlamaktır. Birçok ülkede, AP-HRA karar-alma sürecinin bir bölümü olarak hava kalitesi üzerine potansiyel olarak etkiye sahip yeni programlar, projeler, mevzuatlar veya politikalar için resmi olarak gerekmektedir. Değerlendirmelerin önceden niteliksel tanımlamalarla sınırlandırıldığı diğer ülkelerde, bilimsel gelişmeler şimdi hava kirliliğinin sağlık risklerinin daha detaylı nicel (sayısal) analizine imkan vermektedir. Böylece çeşitli politika senaryoları ile coğrafik ve zaman ölçekleri için farklı methodlar kullanarak artan sayıda AP-HRA lar gerçekleştirilmektedir.

Bir AP-HRA yürütmek için çok sayıda araç mevcuttur. Bu araçlar farklı iş yükleri ile ilişkili olup, farklı düzeylerde uzmanlık gerektirmektedir. Bir araç seçiminde, ilk olarak cevaplanması gereken politik sorular ve bilgilendirilmesi gereken okuyucuların belirlenmesi önemlidir. İltihabi kirleticiler, coğrafik ölçek ve veri ihtiyaçları gibi değerlendirme içeriğinin teknik gereklilikleri daha sonra düşünülmelidir.

AP-HRA lar için teknik ve operasyonel özellikler arasında değişen ve fonksiyonlar, denklemler ve çoğu zaman veri setlerini içeriğinde barındıran çok sayıda çevrimiçi araçlar vardır. AP-HRA için bu araçların kullanılması, daha iyi tutarlılık, kıyaslanabilirlik ve kalite güvencesi sağlamaktadır. Bir AP-HRA seçerken, amaç mevcut elverişli kaynaklar içerisinde bilimsel titizliğin maksimuma çıkarmak olmalıdır.

Bir AP-HRA nın ilk basamağı hedef populasyonun belirli hava kirleticilerine olan maruziyetinin değerlendirilmesidir. İzleme verileri izleme bölgesinin yakınında yaşayan populasyonların geçmiş ve mevcut hava kirliliği maruziyetlerinin tahmininde kullanılabilir. Buna ilaveten, hava kalitesi modellemesi genellikle coğrafik ilgi alanı içerisinde farklı sosyoekonomik ve çevre koşulları için maruziyetteki farklılıkların tahmininde ve gelecek politika senaryolarındaki maruziyet değişikliklerine öngöründe bulunmak üzere kullanılır.

Bir AP-HRA nın ikinci basamağı hava kirliliğinin beraberinde getirdiği sağlık riskinin tahmin edilmesidir. Bu da birim belirli bir hava kirleticisi konsantrasyonu başına düşen sağlık etkisi olarak miktarı belirlenen konsantrasyon tepki fonksiyonlarının (CRFs) kullanımını gerektirir. Genellikle bu CRF ler epidemiyolojik çalışmalarda oluşturulmaktadır.

AP-HRA ların sonuçları çoğunlukla ilişkilendirilebilir ölümlerin veya hastalık vakalarının sayısına, kaybedilmiş yaşam yıllarına, yetersizlik-ayarlı yaşam yıllarına yada hava kirliliğine maruziyet veya maruziyetteki değişikliklere bağlı beklentiye göre raporlanmaktadır. Bu sağlık etkileri daha sonra maliyet ve parasal koşullardaki politika değişikliğinin faydalarının değerlendirilmesinde kullanılabilir. AP-HRA nın bu bileşeninin önemli bir sınırlaması hedef populasyon için halk sağlığı istatistikleri referans hattının/bazının mevcut olmasıdır.

Bir AP-HRA nın üçüncü basamağı ortaya çıkan sağlık etkisi tahmini belirsizliğini miktar olarak belirlemek ve ifade etmektir. Bu sonuçların önemli ve bütünleyici bir bileşenidir ve hem ana mesajın kaybolmamasını sağlamak hem de üretilen sonuçların politika-yapıcıları ve AP-HRA hakkında gerekli teknik veya uzmanlık alt yapısına sahip olmayan diğer kişilerce anlaşılabilir olmasını sağlamak açısından hayati önem taşımaktadır. Sonuçların güvenilirlik düzeyinde, uzman kararı(konsensus) nın kullanılması önerilmektedir. Buna ek olarak, AP-HRA sonuçlarının etkin iletişiminin sağlanması için iletişim uzmanlarının da katılımı düşünülebilir.





1.1 Amaç ve kapsam

Bu yayın hava kirliliği sağlık riski değerlendirmesi (AP-HRA) ve hava kirliliği kaynaklı sağlık riskleri ve kaynakları ile ilgili genel bir giriş sağlayarak bu kapsamda çeşitli politika senaryolarının yürütülmesine yönelik genel prensipleri vurgular. (DSÖ Avrupa Ofisi,2014) Farklı politika sorularıyla ilgili olarak tartışılan konuların farklı yönlerini gösteren örnekler sunulmuştur. Bu yayın Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE) Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi kapsamında hazırlanmış olup vurgu bu nedenle ağırlıklı olarak Avrupa ve Kuzey Amerika araçları ve referansları üzerine kuruludur.

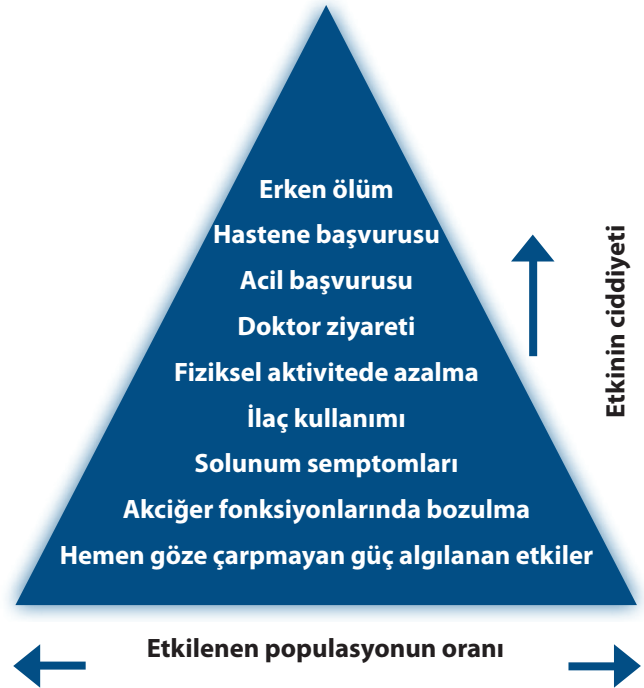
Daha fazla bilgi için hava kirliliği sağlık riski değerlendirmesi ile ilgili DSÖ uzman toplantısının raporu ve tüm arka plan belgeleri çevrimiçi olarak (DSÖ Avrupa Ofisi,2014) mevcuttur.Bu yayının hedef kitlesi, yerel, ulusal ve uluslararası düzeyde karar vericileri, çeşitli sektör ve ajanslardaki araştırmacıları ve savunucuları içerir.

1.2. Altyapı/genel bilgiler

Hava kirliliği sağlığın önemli bir belirleyicisidir(DSÖ Avrupa Ofisi, 2006). Çok sayıda epidemiyolojik çalışma,hava kirliliği ile nüfus üzerinde geniş kapsamlı olumsuz sağlık etkileri arasında bir ilişkinin olduğunu tespit etmiştir. Etkiler Şekil 1 de görüldüğü gibi subklinik düzeyde yapılan araştırmaların hemen göze çarpmayan etkilerden erken ölüme kadar sıralanan etkilere sahip olduğu anlaşılmaktadır. (Samet&Krewski, 2007)

Bazı gruplar örneğin yaşlılar, çocuklar, hamile kadınlar ve astım gibi altta yatan bir hastalığa sahip olan insanlar daha fazla risk altında olup hava kirliliğine maruz kaldığında daha ciddi sağlık etkileri gelişebilmektedir. Buna ek olarak yoğun trafik güzergahında bulunan ve belirli mesleki yada sosyoekonomik gruplarda yaşayan insanlar dış ortam hava kirliliğine maruz kalabilmektedirler. (DSÖ Avrupa Ofisi, 2005)

Şekil 1. Hava Kirliliği Sağlık Piramidi



Kaynak: Samet&Krewski, 2007 den alıntı yapılarak Taylor&Francis Ltd. izni ile yeniden yapılmıştır.

Ortam havasındaki mevcut kirlilik genellikle karmaşık bir yapıdadır. Sonuç olarak, olumsuz sağlık etkileri gözlenen epidemiyolojik çalışmalar her bir hava kirleticisi ve karışımındaki diğer kirleticiler ile ilişkilendirilebilir. Sıklıkla bu çalışmalarda incelenen hava kirleticileri partiküler madde (PM), karbon siyahı, ozon (O_3) azot dioksit (NO_2), azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO_2), karbonmonoksit, ağır metaller veya siyah duman hava kirleticilerinden oluşan karışımı temsil edebilir. Bu husus, özellikle ortam havasındaki PM'ye maruz kalmanın sağlığa etkisiyle ilgilidir. PM, birincil emisyonlardan (örneğin, yanma kaynaklı kurum, rüzgar kaynaklı deniz tuzu ve toprağın yeniden süspansiyonu) ve atmosferde ikincil parçacıkların oluşumundan kaynaklanmaktadır.

Partiküler madde; $2.5\mu m$ 'dan ($PM_{2.5}$) veya $10\mu m$ 'dan (PM_{10}) daha küçük parçacıkların kütle konsantrasyonu ve çok daha ince parçacıklar veya kimyasal bileşikler (örneğin siyah karbon, organik bileşikler ve ağır metaller) olarak nitelendirilebilir.

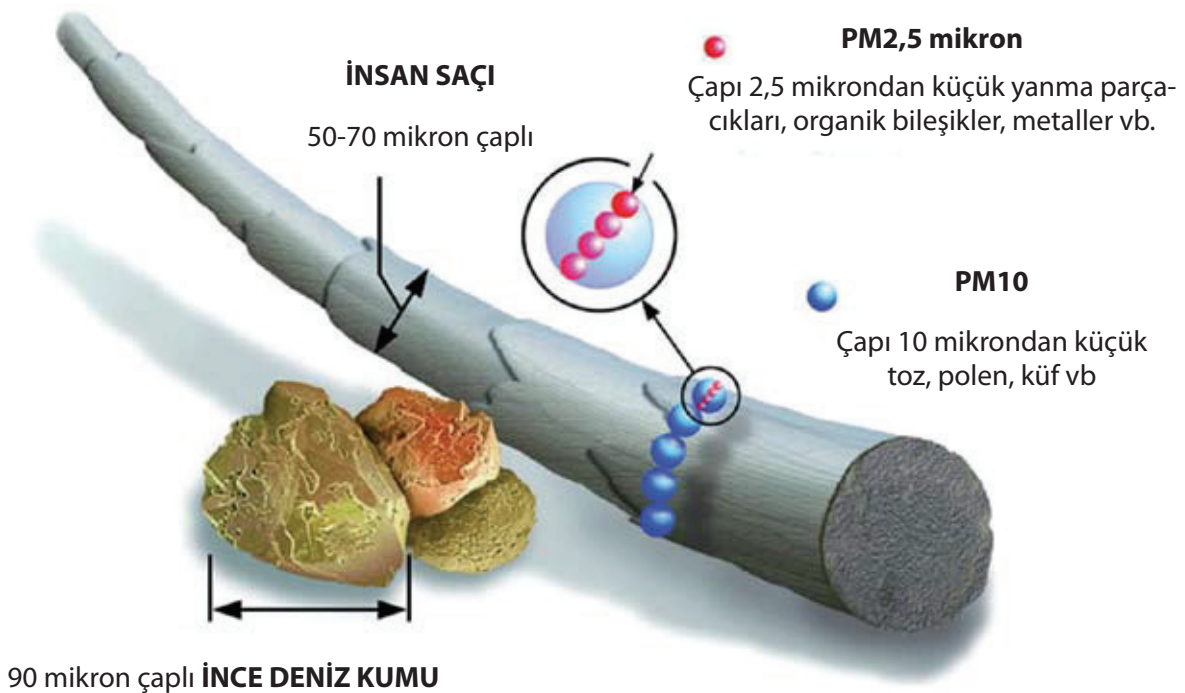
Epidemiyolojik ve toksikolojik kanıtlar PM kütlesinin ($PM_{2.5}$, PM_{10}) ihtiva ettiği oranların, farklı derecelerdeki

sağlık etkilerinin ve çeşitli türlerinin göstergesidir. (DSÖ Avrupa Ofisi, 2013) Spesifik emisyon kaynağına göre kirleticilerin farklı partikül boyutları, kompozisyonu ve karakteristiği ilgili olacağından dolayı daha uygun bir gösterge olabilir. Bu nedenle, karbon siyahı yol trafiğindeki egzoz emisyonları için daha hassas bir gösterge iken; PM_{10} , yol tozunun tekrar süspansiyon haline getirilmesinin etkisi göz önüne alındığında daha uygun bir gösterge olabilir (Keuken ve ark., 2012).

Bu nedenle, hava kirliliği sağlık risk değerlendirilmesinde uygun kirleticilerin kaynağını seçmek hedeflenen nüfusun maruziyeti için önemlidir. $PM_{2.5}$ birçok epidemiyolojik çalışmada araştırılmış ve farklı kaynaklardan ve farklı ortamlardan partiküler maddeye maruz kalma ile ilişkisinin riskin sağlam bir göstergesi olduğu gösterilmiştir (Lim ve ark., 2013).

Şekil 2, PM_{10} ve $PM_{2.5}$ 'in insan saçı ve ince deniz (plaj) kumu ile ilişkili olarak görece boyutlarının şematik bir genel görünümünü göstermektedir (US EPA, 2008).

Şekil 2. insan saçı ve ince deniz (plaj) kumu ile PM_{10} ve $PM_{2.5}$ in görece boyutlarının şematik bir genel görünümü



Birçok yerde hava kalitesini ve dolayısıyla insan sağlığını iyileştirmek için birçok çalışma yapılırken, birçok ülkede tarihsel olarak düşük hava kirliliği seviyelerinde devam etmekte ve olumsuz sağlık etkileri güncel hava kalitesi standartlarının altındaki seviyelerde kalmasında kanıt oluşturmaktadır. Buna ek olarak, pek çok gelişmekte olan ülkede sıkı hava kalitesi politikalarının yokluğunda emisyonların artıyor olması artan bir endişe kaynağıdır. Bu durum, özellikle kentsel alanlarda ciddi bir şekilde hava kalitesinin kötüleştiği durumlara neden olmuştur (Sağlık Etkileri Enstitüsü, 2010). Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkisinin niceliksel tahminleri artan bir öneme sahip olmakla birlikte hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik karar vericiler ve diğer paydaşlar için daha etkin yerel, ulusal ve küresel politikalar tasarlamaları ve uygulamalarına fırsat vermektedir. Bir hava kirliliği sağlık risk değerlendirmesi belirli politika sorularını cevaplandırarak bu sürece yardımcı olabilir. Gerçekten de, birçok ülkede hava kalitesini iyileştirmeyi amaçlayan yeni programlar, projeler, düzenlemeler ve politikalar karar verme sürecinin bir parçası olarak gereklidir. Diğer birçok ülkede yasal bir gereklilik olmamasına rağmen bir değerlendirme veya araştırma projesi olarak yürütülebilir. (DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2014)

1.3 Sağlık risk değerlendirmesi nedir?

Bir sağlık tehlikesi, insan sağlığı veya refahı için bir risk kaynağı olarak tanımlanabilir (Sağlık Bakanlığı, 2006). Bir sağlık riski değerlendirmesi, insanların belirli bir tehlikeye maruz kalmasından kaynaklanan potansiyel olumsuz sağlık etkilerinin bilimsel olarak değerlendirilmesidir. Bu yayın içeriği, hava kirliliğinin sağlık tehlikesi üzerine odaklanmaktadır. Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi tahmini planlanan politikalardan veya hava kalitesindeki diğer değişikliklerden kaynaklanabilecek geçmiş, şimdiki veya gelecek maruz kalma risklerini tahmin etmeyi amaçlamaktadır. (Sağlık Bakanlığı, 2006; HIP, 2014) Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi nicel veya nitel olabilir; genellikle(i) mevcut hava kirliliği miktarı, yani kirletici konsantrasyonlar, (ii) hedeflenen nüfusun

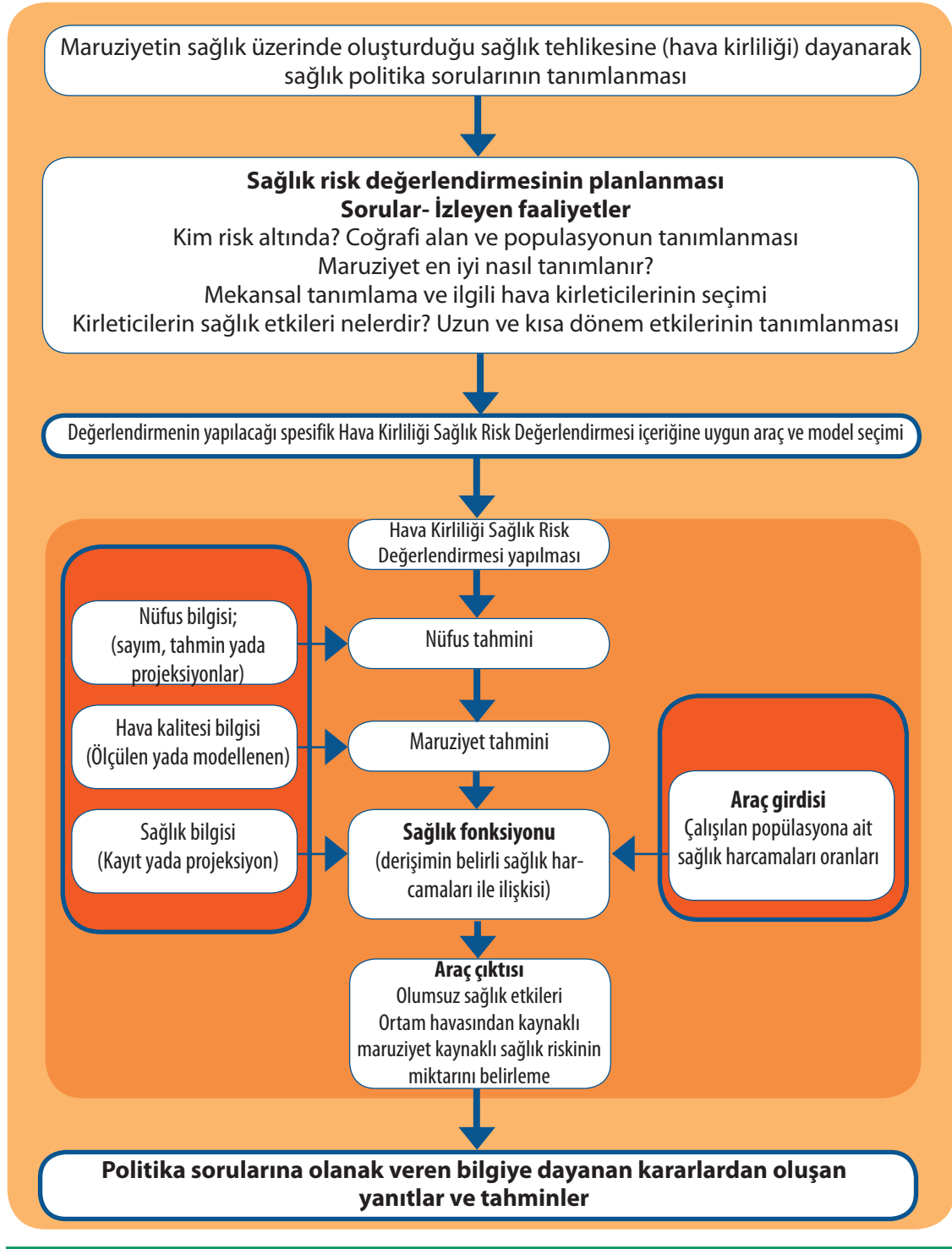
temas yüzdesi ve (iii) konsantrasyonun insan sağlığı için ne kadar zararlı olduğu, yani ortaya çıkan sağlık risklerini değerlendirir. (DSÖ, 2010). AP-HRA tarafından sağlanan tahminlerin, politika yapıcıların veya diğer paydaşların kararlarını bilgilendirmesi amaçlanmıştır. Bir AP-HRA için gerekli girdi verileri (örn. Hava kirliliği, temel sağlık istatistikleri, hava kirleticilerinin CRF'leri) her zaman mevcut olmayabilir, pek çok risk değerlendirmesi bazı veri girdi veya karakterizasyon tahminlerine veya kararlarına dayanmalıdır. Sonuç olarak, Sağlık Etki Değerlendirmesi sonuçlarının genellikle belirsizliklerle ilişkilidir ve bu da mümkün olduğunca karakterize edilmelidir (DSÖ, 2010). Ayrıca, Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmelerinin genel olarak sadece ölçülebilen sağlık etkilerinin alt kümesini içermesi ve konsantrasyon-tepki ilişkisinin mevcut olmadığı diğer sağlık etkileri ile uğraşmadığı da belirtilmelidir. İdeal olarak, halk sağlığını korumak için bir Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi mümkün olduğu kadar kapsayıcı olmalıdır; ancak çoğu durumda, Sağlık Etki Değerlendirmesi gerçek riski hafife alacaktır. Bir analitik araç olarak bir Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi, çevresel koşulları etkileyen politikalar, programlar ve projelerin sağlık üzerindeki etkilerinin kapsamlı bir değerlendirmesinin bir parçası olarak kullanılabilir bir sağlık etki değerlendirmesidir. Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi ve Sağlık Etki Değerlendirmesi farklı kavramlardır, ancak iki terim bazen birbirinin yerine kullanılabilir. Bir Sağlık Etki Değerlendirmesi aşağıdaki şekilde tanımlanabilir (DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 1999) Bir politikanın, programın veya projenin bir nüfusun sağlık üzerindeki potansiyel etkilerine göre yargılabileceği prosedürler, yöntemler ve araç kombinasyonları bulunmaktadır. «Bir Sağlık Etki Değerlendirmesi, bu etkileri yönetmek için uygun eylemleri tanımlar (Quigley ve ark., 2006).

Bir Sağlık Risk Değerlendirmesi, belirli tehlikelere ve insan sağlığı üzerindeki etkilerine bakma eğiliminde iken, bir Sağlık Etki Değerlendirmesi daha geniş bir perspektif alır. Örneğin, bir kentte veya yakınında yeni bir sanayi sitesi inşası planlanırken, Sağlık Etki Değerlendirmesi, inşaat işçilerinin, şehrin sakinleri için

istihdam olanakları ve bölgedeki mevcut tehlikelerle muhtemel tehlikeler birikmesi yoluyla kent nüfusu üzerindeki potansiyel etkisinin yanı sıra olası hava kirleticileriyle ilgili spesifik riskleri aynı zamanda gürültü, toprak ve su kirliliği gibi konulara da dikkat

çekmektedir. Bu yayının odak noktası, yukarıda verilen tanımlamalar dikkate alınarak Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi alanında olup, adımlara genel bakış Şekil 3 te yer verilmiştir.

Şekil 3.AP-HRA sürecine genel bakış(Quigley ve ark., 2006;. ABD EPA, 2012; DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2014a)



2.

Politika sorularının tanımlanması

Yukarıda özetlendiği gibi AP-HRA'nın temel amacı, planlanan politikaların muhtemel sağlık etkileri veya hava kalitesi değişimleri ile ilgili politika sorularına cevap oluşturmaktadır. Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi sıklıkla aşağıdaki politika sorularını yanıtlamak için kullanılır. (DSÖ, Avrupa Bölge Ofisi, 2014)

1. Mevcut hava kirliliği seviyeleri ile ilişkili halk sağlığı yükü nedir?
2. Bir hava kalitesi politikasının değiştirilmesi yada daha katı bir hava kalitesi standardı uygulanması ile ilişkili insan sağlığı faydaları nelerdir?
3. Belirli kaynaklardan yada seçilmiş ekonomik sektörlerden kaynaklanan emisyonların insan

sağlığına etkileri nelerdir ve onlarla ilişkili politikaların yararları nelerdir?

4. Mevcut politikanın veya uygulanan eylemin insan sağlığı üzerindeki etkileri nelerdir?
5. Değerlendirmedeki belirsizliklerin politik çıkarımları nelerdir?

Bir AP-HRA'nın sonuçları politika değişikliğinden kaynaklanan sağlık yararlarının ekonomik değerinin tahmin edilmesinde kullanılabilir. Bazı değerlendirme araçları bu adımı içermekte ve bu kapsamda elde edilen bilgiler, hava kalitesi standartlarının sertleştirilmesinin artırılması gibi politikaları iyileştirmek için de kullanılabilir.



3

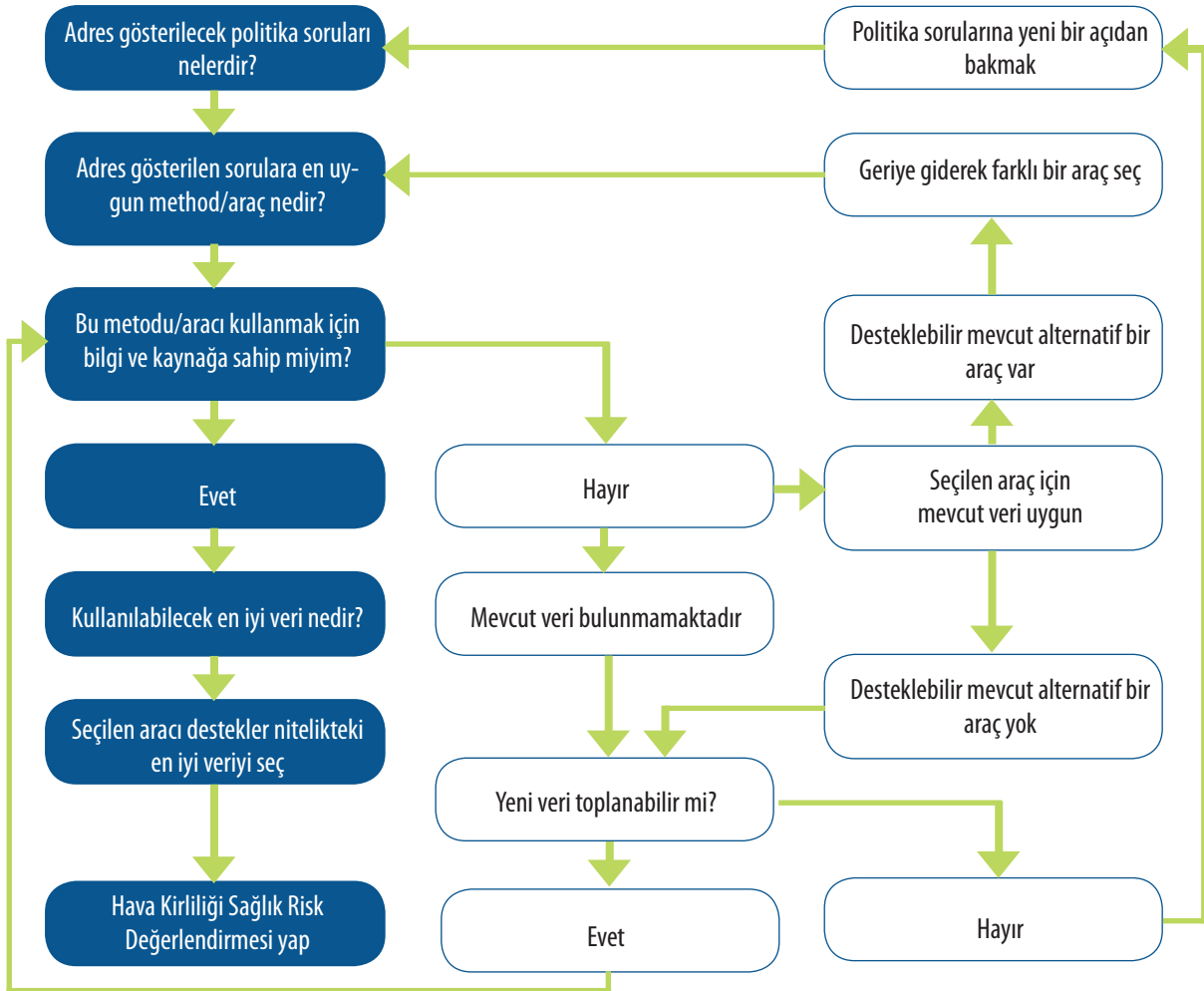
Bir Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi (AP–HRA) yürütmek için hangi bilgilere ihtiyaç vardır?

3.1 Sağlık riski değerlendirmesinin planlanması

Şekil 4, bir AP–HRA süreci için, politika sorununun tanımını, veri ve kaynakların kullanılabilirliğini belirleme ve uygun yöntem ve araçların seçimi- ni içeren bir şema karar ağacını göstermektedir. Örnek olarak (1) hava kirliliği seviyesi, (2) maruz kalmış nüfus ve (3) etkilenen sağlık sonucu (kon- santrasyon-tepki fonksiyonları) üzerine giriş veri-

leri gereklidir. Yöntemin seçimi, verilerin buluna- birlirliğine bağlı olabilir veya veri gereksinimlerini belirleyebilir. Ayrıca, farklı araçlar, farklı iş yükü ve farklı uzmanlık seviyeleri gerektirir. Kullanılabilen çeşitli araçlara ilişkin ayrıntılı bir açıklama, bölüm 5’de sunulmuştur.

Şekil 4. Seçimlerin sırası ve geribildirim döngülerinin gösterildiği Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi Karar ağacı



Veri gereklilikleri ve mevcut durum faktörleri dikkate alınarak dayanarak sorular cevaplandırılabilir.(DSÖ, Avrupa Bölge Ofisi,2014)

1) Aşağıdakilere ilişkin politika sorusu ve ilgili olay veya durum, veri ihtiyaçlarını tanımlayacaktır.

* Kimler etkileniyor? Örneğin, belli yaş grupları (çocuklar, yaşlılar), spesifik hastalıklara duyarlı insanlar, belirli mesleki veya sosyo-ekonomik gruplar gibi hedeflenen nüfustaki belirli alt popülasyonları dikkate almaya ihtiyaç var mı?
* İnsanlar hava kirliliğinden nasıl etkiliyor? (AP-HRA)da hangi sağlık sonucunun değerlendirileceği, örneğin ölüm, hastaneye yatış, belli bir hastalığın görülme oranı veya iş kaybı mevcut mu?

2) * Belli bir durumda belirli bir nüfus için maruz kalımı tanımlamak ve sağlık riskini tahmin etmek için hangi önemli kirlenici göstergeler dikkate alınmalıdır? Bu, politika sorununun, örneğin belirli kaynaklardan gelen hava kirliliği emisyonları, belirli mevzuatın uygulanmasının etkisi veya genel olarak hava kalitesi ile ilgili olup olmadığına bağlı olacaktır. Ölçülen hava kalitesi verileri kullanılıyorsa örneğin kentsel arka plan seviyeleri, trafik emisyonları veya durağan endüstriyel vb. hangi ölçüm verilerine ihtiyaç duyulur?
*Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesinde değerlendirilecek meselenin veya sorunun mekansal kapsamı nedir? (belirli bir şehir bir şehir içindeki belirli yerler, birden fazla şehir, bir bölge, bütün ülke veya daha geniş bir alan)
* Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesinde değerlendirilecek meselenin veya sorunun zamansal kapsamı nedir? (Belirli bir olaydan önce veya sonra belirli bir olay sırasında veya sonrasında, ya da geçmiş verilerin gelecek projeksiyonla belirli on yıllar, yıllar mevsimler ve günlerin karşılaştırılması)

3) Aracın seçimi, aşağıdakilere ilişkin olarak veri ihtiyaçlarını tanımlayacaktır.

* Hava kirliliği ve nüfus verileri ile ilgili belirli bir şehir bir şehir içindeki belirli yerler, birden fazla şehir,

bir, bir bölge, bütün ülke veya daha geniş bir alan gibi hangi mekansal kapsama ihtiyaç vardır?

*Hava kirliliği ile ilgili günlük, aylık, yıllık ortalama gibi hangi zamansal kapsama ihtiyaç vardır?

*Sağlık verisinin hangi zamansal kapsama ihtiyacı vardır?Günlük olay sayısı, hastane başvurusu, günlük ölüm veya yıllık ölüm sayısına bir ihtiyaç var mı?

* AP-HRA için gerekli veriler mevcut mu? Temel halk sağlığı ve nüfus verileri gibi veri ihtiyaçlarını karşılayan bir veritabanı var mı?

* Hava kirliliği ölçümleri var mı, yoksa modellenmiş veriler mi? İlgili maruz kalma verilerini, etkilenen popülasyonun maruz kalmasına açıklık kazandıran zamansal ve mekansal bir kapsamda modellenilebilecek araçlar var mı? Yeterli kalitede veri var mı, uygun izleme protokolleri kullanılıyor mu ve kalite güvencesi veya kontrol sürecinden geçtiler mi?

*Konsantrasyon-tepki ilişkisini açıklayan daha önce yapılmış sağlık çıktıları ile ilgili bir çalışma var mı?

*Belirlenen bir sağlık çıktısının hava kirliliği kaynaklı etkisi nüfusun ne kadarını ilgilendirmektedir? Sağlık çıktısı için temel istatistikler nelerdir? Örneğin belirli sağlık sonuçlarında gözlemlenen olumsuz sağlık etkisinin veya değişiminin hava kirliliği veya hava kalitesindeki değişikliklerle ne kadar ilişkilendirilebilir? Karşılaştırma için kullanılabilecek bir kontrol alanı veya kontrol popülasyonu verileri var mı?

4) İstenen veriler belirlendikten sonra, verilerin kullanılabilirliği değerlendirilmelidir.

İstenilen tüm veriler mevcutsa, bir sonraki adıma geçmek mümkündür. Aksi halde, daha fazla veri toplanmalıdır, farklı bir araç seçilmelidir veya farklı bir politika sorusu sorulmalıdır.

5) Hava kirliliğine maruz kalma, sağlık ve nüfus ile ilgili mevcut verilerin derlenmesinden sonra,

cevaplandırılacak spesifik politika sorusuna göre hava kirleticilerine maruz kalmayla ilişkili sağlık etkilerini değerlendirmek için mevcut veriler kullanılır. Bu, aşağıdaki adımları içerir.

- a. Değerlendirilen nüfusun maruziyetini tahmin edin.
- b. Maruziyet tahminlerini ve temel sağlık çıktıların oranlarını ve bu kapsamda konsantrasyon-tepki ilişkisini tanımlayan girdi verilerini kullanın. Bu, nüfus için tahmini maruz kalma ile ilişkili sağlık riskinin değerlendirilmesine imkan sağlayacaktır.
- c. İsteğe bağlı ek bir adım olarak, parasal maliyeti veya sağlık etkilerinin yararlarını ölçmek için ekonomik bir değerlendirme yapılabilir. Bazı AP-HRA araçları bu adımı içermektedir.

3.2 Populasyonun hava kirleticilerine maruziyetinin tahmin edilmesi

Ölçülen hava kirliliği verilerine dayanan nüfus maruziyeti tahminleri genellikle sınırlı bölgesel yada ulusal izlemelerden gelmektedir. Hava kirliliği ölçümlerine dayalı tahmini nüfus maruziyeti sıklıkla coğrafi alan ve zaman gibi kısıtlar içerir. Ayrıca, ölçümler genellikle farklı yerlerden, farklı prosedürler ve teknikler kullanılarak elde edildiğinden, verileri bağdaştırmak zor olabilir. (DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2014) Tek bir yerde kullanılan yöntemler bile zamanla değişebilmektedir. Uydu ve uzaktan algılama, küresel kimyasal taşıyım modelleme, arazi kullanım regresyon modelleri ve yüksek çözünürlüklü yerel dağılım modellerinin mevcut zemin tabanlı izleme ile bir araya getirme konusundaki son gelişmeler daha fazla kirlenmiş ve verisi zayıf bölgelerin kilit hava kirletici göstergeleri ile ilgili mevcut veri artışı ile bilginin elde edilmesini sağlamıştır. (Brauer ve ark., 2012; Hoekve ark., 2008; Paciorek ve Liu, 2012; UNECE, 2010; van Donkelaarve ark., 2010).

Emisyonların veya kirletici konsantrasyonların varsayımsal bir değişikliğinin bir sonucu olarak popülasyonmaruziyetindeki değişimi tahmin ederken, izleme verileri bir başlangıç seviyesi olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, hava kalitesi modellemesinin politikalar

ve teknolojik yeniliklerden kaynaklanan gelecekteki konsantrasyon değişikliklerini tahmin etmesi gerekmektedir.

3.3 Sağlık riski tahmini

Bir toplumda hava kirliliği riski genelde epidemiyolojik araştırmalardan elde edilen göreceli risk (RR) tahminlerine dayanan bir konsantrasyon-tepki fonksiyonuyla temsil edilir. RR yüksek oranda hava kirliliğine maruz kalmış bir popülasyonla daha az düzeyde maruz kalan nüfustaki olumsuz sağlık çıktılarının (örn. Erken ölüm, kalp krizi, astım atağı, acil başvurusu, hastane başvurusu) ihtimalini tanımlamaktadır. Tipik olarak, RR kirletici konsantrasyonlarda belirli bir artış ile ilişkili olarak değerlendirilen sağlık çıktısındaki oransal artışın $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yada ppb cinsinden ifadesi olarak açıklanır (Katsouyanni, 2003). Belirli bir popülasyona ait riski tanımladığından RR tahmininin belirli bir kişi ile ilişkilendirilemeyeceğine dikkat etmek oldukça önemlidir. (Avustralya Sağlık Başkanlığı, 2012; McAuley&Hrudeys, 2006).

Belli bir soruyu yanıtlamaya yönelik faydalı tavsiyeler sağlamak için, AP-HRA spesifik bir sağlık son noktasını veya belirli bir popülasyona sağlık son noktası veri grubunu değerlendirir. Analiz, nüfusun olası tüm gruplarında muhtemel olumsuz sağlık etkilerinin tamamını kapsamamaktadır.

AP-HRA araçlarında kullanılan Konsantrasyon – Tepki Fonksiyonları(CRF) tipik olarak belirli bir sağlık sonucu için mevcut olan epidemiyolojik kanıtlara dayanmaktadır. Bazıları ise insanların veya hayvanların kasten bir kirleticiye maruz bırakıldığı deneylerden elde edilen kanıtlara dayanmaktadır(WHO Avrupa Bölge Ofisi, 2014). Bu nedenle, yeni bilimsel kanıtlar elde edildiğinde Konsantrasyon-Tepki Fonksiyonları yeniden düzenlenebilir. Bazı özel sağlık son noktaları veya hava kirleticiler için, mevcut verilerin sınırlı veya eski olması nedeniyle artık uygun olarak düşünülmediğinden, konsantrasyon-tepki ilişkisini tanımlamak mümkün olmayabilir. Örneğin, ultra ince partiküllere maruz kalmanın muhtemel sağlık riskleri güvenilir bir Konsantrasyon – Tepki Fonksiyonları(CRF) bulunmadığından şu anda dikkate alınıp değerlendirilememektedir(Hoek ve ark., 2010).

Bazı durumlarda, mevcut CRF'ler çok yüksek ve çok düşük konsantrasyonlar için uygun olmayabilir. Son olarak, birçok çalışmanın Avrupa ve Kuzey Amerika'da yapıldığını belirtmek önemlidir. Kirlilik seviyeleri, kirleticilerin kimyasal içeriği ve sağlık sistemleri gibi diğer konularda diğer bölgelerde çok farklılık olabilmekte ve bu CRF'yi etkileye bilmektedir. Tüm bu faktörlerin kesin olarak değerlendirilmesi anlamında hava kirliliğine maruz kalmanın sağlık riski hakkında doğrudan epidemiyolojik kanıt bulunmaması önemli bir sınırlama oluşturmaktadır. Dünyanın en yüksek kirlenmiş bölgelerin bazılarında, direkt epidemiyolojik kanıtlar ciddi bir eksikliği bulunmaktadır. Bu alanlardaki çalışmalara acilen ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü hava kirliliğinde yüksek düzeylerde kirliliğin yaşandığı bölgelerde kirlilicilerde oluşan bir birim değişikliği başına sağlık yanıtı, daha düşük kirlilik seviyesine sahip ülkelerde görüldüğünden farklı olabilmektedir. Epidemiyolojik kanıtları sınırlı veya hiç bulunmayan bölgeler için, dünyanın başka yerlerinde yapılan araştırmalardan elde edilen bilgiler bir AP-HRA yürütmek için kullanılabilir. Fakat tahmini yürütülerek elde edilecek bilgiler, değerlendirilecek bölgedeki konsantrasyon-tepki ilişkisini doğru bir şekilde tanımlamayabilir ve sonuçlarda belirsizliklere neden olabilir (bkz. Bölüm 4.1) (DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2014)

Bazı araçlar, kullanıcının belirli değerlendirmeye uygulanacak CRF'leri seçmesine izin verir, oysaki diğer durumlarda önerilen CRF'ler doğrudan aracın içine yerleştirilir. Hava Kirliliği Sağlık Risk Değerlendirmesi sonuçlarını belirli bir sağlık son noktası için üretirken ve iletirken, uzun vadeli maruziyetin etkilerinin kısa vadeli maruz kalmadan daha yüksek olduğunu akılda tutmak gerekir. (DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2013).

3.4 Sağlık etkilerinin miktarsal olarak belirlenmesi

AP-HRA'nın sonuçları genellikle atfedilebilen ölümlerin veya hastalık vakalarının sayısı, kaybedilen yılların sayısı (YLL), yeti yitimi ile geçen yılların sayısı (DALY) veya hava kirliliğine toplam maruz kalma ile ortalama beklenen yaşam süresindeki değişim ile ilişkilendirilerek raporlandırılır (DSÖ Avrupa bölge müdürlüğü, 2014).

Bu değerler farklı sağlık etkileri türlerini bir araya getirilerek bir nüfusun sağlık durumunun farklı yönlerini vurgulamak için kullanılabilir (Murray & Lopez 2013). Bu ölçümlerin nüfusun tamamına ilişkin beklenen değerleri verdiğini ve bu nüfustaki birey bazında uygulanamayacağını belirtmek önemlidir.

Atfedilen ölüm sayısı veya hastalık vakası. Bu, belirli bir periyotta ölümlerin veya vakaların oluşum oranlarının başlangıçtaki oranlar arasındaki fark olarak hesaplanır. Örneğin mevcut hastalık oranı, önceki veya gelecekte görüleceği orana veya toplam sağlık riski (sıfır maruz kalma veya bazı varsayılan eşik değer ile ilişkili olarak) arasındaki fark (DSÖ, Avrupa Bölge Ofisi, 2014).

Kaybedilen yılların sayısı. YLL erken ölümün bir sonucu olarak kaybedilen yaşam yıllarının bir ölçüsüdür. Basitleştirilmiş ifadelerle hesaplanan ölüm sayısı hava kirliliğine maruz kalma değişimlerine atfedilebilir, ölüm gerçekleştiği yaştaki standart ölüm beklentisi ile çarpılır. Bazı durumlarda sosyal değer ağırlıkları da uygulanır. (WHO, 2014) Sosyal değer ağırlıkları aşağıda YLD hesaplamasında kullanılan engel ağırlıkları sosyal rol ve yaşa bağımlı olarak farklı yaşlarda yaşanan zamana farklı değerler etkilemektedir (Murray, 1994; DSÖ, 2014). İndirim, sağlıklı yaşamın bir yılının gelecekte bir kazanıma kıyasla toplum için daha değerli olup olmadığının hesaba katılırken, yaşa göre ağırlık kayıp yılların sağlıklı yaşamın bazı yaşlardan daha fazla olduğu gerçeğini yansıtır (Murray & Acharya, 1997; SA Health, 2003). Sosyal değer ağırlıklarını uygulayan çalışmanın örneği ise "Küresel Hastalık Yüğü Çalışması Araştırması" dır.

Engellilikten dolayı kaybolan yılların sayısı. YLD engel nedeniyle kaybedilen yıllar ölçer. Belirli bir dönemdeki belirli bir sağlık sonucunun olay vakalarının sayısının, iyileşme ya da ölüm (yıllar) kadar olan ortalama süre ile çarpılarak ve hastalığın şiddetini 0 (Mükemmel sağlık)'dan 1 (ölü)'e kadar bir ölçeğe göre yansıtan engelin ağırlık faktörü ile çarpılarak tahmin edilmektedir (WHO, 2014). 2010 yılı Küresel Hastalık Yüğü Çalışması çalışması, YLL'nin hesaplanması için güncellenmiş bir

ömür beklentisi standardı kullandı ve YLD hesaplamasını, insidansa değil prevelansa dayandırdı (WHO 2014). Prevelans YLD, sık görülen vakaların sayısı ile engellilik ağırlık faktörü çarpılarak tahmin edilmiştir.

Yeti yitimine ayarlanmış yaşam yılı. Bir DALY sağlıklı bir hayatın kaybolmuş bir yılıdır. Bir toplumdaki maluliyet ile geçen yılların sayısını hastalık yükü analizinde ölçü olarak değerlendirilmekle birlikte gerçek sağlık durumu ile tüm nüfusun hastalığı olmayan ve engellilikten yoksun olarak ileri bir yaşta yaşadığı ideal bir durum sağlık durumu arasındaki boşluğun bir ölçümü olarak düşünülebilir. Belirli bir hastalık veya sağlık durumu için popülasyonun toplam DALY, YLL ve YLD nin toplamı olarak hesap-

lanmaktadır. (WHO, 2014; Murray&Lopez, 2013) Etkilerin üzerindeki tahminler sağlık faydaları analizinde parasal maliyet ve fayda konusunda daha fazla tahmine ulaştırabilir. Bazı AP-HRA araçları bu ekonomik değerlendirme aşamasını içermekte yada AP-HRA'dan sonra farklı bir aşamada yürütülmektedir. Bu sağlık yararları analizi, sağlık etkilerindeki değişikliğin ekonomik değerini vermektedir. Eğer olumlu bir değişiklik ise fayda olarak, negatif ise bir maliyet olarak düşünülebilir. Bu ekonomik değerlendirme, politikanın uygulama maliyetlerini göz önünde bulundurmamaktadır.



4.

AP–HRA’daki belirsizlikler

Bir değerlendirmedeki eksiklik, değerlendirilecek husus hakkındaki bilgilerin bir ya da birçok bilinmezliğine bağlıdır(US EPA, 2011). Belirsizliğin analizi her bilimsel çalışmaya dâhil olmalıdır. Ancak bu çalışma da “bilinen bilinmeyenler” ile kısıtlıdır. Karar vericilere ve hatta bu alanda uzman olmayan kişilere bu kompleks bilgileri açıklayıcı bir şekilde vermek oldukça önemli bir çalışmadır. AP-HRA belirsizliklerin ana kaynakları olarak aşağıda listelenmiştir(DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2014).

1. Hava kirleticileri bir karışım halinde bulunmaktadır.

Tüm bilimsel gelişmeleri rağmen halen Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkisi net olarak bilinmemektedir. (DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2014).Tüm dünyada dış ortam hava kirliliği ve sağlık ilişkisini araştıran birçok epidemiyolojik çalışmalar yapıpıp yayınlanmıştır. Bununla birlikte göz önünde bulundurmak lazım ki; belirli bir kirleticili atfedilen yan etkiler karışımında bulunan diğer kirleticiler sebebiyle de olabilmektedir. (DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2013). AP-HRA çıktılarından elde edilebilen “bilinmeyen bilmezler” bu dokümanda yer almayacaktır.

2. Temel hastalık yükü

Belirli bir hastalığın ölüm sayıları veya vaka sayılarındaki belirsizliklerin sebepleri özellikle bu veri birkaç ülkeden birden toplanırsa çeşitlilik gösterebilir. Ayrıca; geleceğe yönelik nüfus ve ölüm sayıları projeksiyonu yapılsa belirsizlik daha da artmaktadır.

3. Kirlilik maruziyet seviyesi

Hava kalitesi izlem ağı henüz tüm coğrafyayı kapsamadığından, birçok AP-HRAmaruziyet tahminlerinin bir kısmı modellemeye dayanmaktadır. Ayrıca modellemeleregelecekte öngörülen hava kirliliğinde değişimlerde oluşacak maruziyetin sonucu olarak yeni teknolojik gelişme veya yeni politika oluşturulmasında ihtiyaç duyulmaktadır. Hava kalitesi modelleri bir takım varsayımlara dayandığından, tahmini maruz kalmanın

belirli bir lokasyondaki gerçek ortam yoğunluklarıyla karşılaştığından emin olmak mümkün değildir. Hava kalitesi izlem ağı tüm coğrafyayı kapsayacak ölçüm yapılabiliyor bile olsa,tüm AP-HRA çalışmaları ya ölçümü yapılan belirli bir lokasyonyada ortalama maruziyetin tahmin edildiği model çıktılarından belirli bir alandaki hedef popülasyon için maruziyeti temsil edeceği düşünülmektedir.Tüm toplumun maruziyeti çok iyi bilinse bile bireysel maruziyet çok daha farklı boyutlarda olabilmektedir. Bu durum farklı yerlerde yaşamının yanısıra bireyin alışkanlıkları ile de yakinen ilişkilidir. Bireysel takip bireysel risk açısından daha önemlidir.

4. Konsantrasyon – Tepki Fonksiyonu

Konsantrasyon – Tepki ilişkileri epidemiyolojik çalışmalardan elde edilmişlerdir. Bu çalışmaları kaçınılmaz olarak bazı varsayımlar eklenmekte olup buda sonuçlarda belirsizliği görmemize sebep olmaktadır. Ayrıca dünyanın bazı bölgelerinde hava kirliliği konusunda epidemiyolojik kanıt ya çok azdır veya hiç bulunamamaktadır. Birçok çalışma gelişmiş ülkelerde yapılmıştır ancak bu dünyanın başka bölgelerinde de aynı çıkacak anlamına gelmemektedir. İdari veya halk sağlığına yönelik kararlar verilirken hava kirliliğine ithaf edilen ölüm oranının başka faktörlerle de ilişkisi olduğu unutulmamalıdır.

Karşılaştırmalı risk değerlendirilmesi bir çeşit AP-HRA olmakla birlikte karşılaştırmalı bir şekilde risk faktörlerinin birbiriyle olan ilişkisini açığa çıkarmak da kullanılmakta olup belirli risklere yönelik belirli yaklaşımlar gözünde bulundurulmalıdır(DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2014).Sağlık Metrik ve Değerlendirme Enstitüsü(IHME) tarafından yürütülen GBD2010 projesi karşılaştırmalı risk yönetimi gerçekleştirmiştir. Değişik faktörlerin hastalık yükü çalışması yapılmıştır bunların arasında hava kirliliği de vardır(Lim ve ark, 2013). Proje entegre maruziyet-tepki fonksiyonları geliştirilerek dış ortam hava kirliliği, iç ortam hava kirliliği, pasif ve aktif sigara içiciliği alanlarında yapılan çalışmalarından kaynaklı geniş kapsamlı maruziyete kıyasla ortam havası-

nın kıyas araştırması yapılmıştır (Lim ve ark, 2013; DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2014).

5.Hava kirliliği kritik değer düzeyi

Hava kirliliği kritik değer düzeyinde hesaplanan hava kirliliğinin sağlık etkilerine karşılık temel yada referans alınan maruziyet değeri esas alınır(DSÖ,2014b).Hava kirliliğindeki bu düzey politika sorularına cevap oluşturmak adına AP-HRALarda farklı bir şekilde tanımlanabilir. Çalışmalarda ki bu değer değişik çalışmalarda değişik standartlarla açıklanmaktadır. Örneğin ulusal eşik değeri, DSÖ değerleri veya antropojenik etkisi olmadan ölçülebilen doğal değer veya çalışma esnasında ölçülen en düşük değer baz olarak alınabilmektedir. Kritik değer düzeyindeki belirsizlik bazı daha önceki mevzuat değerlerinin etkisi hakkında bilgi eksikliği veya kirliliğin teorik minimum seviyesinden kaynaklanıyor olabilir(DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2014). Daha önce de bahsedildiği gibi hava kirliliği kritik değer eşiği seçimi bir belirsizlik değildir. AP-HRA çalışmalarının sonuçları bu konuda gerekli hassasiyeti sahiptir.

6. Modelin kasten basitleştirilmesi

Çalışmalarda ki pratiklik gerekçelerinden dolayı modelde basitleştirme getirmesi gerekebilir, bu da belirsizliği arttırabilir (DSÖ,2005) Belirsizliğin çeşitli sebeplerini sıralanmasında amaç çıktıların

nelerin etkileye bileceğinin farkında olmak ve çalışmalarda mutlaka dikkate alınması gerektiğindendir. Belirsizliklerin başlıca sebebi CRF maruziyet tahmini anlayışından kaynaklıdır. Büyük bir olasılıkla hala belirlenemeyen belirsizlikler de vardır. Tüm bu belirsizliklere rağmen AP-HRA hala geçerli ve kullanılabilir sonuçlar verebilmektedirler. Bu nedenle, belirsizlikleri iletmek önem taşıırken, karar alıcıların AP-HRA sonuçlarını ciddiye almasını sağlamak için çalışmaların güçlü yanları da gösterilerek mesaj dengelenmelidir. Çok kaynaklı belirsizlikler; GBD 2010 Çalışmasında olduğu gibi Monte Carlo simülasyonları ile belirlenebilir (Lim ve ark, 2013).

AP-HRA tahminlerine güven analizlerdeki belirsizlik genelde ortalama etrafında olan güven aralığı şeklinde ifade edilmektedir. (DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2014) Yapılan çalışmalarda geleneksel sonuçların kesinliğinin tahmini olarak %95 güven aralığı kullanılmaktadır. Bunun anlamı yapılan 100 çalışmadan 95'inde doğruyu bulabileceğimizi ifade etmektedir. (Scott, 2008; US EPA, 2015)

Ek 3'te GBD 2010 belirsizlik tahminleri ve örnek olarak ortalamanın etrafında olan güven aralığı gibi nümerik aralıklar gösterilmektedir(Lim ve ark, 2013).



AP-HRA çalışmalarında otomasyon sağlayabilecek bazı bilgisayar tabanlı programlar mevcuttur. Bu programlar kullanıcılara çeşitli avantajlar; basitlik (değerlendirmeleri yürütmek için engellerin kaldırılması), tutarlılık değerlendirmeler arası karşılaştırabilirdik ve kalite güvencesi sunmaktadır. Çoğu uygulama benzer yaklaşımlar kullanmakta olup epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen konsantrasyon-tepki fonksiyonları ve populasyon-maruziyet seviyesi üzerinden sağlık etkisi hava kalitesindeki değişikliğe atfedilebilmesi bunlardan bazılarıdır. Bu programlar genel olarak sağlık ve demografik verilerle, konsantrasyon-tepki fonksiyon-

larıyla yüklüdür, bazıları ise kullanıcıya özel veri giriş imkanı da sağlamaktadır. Diğer yandan programlar birçok bakımdan birbirlerinden farklıdır, analistler değerlendirmede kendilerine en uygun programı seçmek durumundadırlar. Sağlık riski değerlendirme araçları 2014 yılı mayıs ayında DSÖ uzman toplantısında teknik ve operasyonel özellikleri değerlendirilmiştir.12 adet hava kirliliği ve sağlık değerlendirme aracı ile ilgili bilgi toplandı (Tablo 1). Programlar hakkında detaylı bilgi birçok yerde bulunabilmekte olup uygulamaların birçoğu ücretsiz olarak elde edilebilir. Ekte örnekler mevcuttur (DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, 2014).

Tablo 1. Hava kirliliği Sağlık Etkileri Değerlendirme Araçları (Yazılımları)

ARAÇ	GELİŞTİREN KURUM	COĞRAFİ KAPSAM	SAĞLIK ÇIKTISI
AirCounts	Abt Associates	Küresel (42 şehire ek 3000 gelişmekte olan)	Mortalite
AirQ2.2 (update under development)	World Health Organization	Spesifik nüfus, mortalite ve morbidite verisi olan	Mortalite ve Morbidite
Aphekom	French Institute of Public Health Surveillance	Küresel (güncel versiyon Avrupa odaklı)	Mortalite ve Morbidite
Economic Valuation of Air Pollution (EVA)	Aarhus University	Kuzey yarım küre, kıtalar, ülkeler, şehirler	Mortalite ve Morbidite
EcoSense	University of Stuttgart	Avrupa	Mortalite ve Morbidite
Environmental Benefits Mapping and Analysis Program – Community Edition (BenMAP-CE)	US Environmental Protection Agency	ABD ve Çin ön yüklemeli, diğer bölgeler verisi girilmeli	Mortalite ve Morbidite
Environmental Burden of Disease (EBD) Assessment tool for ambient air pollution	World Health Organization	Küresel	Mortalite ve Morbidite
GMAPS ²	World Bank	Küresel	Mortalite ve Morbidite
IOMLIFET	Institute of Occupational Medicine	Mortalite ve hava kalitesi verisi bulunan her bölge çalışılabilir	Mortalite ve Morbidite
Rapid Co-benefits Calculator	US Environmental Protection Agency, Stockholm Environment Institute	Küresel tüm gelişmekte olan ülkeler	Mortalite
SIM-Air	Urban emissions	Asya, Afrika, Latin Amerika	Mortalite
TM5-FASST	European Commission Joint Research Centre	Küresel (56 bölge)	Mortalite ve Morbidite

1. Mortalite kapsadığı hastalıklar örneğin, kardiyovasküler hastalıklar, solunum yolu hastalıkları, hastane başvuruları, acil baş vuruları, raporlu gün sayısı. Tüm yazılımlar aynı hastalıkları kullanmamaktadır.

2. bu yazılım artık güncellenmemektedir. Sayfasından da indirmeye açık değildir.

Sıklıkla ilk husus aracın kapsadığı coğrafya yada mekansal kapsama bilgileridir. Coğrafi alan mekansal kapsamdan farklı olup kapsama ait verilerdeki hassasiyeti ifade etmektedir.Örneğin tüm dünyayı kapsayan bir program aynı zamanda ülkelere ve şehirler skalasında da çalışabilmelidir.Mevcut araçların özelliklerinin göz önünde bulundurularak ihtiyaçlara göre eşleştirilmelidir, programı seçerken diğer önemli bir husus araştırmanın başında sorulan politika sorularına yeterli cevap verebilmesidir. Araçlara ait teknik detaylar aşağıda sıralanmıştır:

- Kapsadığı kirleticiler:

Bir çok program PM (PM10 ve PM2,5) ve ozon eşik değerleri ile programlanmıştır. Bazıları NOX, SOX, karbonmonoksit, ağır metalleri vb. kapsamaktadır.

- Ölçülen sağlık sonuçları:

Listede yer alan programlarda erken ya da ortalamanın üzerindeki ölüm sayıları üzerinden sağlık etki değerlendirmesi yapılmaktadır. Bazı programlar ise kaybolan yaşam yılları veya engellilikten dolayı kaybedilen yıllar ve vaka sayıları çalışması yapabilmektedir.

- Kapsam:

Bazı programlar hava kalitesi değerlerini bir ızgara şeklinde bölmekte, bazı programları ise coğrafik yapıları örneğin şehir ülke ya da il şeklinde göz önünde bulundurarak değerlendirmektedir. Hava kalitesi ve maruz kalan topluluk bu hücreler içerisinde ayrı ayrı değerlendirilmektedir. En uygun program araştırma yapılacak bölgeyi olabildiğince kapsamalıdır.

- Maruziyetin karakteri:

Programların birçoğu hava kalitesi modellemesi üzerinden beklenen maruziyeti hesaplanmaktadır, bazı programlar ise hava kalitesi izleme istasyonlarından doğrudan veri çekebilmektedir. Bazı programlar tüm hava kalitesi modelinde kullanılmaktadır sebebi ise atmosferdeki kirleticilerin karışık kimyasal yapısından ve değişik düzey kirleticilerin emisyon düzeyini simüle edebilir. Hava kalitesi

modellemesine ulaşamıyorsa, kapsamı daraltılmış programlarda haricen elde edilmiş verileri girerek önden programlanmış olan emisyon ile limit değerler üzerinden genişletilmiş sağlık etki değerlendirilmesi ve tahminleri elde edilebilir. Değerlendirme içeriğinin coğrafi kapsamı, hava kalitesi modeli ve sağlık etki değerlendirmesi epidemiyolojik girdileri olabildiğince birbiriyle uyumlu olmasına dikkat edilmelidir.

- Veri kaynakları:

Sağlık değerlendirmeleri genel olarak nüfus büyüklüğü, yaşa göre ölüm dağılımları, hastalık insidansları ile (istatistik bilgilerinden toplanır) konsantrasyon-tepki fonksiyonlarına dayandırılır. Bazı programlar herhangi belirli bir kaynaktan veri almakta yeterince esnektir ancak bazı programlar belirlenmiş kaynaklardan analizi yapacak kişi tarafından verilen karar neticesinde veri çekebilmektedir. Mevcut programlar bir dizi işlevsel özelliklere sahiptir, kaynakları ve uzmanlığı da içeren yetenekleri ve kısıtlamaları da dikkate alınmalıdır. Temel işlevsel özellikler aşağıda listelenmiştir.

- Format:

Bazı programlar kullanıcı tarafından indirilip kurulması gereken istemci tabanlı yazılım programlarıdır. Bu araçlar sağlık etki fonksiyonlarının, nüfusun ve sağlık verisinin tanımlanabildiği geniş veri setleri de içerir. Bu tür programlar genellikle karmaşıktır ve kullanıcıların bunları kullanmayı öğrenmek için zaman ve kaynak ayırmaları gerekebilir.Bazı programlar ise bütüncül bir uygulamanın alt programlarına ulaşıp kullanılabilir (örnek Microsoft Excel gibi). Bu uygulamalar ücretli olmasına karşılık birçok analist Microsoft office veya Excel uygulamalarını bildiği için ayrıca bir eğitimi gerek görmeyebilir. Bazı programlar ise web tabanlı olup kullanıcıların bir program indirmeden veya kurmadan hava kirliliği ve sağlık değerlendirmelerine olanak tanır. Web tabanlı uygulamalar özellikle teknik bilgisi olmayan analistler için, kapsamlı ve yüksek çözünürlüklü sağlık etki değerlendirmesi yapmak için ancak veri kaynakları sınırlı olan ülkelerde kullanımı uygun görünmektedir. Web tabanlı programlardan

bazıları online olarak kullanıcı eğitimleri verebilmektedir (örn. Benmap-CE, IOMLIFET, SIM-Air)

da değerlendirmelidirler.Tablo 2'nin kullanımı en iyi birkaç kurgusal örnek vasıtasıyla gösterilebilir.

- Kompleksite (karmaşıklık) :

Burada açıklanan araçlar teknik karmaşıklık ve ulaşılabilirlik açısından çeşitlilik göstermektedir. Kullanıcılar teknik karmaşıklıkla başa çıkma becerileri ve politika bağlamında çağrıda bulunan belirlilik seviyesi arasında bir denge bulmalıdırlar.

- Emsal değerlendirmesi ve politik ayarlar:

Araştırmacılar bir program üzerinde karar vermeden önce o programla ilgili değerlendirmelerin ne oldu hangi kararları vermekte kullanıldığı ve açık kaynak olup olmadığına bakmalıdır. Bazı programlar bağımsız kuruluşlarca değerlendirmeye tabi tutulmuştur ve karar vericiler tarafından kullanılmıştır(örn.US EPA ulusal hava kalite standardı). Açık kaynaklı kodların en önemli özelliği program içerisinde kullanılan ilişkileri ve formülasyonu da açık durumda oluşudur(Anenberg ve ark., 2015).

- Bakım derecesi:

Kullanılan programın zaman zaman geliştirildiği veya güncellenip güncellenmediğine de bakmalıdır. Hava kalitesinin sağlık etkilerine etki edecek veriler de sürekli güncel tutulmalıdır.

Tablo 2'de AP-HRA gerçekleştirilirken göz önünde bulundurulması gereken iki hususa dair programlar sınıflandırılmıştır.

1) Maruziyete dair veriler kullanıcı tarafından girilmelidir(ölçülen kirletici değerler ve eşik değerleri)

2) Coğrafi kapsam(ülke, bölge veya şehir gibi).

Mutlaka dikkat edilmesi gereken bir üçüncü husus ise kirleticilerin kendileridir. Tablo 2 böylece bu 3 faktör ışığında programların hangi amaçlarda kullanılabileceğine dair ipuçları vermektedir. Analistler kullanacakları programın diğer özelliklerinin araştırmalarına uygun olup olmadığını

1. Uluslararası bir kalkınma örgütü şehirlerdeki toplu taşıma sistemlerinin iyileştirilmesi ile ilişkin PM2,5 azaltılmasının sağlığa olan faydalarını tahmin etmek istemektedir. Emisyon azaltım tahminleri vardır ancak ortaya çıkan PM2,5 konsantrasyon değişikliklerini taklit edecek kaynakları yoktur. Tablo 2 göstermektedir ki; a) emisyon tahminlerini okumak, b) Şehir düzeyinde çözüm üretmek ve c) PM2,5 sağlık etkileri de sayısallaştırmak için Air Counts, SIM-Air, Aphekom ve EcoSense gibi araçlar kullanıma uygun olabilir.

2. Bir sanayi ülkesinin Çevre Bakanlığı'nda çalışan bir analist, bir enerji santrali tarafından salınan PM2,5 ve Ozon'un azaltılması ile ulusal sağlık yararlarını araştırmak istiyor. Emisyonu tahmin etmek ve konsantrasyon değişikliklerini simüle etmek için kaynakları da vardır. Buna göre Tablo 2'deki EBD ozonu dikkate almadığından hariç tutularak BenMap-CE, AirQ2.2, IOMLIFET ve EVA gibi herhangi bir programı kullanabilir.

3. Gelişmekte olan bir ülkenin Çevre Bakanlığı'nda çalışan bir analist, yeni dizel araç emisyon standartlarını benimsemenin ulusal PM2,5 ile ilgili sağlığa ilişkin faydalarını tahmin etmek istiyor ancak hava kalitesi modellemesini yürütmek için hiçbir kaynağa sahip değil. Analist emisyonları okuyan ulusal ölçekte çalışan ve PM2,5 sağlık etkilerini nicelleştiren CO-benefitcalculator, TM5-FASST veya Eco-Sense gibi bir araç kullanmayı düşünebilir.

Tablo 2: Kullanıcının ihtiyaç duyduğu maruziyetin karakterizasyonu, mekansal kapsamı ve kirleticiler gibi girdiler kapsamında kullanılabilir araçların sınıflandırılması

Maruziyeti karakterize etmek için kullanıcının veri girmesi gerekir	Emisyonlar									Konsantrasyon
	Bölgesel			Ulusal			Şehir			Herhangi
Kirletici	PM _{2.5}	Ozone	Diğer	PM _{2.5}	Ozone	Diğer	PM _{2.5}	Ozone	Diğer	Herhangi
AirCounts	SIM-Air	-	SIM-Air (PM ₁₀)	Co-benefits Calculator	Co-benefits Calculator	TM5-FASST EcoSense	AirCounts™ SIM-Air AphekomecoSense	AphekomecoSense	SIM-Air (PM ₁₀) EcoSense (NO _x , SO _x , CO, heavy metals, dioxins, radio-nucleotides)	BenMAP-CE AirQ2.2 IOMLIFET EVA EBD (no ozone)



Çeşitli AP-HRA araçları, analistlerin tutarlı ve güvenilir bir şekilde farklı değerlendirme türlerini yürüterek birçok politik soruya yanıt verebilmişlerdir. Analistler değerlendirmeleri yapmak için teknik olarak en sağlıklı yöntemleri kullanmaya çalışsa da (örn. Emisyonlarda belirli bir azalma ile ilişkili kirletici konsantrasyon değişikliklerini taklit etmek için hava kalitesi modellemesi kullanmak), teknik iyileştirme maalesef erişebilirlikteki güçlüğü de beraberinde getirmektedir (Çünkü hava kalitesi modellemesi teknik açıdan zor ve fazla kaynak tüketmektedir). Bazı durumlarda etki tahmini için emisyon verilerini kullanan fonksiyonları azaltılmış bir program kullanmak yeterli olabilir.

Azaltılmış fonksiyonlu programı kullanmak kaynak yoğunluklu kimyasal ulaşım modellemesine gerek duymadan yerleşik parametreleri kullanır. Örneğin bölgesel hava kalitesi modellemesinin mevcut olmadığı ülkelerde emisyonazaltımına yönelik farklı yaklaşımların sağlıklı yararlarını tahmin etmede yardımcı olacaktır. Kaliteli verilerin bulunduğu yerlerde bile fonksiyonu azaltılmış programlar kullanmak çok sayıda senaryonun taranması için kullanılabilir ve hangilerinden daha ayrıntılı olarak değerlendirilebileceğini belirlemek için de kullanılabilir. Genel olarak analistler eldeki mevcut kaynaklar oranında maksimum derecede teknik verileri sağlayan AP-HRA araçlarına kullanılmalıdır.



6.

Sonuçlar

Dış ortam hava kirliliğinin nüfusa sağlık risklerinin karakterizasyonu etkin risk yönetim politikaları ve stratejilerin gelişmesi için önemlidir. (Samet & Krewski, 2007).

AP-HRA farklı sosyoekonomik, çevresel veya politika çevrelerinden kaynaklanan hava kirliliğinin değişimi veya hava kirliliğinin sağlık etkisini etkileyebilmektedir. Çoğu ülkelerde resmi olarak AP-HRA hava kalitesini etkileyecek yeni programlar projeler düzenlemeler ve politikalar konusunda karar verme işleminin bir parçası olarak istenmektedir. Bu yüzden karar vericiler için AP-HRA'nın niçin talimat olduğu hangi kaynak ve kurumlara ihtiyaç olduğu hangi sınırlarda değerlendirme gerektiği önemlidir. AP-HRA'nın nasıl yapılacağına ihtiyaç olduğu hangi verilerin mevcut olduğu nereden bulunacağı bu sonuçların nasıl iletileceği bu çalışmada yer almaktadır.

Çeşitli AP-HRA metodları şuanda mevcuttur. Değerlendirme için en uygun metod seçildiği zaman cevap verilecek politika sorusunun belirlenmesi ve bilgi verilecek dinleyiciler öncelikle belirlenir. Daha sonra en uygun metodun seçilebilmesi için değerlendirme bağlamında teknik ihtiyaçların

belirlenmesine ihtiyaç vardır. Örneğin ilgili kirleticiler, coğrafi ölçek.

Her bir değerlendirme için yeni bir model geliştirmekten ziyade mevcut otomatik metodu kullanmak daha basittir. Bu aynı zamanda değerlendirmeler arasında tutarlılığı mukayeseyi ve kalite güvencesini de geliştirir. Mevcut metodlarda belli bir aralıkta teknik özellikler (örneğin coğrafi alan, uzaysal çözünürlük ilgili kirleticiler sağlık çıktıları karakterize maruziyet metodu) ve uygulama özellikleri (metod formatı komplekslik, eşit gözden geçirme derecesi) bulunmaktadır. Kullanıcılar değerlendirme özelliklerine en uygun metodu seçmeye çalışmalıdır. Genel olarak kullanıcılar mevcut kaynaklar içerisinde maksimum derecede teknik doğruluğu veren AP-HRA metodunu seçmelidir. Girdi parametreler içinde hatanın olası çeşitli nedenlerini dikkate alan güvenlik aralığı ile beraber AP-HRA neticeleri sunulmalıdır. AP-HRA neticeleri ve belirsizliği karar vericilere etkin bir şekilde sunmak zor olabilir. İletişim uzmanları AP-HRA neticelerini karar vericilere ve paydaşlara teknik uzmanlardan daha etkin bir şekilde sunmaya yardımcı olabilirler.



Referanslar

- Anenberg SC (2015) Dış ortam hava kirliliği sağlık risk değerlendirmesi metodlarının izlenmesi. Risk Analizi (basın)
- Aphekom (2011) *Aphekom Projesi Özet Raporu 2008–2011* http://www.aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=5532fafa-921f-4ab1-9ed9-c0148f7da36a&groupId=10347).
- Avusturalya Sağlık Departmanı (2012) *Çevre sağlığı risk değerlendirmesi. Çevresel etkiler kaynaklı insan sağlığı risklerinin değerlendirmesi konusunda kılavuzlar* (online). Canberra, Hükümet Sağlık Dairesi
- Brauer M et al. (2012) Küresel hastalık yükünün dış ortam hava kirliliğine katkı tahmini ile ilgili maruziyet değerlendirmesi. *EnvironmentalScienceandTechnology*, 46: 652–660.
- Burnett RT et al. (2014) Küresel Hastalık yükünün dış ortam partikül madde maruziyetinin tahmin etmek için entegre risk fonksiyonu. *EnvironHealthPerspect.* 122: 397– 403.
- Chanel O et al. (2014) 20 Avrupa şehrinde kükürt dioksit ile ilgili düzenlemenin mortalitedeki azalmanın ekonomik değeri. *TheEuropeanJournal of PublicHealth*, 24(4):631–637.
- Sağlık Dairesi (2006) *Batı Avustralya sağlık risk değerlendirmesi*. Perth, Batı Avusturalya hükümeti (http://www.public.health.wa.gov.au/cproot/1499/2/Health_Risk_Assessment.pdf).
- Fann N, Risley D (2013) Partikül Madde 2,5 ve Ozon Hava kalitesi gelişmeleri ile ilgili halk sağlığı durumu. Hava Kalitesi, Atmosfer ve Sağlık 6: 1–11 <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11869-010-0125-0>).
- Forouzanfar MH et al. (2015) 188 ülkede 79 davranış çevresel mesleki ve metabolik risklerin küresel bölgesel ve ulusal karşılaştırmalı risk değerlendirmesi 1990–2013: Küresel Hastalık Yük Çalışmasının Sistemik analizi 2013. *TheLancet* ([http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00128-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00128-2)).
- Sağlık etkileri kurumu 2010)Asyanın gelişmekte olan ülkelerindeki dış ortam hava kirliliği ve sağlık: kapsamlı bir gözden geçirme. Özel rapor 18. Boston, Sağlık Etkileri Kurumu (<http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=602>).
- HIP (2014) sağlık etki değerlendirmesinin çevresel etki değerlendirmesine entegrasyonu konusunda sık sorulan sorular. (online) sağlık etki ortakları (<http://www.epa.gov/region9/nepa/PortsHIA/pdfs/FAQIntegratingHIA-EIA.pdf>).
- Hoek G et al. (2008) Dış ortam hava kirliliğinin mekânsal değişimini değerlendirmek için arazi bozulma modellerinin gözden geçirilmesi. *Atmosferik çevre*, 42: 7561–7578.
- Hoek G et al. (2010) Çok ince partiküller ve mortalite nedenleri konusunda konsantrasyon cevap fonksiyonları: Avrupa uzman panel neticeleri. *Çevresel bilim ve teknoloji*, 44: 476–482
- Katsouyanni K (2003) dış ortam hava kirliliği ve sağlık. İngiliz tıp bülteni 68: 143-156 (<http://bmb.oxfordjournals.org/content/68/1/143.full.pdf>).
- Keuken MP et al. (2012) trafik tedbirlerinin hava kalitesi ve sağlık üzerine etkilerini değerlendirmede indikatör olarak elementer karbon. *Atmosferik çevre* 61: 1–8.
- Krewski D et al. (2009) partiküler hava kirliliği ve mortalite konusunda Amerikan kanser cemiyetinin yaptığı çalışmanın mekânsal analizi ve takibi *ResRepHealthEffInst*, Rapor 140: 5–114; discussion 115–36.
- Le Tertre A et al. (2014) 20 avrupa şehrinde avrupadaki yakıttaki kükürt içeriğinin azaltılmasının yasal değişikliğinin günlük mortaliteye etkisi: Aphekom projesinden alınan verilerin analizi. Hava kalitesi atmosfer ve

sağlık 7: 83–91.

Lim SS et al. (2013) 21 bölgedeki 67 risk faktörü ve risk faktörü kümesine atfedilen hastalık yükü ve yaralanma yükünün karşılaştırmalı bir risk değerlendirmesi 1990–2010: Küresel Hastalık Yükü Çalışması 2010 için sistematik bir analiz. *Lancet*, 380: 2224–2260.

Lim SS et al. (2013) 21 bölgede 67 risk faktörüne atfedilen yaralanma ve hastalık yükünün karşılaştırmalı risk değerlendirmesi 1990–2010: 2010 yılı küresel hastalık yükü çalışması ile ilgili sistematik analiz *Lancet*, 380: 2224–2260.

McAuley C, Hrudey SE. (2006) ekşi gaz tesisi risk değerlendirmesinin anlamlı paydaş kapsamına doğru *Çevre Mühendislik ve Bilim dergisi* 5: 1–11 (<http://dx.doi.org/10.1139/s05-012>).

Medina S et al. (2013) Dış ortam hava kirliliğinin sağlık etkilerinin nitelendirilmesi: Kamu Sağlığı Eylemi İçin Faydalı Tahminler *J Epidemiyol Halk Sağlığı* 67: 480–3.

Murray CJ (1994) Hastalık Yükünün Nitelendirilmesi: Yeti yitimine ayarlanmış yaşam yılı için teknik esaslar. *Dünya Sağlık Örgütü Yayını* 72: 429–445 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2486718/pdf/bullwho00414-0105.pdf>).

Murray CJ, Acharya AK (1997) Yeti yitimine ayarlanmış yaşam yılını anlama *J Health Econ*, 16: 703–30.

Murray CJL, Lopez AD (2013) Küresel Hastalık Yükünün Ölçülmesi. *Yeni İngiltere Tıp Dergisi* 369: 448–457 (<http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra1201534>).

Paciorek CJ, Liu Y (2012). Doğu Amerikadapartikül Madde 2,5 ve Aerosol Optik Derinliği arasındaki ilişkinin istatistiki modellemesi ve değerlendirmesi *Araştırma arporu* 167. Sağlık Etkileri Kurumu (<http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=718>).

Pascal M (2013) 25 Avrupa Şehrindeki Şehir Hava kirliliğinin Halk Sağlığı etkilerinin Değerlendirmesi: Aphekom Projesinin Neticeleri. *Toplam Çevre Bilimi*, 449: 390–400.

Quigley R et al. (2006) Sağlık Etki değerlendirmesinin Uluslararası En İyi Uygulamalarının İlkeleri(online) Fargo, USA; Etki Değerlendirme Uluslararası Derneği (<http://www.iaia.org/publicdocuments/special-publications/SP5.pdf?AspxAutoDetectCookieSupport=1>).

SA Health (2003) Güney Avustralya Hastalık Yükü Çalışması: Geçmişi ve Tartışmalar. İndirim Ve Yaş Ortalaması [online]. Adelaide; Güney Avustralya Hükümeti. (<http://www.sahealth.sa.gov.au/wps/wcm/connect/1d94008048002172bd3bfd7675638bd8/Discounting+and+Age+Weighting-PIGR-SABoD-20110808.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=1d94008048002172bd3bfd7675638bd8&CACHE=NONE>).

Samet J, Krewski D (2007) Dış Ortam Hava kirliliğine Maruziyeti Sağlık Etkileri. *Toksikoloji Ve çevre Sağlığı Dergisi Part A* 70, 227–242 <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15287390600884644>).

Scott I (2008) terapi denemelerinde risk ve oranların yorumlanması. *AustralianPrescriber*, 31: 12–16.

US EPA (2008) partiküler madde temel bilgi (online) ABD Çevre Koruma Ajansı (<http://www.epa.gov/pm/basic.html>; giriş tarihi 26 Nisan 2015).

US EPA (2011) Maruziyet Faktörleri El Kitabı: 2011 Baskısı Washington DC; Çevre Değerlendirme Ulusal Merkezi (<http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=20563>).

US EPA (2014) Çevresel Yararlar Haritalama Ve Analiz Programı. Toplum Yayını. (v1.08). ResearchTriangle Park, NC (<http://www.epa.gov/air/benmap>).

US EPA (2015) Teknoloji Transfer Ağı Hava Toksikleri 2005 Ulusal Ölçekte Hava toksikleri Değerlendirmesi Anahtar Terim Sözlüğü (Online) ABD Çevre Koruma Ajansı (<http://www.epa.gov/airtoxics/natamain/gloss1.html>; Erişim tarih 8 Ocak 2015)

US EPA (2012) İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmesi (Online) ABD Çevre Koruma Ajansı (<http://epa.gov/>)

riskassessment/health-risk.htm).

UNECE (2010).Hava kirliliğinin yarım küresel taşınımı 2010. Kısım A: Ozon ve PM. Hava Kirliliği Çalışmaları NO 17. New York and Geneva, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/Publications/11-22134-Part-A.pdf>).

vanDonkelaar A et al. (2010) Uzun Esaslı Aerosol optik Derinlikten Dış Ortam Küçük Parçacıklarının Konsantrasyonunun Küresel Tahmini. Çevre Sağlığı Perspektifleri 118, 847.

WHO (2005). Bilimsel Belirsizlik Alanında Halk Sağlığı Politikası Klavuzu Konusunda Çalıştay – Çalıştay Raporu, Temmuz 11-13 2005 Ottawa, Canada; McLaughlin Kamu Sağlığı Merkezi Risk Değerlendirmesi, Kamu Sağlığı Kurumu, Dünya Sağlık Örgütü İle Ortak Ottawa Üniversitesi (http://www.who.int/peh-emf/meetings/WHO_Final_workshop_report.pdf?ua=1).

WHO (2010) DSÖ İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmesi Şablonu: Kiymasal Tehlikeler. IPCS Proje Doküman Uyumu; No 8 Geneva Dünya Sağlık Örgütü (<http://www.who.int/ipcs/publications/methods/harmonization/toolkit.pdf?ua=1>).

WHO (2014a) Sağlık İstatistikleri Ve Bilgi Sistemleri Metrik: Yeti yitimine ayarlanmış yaşam yılı (DALY) (Online) Geneva Dünya Sağlık Örgütü (http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/).

WHO (2014b) 2012 Yılı İçin Dış ortam Hava Kirliliği Kaynaklı Hastalık Yükü Geneva Dünya Sağlık Örgütü (http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/AAP_BoD_results_March2014.pdf).

WHO (2014c) DSÖ Haber. Hava kirliliği ile bağlantılı yıllık 7 milyon prematüre ölüm. Geneva (<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>).

WHO Avrupa Bölge ofisi (1999) Sağlık Etki Değerlendirmesi: Ana Konsept Ve Önerilen Yaklaşım (Online) Brüksel Avrupa Sağlık Politika Merkezi, DSÖ Avrupa Bölge Ofisi (<http://www.euro.who.int/document/PAE/Gothenburgpaper.pdf>).

WHO Avrupa Bölge ofisi (2005) Ulaşım Kaynaklı Hava Kirliliği Sağlık Etkileri Kopenhag (<http://books.google.ie/books?id=txw26P7Lb1oC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>).

WHO Avrupa Bölge ofisi (2006) Partikül Madde Ozon Azot Dioksit Kükürt Dioksit İle İlgili Hava Kalitesi Klavuz Değerleri. Küresel Güncelleme 2005. Kopenhag (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf).

WHO Avrupa Bölge ofisi (2013) Hava kirliliğinin sağlık durumuna kanıtın gözden geçirilmesi (REVIHAAP) Teknik Rapor Kopenhag (<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspectsof-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>).

WHO Avrupa Bölge ofisi (2014) DSÖ Uzmanlar Toplantısı. Yerel ulusal ve uluslararası seviyede hava kirliliğinin sağlık risklerinin değerlendirilmesi ile ilgili metodlar. Kopenhag (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/263629/WHO-Expert-Meeting-Methods-andtools-for-assessing-the-health-risks-of-air-pollution-at-local,-national-and-international-level.pdf?ua=1).



Ek 1. Faydalı AP-HRA Kaynakları

AirCounts. <http://www.aircounts.com/>.

AirQ2.2. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/tools-for-health-impact-assessment-of-air-quality-the-airq-2.2-software>.

Aphekom. <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/publications>.

Co-benefitsCalculator. Temas Noktaları NealFann (ABD Çevre Koruma Ajansı, fann.neal@epa.gov), Harry Vallack (Stockholm Çevre Kurum, harry.vallack@york.ac.uk). Temas Noktaları vasıtası ile temin edilecektir.

EcoSense. Temas Noktası JoachimRoos (Stuttgart Üniversitesi Joachim.Roos@ier.uni-stuttgart.de). Tek kaynak hesaplamalar için EcoSense bir web arayüzü temin etmektedir. (<http://ecosenseweb.ier.uni-stuttgart.de>) düşük bir ücretle erişim sağlanabilmektedir.

Dış ortam Hava Kirliliği ile ilgili çevresel hastalık yükü (EBD) değerlendirme aracı EBDassessment@who.int. İle temas

Hava Kirliliğinin Ekonomik değeri (EVA) ProfessorJørgenBrandt@dmu.dk ile temas

Küresel Hastalık Yüğü (GBD) <https://www.healthdata.org/gbd>.

Dış ortam Partikülün Küresel Modellemesi (GMAPS). Temas Noktası: Dünya Bankası, Dünya Kalkınma Göstergeleri veri Tabanı. Not: Modelin Kendisi bundan sonra aktif değildir bu yüzden indirilemez.

IOMLIFET. <http://www.iom-world.org/research/research-expertise/statistical-services/iomlifet/>. Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi İle İlgili Yaşam tablolarının Geliştirilmesi

SIM-Air.(Hava Tahmini) <http://www.urbanemissions.info/>.

TM5-FASST. Hava Kirliliği Emisyonu Tarama Takımı Temas Noktası RitavanDingenen (Avrupa Komisyonu ortak araştırma Merkezi, rita.vandingenen@jrc.ec.europa.eu). Temas noktası Kanalıyla Bilgi Temin Edilebilecektir

US EPA BenMAP-CE. ABD Çevre Koruma Ajansı Çevresel Fayda Haritalama ve analiz programı <http://www.epa.gov/air/benmap>.

Ulusal alanda Dış ortam hava kirliliği sağlık etki değerlendirme araçları

Hava Kalitesi Fayda Değerlendirme aracı (AQBAT) Temas Noktası :[StanJudek \(stan.judek@hc-sc.gc.ca\)](mailto:stan.judek@hc-sc.gc.ca).

Hava Kirliliği Emisyon Deney ve Politika Analiz Modeli (Önceki APEEP) <https://sites.google.com/site/nick-mullershomepage/home/ap2-apeep-model-2>.

Ortak Fayda Risk Değerlendirme Tarama Modeli (COBRA) <http://epa.gov/statelocalclimate/resources/cobra.html>.

Hava Kirliliği Hastalık Maliyetleri (ICAP) Temas Noktası Kanada Tıp Derneği ve Ontario Tıp Derneği web adresleri Not: model bundan sonra aktif değildir bu yüzden indirilemez

Entegre Ulaşım ve Sağlık etki Modelleme aracı (ITHIM) Odak Noktası James Woodcock (jw745@medschl.cam.ac.uk) andMarkoTainio (mkt27@medschl.cam.ac.uk).

Odak Noktası kanalıyla bilgi temin edilecektir.



EK 2. APHEKOM Projesi

Aphekom projesi (Chanel ve ark., 2014; Le Tertre ve ark., 2014; Medina ve ark., 2013; Pascal ve ark., 2013) Avrupanın birçok şehrinde uygulanması planlanan bir proje idi. Bu projenin amacı (a) karar vericilere hava kirliliği ve sağlık üzerine Avrupa ulusal ve yerel politikalarda daha etkin karar vermesine (b) hava kirliliğine hassas kişilere daha iyi tavsiyede bulunmak üzere sağlık profesyonellerine bilgi verilmesi (c) hava kirliliğinden kişilerin daha iyi korunabilmesi için yeni bilgiler temin edilmesidir. Özellikle bu proje aşağıdaki iki soruya cevap vermeyi amaçlamaktadır.

Soru1: Yaklaşık 39 milyon kişinin yaşadığı 25 Avrupa şehrindeki DSÖ hava kalitesi kılavuzundaki hava kirliliğinin azaltılmasının sağlık faydaları nelerdir.

Metodlar

- Hava Kirliliği Değerlendirmesi: PM_{2,5} değeri diğer değişkenler sabit kalmak şartıyla DSÖ'nün kılavuz değeri olan 10 µg/m³ ten az ise sağlık faydaları ile ilgili değerlendirme yapılır. (Karşıolgusal seviye)
- Coğrafi alan: 25 Avrupa şehri
- Nüfus veri mekânsal kapsam: şehir seviyesi

Araçlar

- Aphekom Sağlık etki Değerlendirmesi Kılavuzları ve araçları (bu adreste mevcuttur: <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/publications>).

Nüfus Maruziyeti Nasıl Tahmin edildi

Herbir ayrı şehirden geçmiş ortalama izleme verileri. Esas alınan senaryo 2004-2006 çalışma periyodunda izleme verileri teorik hava kalitesi politikalarını yansıtacak şekilde düzenlenmiştir.

Sağlık Riski nasıl Tahmin Edildi?

Kaza dışı PM_{2,5} maruziyet kaynaklı mortalitenin bütün nedenleri ile ilgili olarak literatürde mevcut konsantrasyon konsantrasyon-tepki fonksiyonlarından alınmıştır.

Sonuçlar

PM_{2,5} un yıllık ortalama değerinin 10 µg /m³ e düşüşü Avrupa Şehirlerinin yarısında (Şekil 5) 30 yaşındaki yaşam beklentisine 6 ay daha ilave edildi. PM_{2,5} ile ilgili DSÖ kılavuz değerinin aşılması yılda 19000 ölüm mortalite yüküne neden olur. İlgili maliyet yıllık 30 milyar Euro ya ulaşabilmektedir. (Pascal ve ark., 2013).

Sonuçlardaki belirsizliğin nasıl işleme yapıldı?

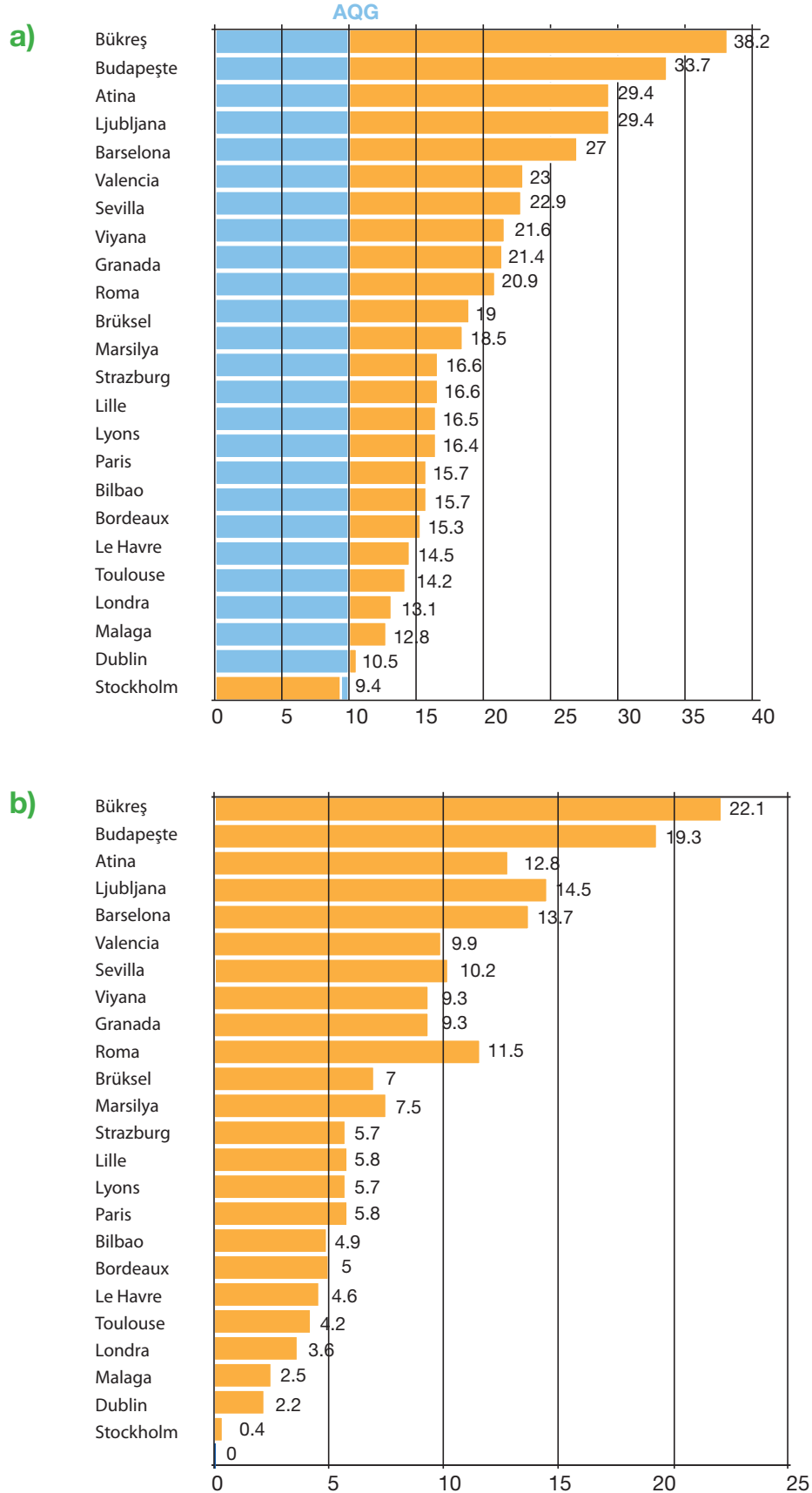
Konsantrasyon-tepki ve ekonomik değerlerdeki belirsizlikler iki farklı yol ile kombine edilmiştir. Monte Carlo simülasyonları sağlık etki değerlendirme neticeleri ve ekonomik analizlerdeki belirsizliği analiz etmek için kullanılmıştır.



Şekil 5 (a) 25 Avrupa Şehrindeki PM2,5 Seviyeleri

(b) DSÖ kılavuzuna uyulmasından beklenen yaşam süresindeki tahmini kazanç

Aphekom (2011) dan uyarlanmıştır.



Soru 2: Belli sıvı yakıtlardaki kükürt içeriğini azaltmak için tasarlanan politikalar, Avrupa Birliği'ndeki (EU) 20 ilde hava kalitesini ve dolayısıyla kamu sağlığını iyileştirdi mi?

Metodlar

- Hava Kirleticisi Değerlendirmesi: SO₂. Belli yakıtlardaki kükürt içeriğini düzenleyen yasal önlemlerin uygulanmasından önce ve sonra SO₂'deki günlük konsantrasyonlar ile günlük mortalite arasındaki ilişkilerdeki değişiklikler değerlendirildi.
- Coğrafi Kapsam: 20 Avrupa Birliği Şehri
- Nüfus veri mekânsal kapsam: şehir seviyesi

Araçlar

- Aphekom Sağlık Etki Değerlendirmesi Kılavuzları ve Araçları

(<http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/publications>).

Nüfus maruziyeti nasıl değerlendirildi?

Her bir şehrin ortalama değerlerini kapsayan şehir geçmiş izlemeleri

Çalışma periyodu 1990-2008.

Sağlık riski nasıl değerlendirildi?

1. Poisson Regresyon Analizi: Üç AB Direktifinin uygulanmasından önceki ve sonraki dönemler için SO₂'deki değişikliklerle ilişkili kente özgü ölüm riskleri. (2) Kente özgü ölüm riskleri meta regresyon kullanılarak tahmin edilir. (3) Sağlık etki değerlendirmesi: Taban seviyeleri ile mukayese uygulamasından sonra SO₂ deki bir değişikliğin bir neticesi olarak erken ölümlerin tahmininden kaçınılmıştır; ekonomik değerlendirme.

Sonuçlar

SO₂ konsantrasyonlarının azaltılması ile ilgili direktifin uygulamasından önceki periyotla mukayese edildiğinde bütün çıktılar 2000 lerden sonraki yıllarda 20 Avrupa Birliği Şehrindeki veriler üzerine esas alınmıştır. Bütün nedenlerden her yıl için 2212 kişi ölümden kurtulmuştur. (95% CI: 772–3663); yıllık parasal tasarruf 191,6 milyon Euro dur.(Chanel ve ark., 2014; Le Tertre ve ark., 2014).

Sonuçlardaki belirsizliğe nasıl işlem yapıldı?

1. Monte Carlo simülasyonları sağlık etki değerlendirme neticeleri ve ekonomik analizlerdeki belirsizliği analiz etmek için kullanılmıştır.



Ek 3. Küresel Hastalık Yüğü

Sağlık Ölçütleri Ve Değerlendirme Enstitüsü tarafından koordine edilen Küresel Hastalık Yüğü (GBD) 2010 projesi çeşitli risk faktörleri, hastalıklar ve yaralanmalar ile ilişkili hastalık yükünü karşılaştırmak için yapılan bir karşılaştırmalı risk değerlendirmesi çalışmasıdır. Özellikle hava kirliliği için aşağıdaki iki soruyu cevaplamayı amaçlamaktadır.¹

- Dış ve iç ortam hava kirliliğinin, küresel bazda maruziyetinin sağlık riski nedir?
- Son zamanlarda gözlemlenen hava kirliliğinin diğer risk faktörlerinin sağlık yükü ile karşılaştırıldığında sağlığa etkileri nelerdir?

Metodlar

- Hava kirliliği 3 farklı yöntem ile değerlendirildi.

PM_{2.5}, (i) ortamdaki PM kirliliğini ve (ii) katı yakıtlardan kaynaklı evsel hava kirliliğini değerlendiren farklı kaynaklardan ve çeşitli ortamlardan gelen kirleticilerin bir karışımına maruz kalınması ile bağlantılı risk açısından ortak göstergedir; ve dış ortam ozonu, ancak bu örnekte sadece PM üzerinde odaklanmıştır.

- Coğrafi Kapsam: Küresel
- Nüfus veri mekânsal çözünürlük: Nüfus Sayımı ve Anketleri
- Karşılaştırmalı Risk Değerlendirmesi yaklaşımı: Küresel, bölgesel ve ulusal düzeydeki çeşitli risk faktörleri ve onların belirsizlikleri için atfedilebilir hastalık yükünü tahmin etmek için tutarlı yöntemler kullanılmıştır.
- Dış ortam hava kirliliğinin etkisi karşıseviye ilişkisi ile hesaplandı
- Karşı Seviye Amerikan Kanseri Cemiyeti Kanseri Önleme 11 Kohort Çalışmasının PM_{2.5} maruziyet da-

ğılımının minimum ve yüzde 5 lik oranında PM_{2.5} un alt ve üst üniform dağılımı ile belirlenmektedir. (5.8 µg/ m³ ve 8.8 µg / m³, sırasıyla) (Burnett ve ark., 2014; Krewski ve ark., 2009; Lim ve ark.,2013).

Araçlar

- Hava Kirliliği:TM5-FASST. Hava Kirliliği Emisyonu Tarama Aracı Temas Noktası, uydu esaslı tahmin ve sera gazı ile hava kirliliği etkileşimleri ve sinerjileri (GAINS) emisyon envanteri
- Sağlık Riski: Entegre maruziyet – tepki (IER) modeli

Nüfus Maruziyeti Nasıl Tamini Edildi?

- Dış ortam partiküler hava kirliliği veri entegrasyonu tek küresel regresyon modelinde uzaktan algılama tahminleri ve kimyasal taşıma model simülasyonların ortalaması alınır ve mevcut ölçüm verileri ile kalibre edilir. Dış ortam konsantrasyona kaynak esaslı katkı yüksek mekânsal çözünürlük, tarafsız olmak ve küresel kapsamak koşuluyla sonuçlar tahmin edilir.
- Küresel hastalık yükü için dış ve iç ortam hava kirliliği ayrı risk faktörleri olarak dikkate alınmıştır; her iki risk faktörlerinin üst üste çakışma derecesi de dikkate alınmıştır.

Sağlık Riski Nasıl Tahmin Edildi?

- Entegre maruziyet-tepki model fonksiyonları dış ortam hava kirliliği, aktif ve pasif sigara içiciliği ve iç ortam hava kirliliği çalışmalarından elde edilen kanıtlarla kombine edilerek geliştirilmiştir. (Burnett et al., 2014)
- Bu sadece küçük konsantrasyon aralıklarının kapsayan mevcut veriler ile yapılmıştır ve Kuzey Amerika ve Avrupa dışında maruziyet cevap fonksiyonları ile ilgili çalışmalar konusunda veriler bulunmamaktadır. Mevcut maruziyet-tepki

fonksiyonları Asya gibi yüksek kirlilik seviyesine sahip ülkelere doğrudan uygulanamaz(Lim ve ark., 2013). entegre maruziyet-tepki sağlık modeli (IER) kabulleri: Mortaliteye neden olan hava kirliliği diğer risk faktörlerinden bağımsızdır.

Sonuçlar

Dış ortam PM hava kirliliği ve katı yakıt nedenli iç ortam hava kirliliği dünyada erken ölümlere neden olan 2010 yılında sağlık için önemli bir risk faktörü idi.

- İç ortam hava kirliliği (DALY) %4,5 (%3,4-5,3) olarak hesaplanan 2010 yılı için dünya ölçeğinde 4. Risk faktörü olarak belirlenmiştir. (Şekil 6) (Lim ve ark., 2013).
- Dış ortam hava kirliliği (DALY) %3,1 (%2,7-3,4) ola-

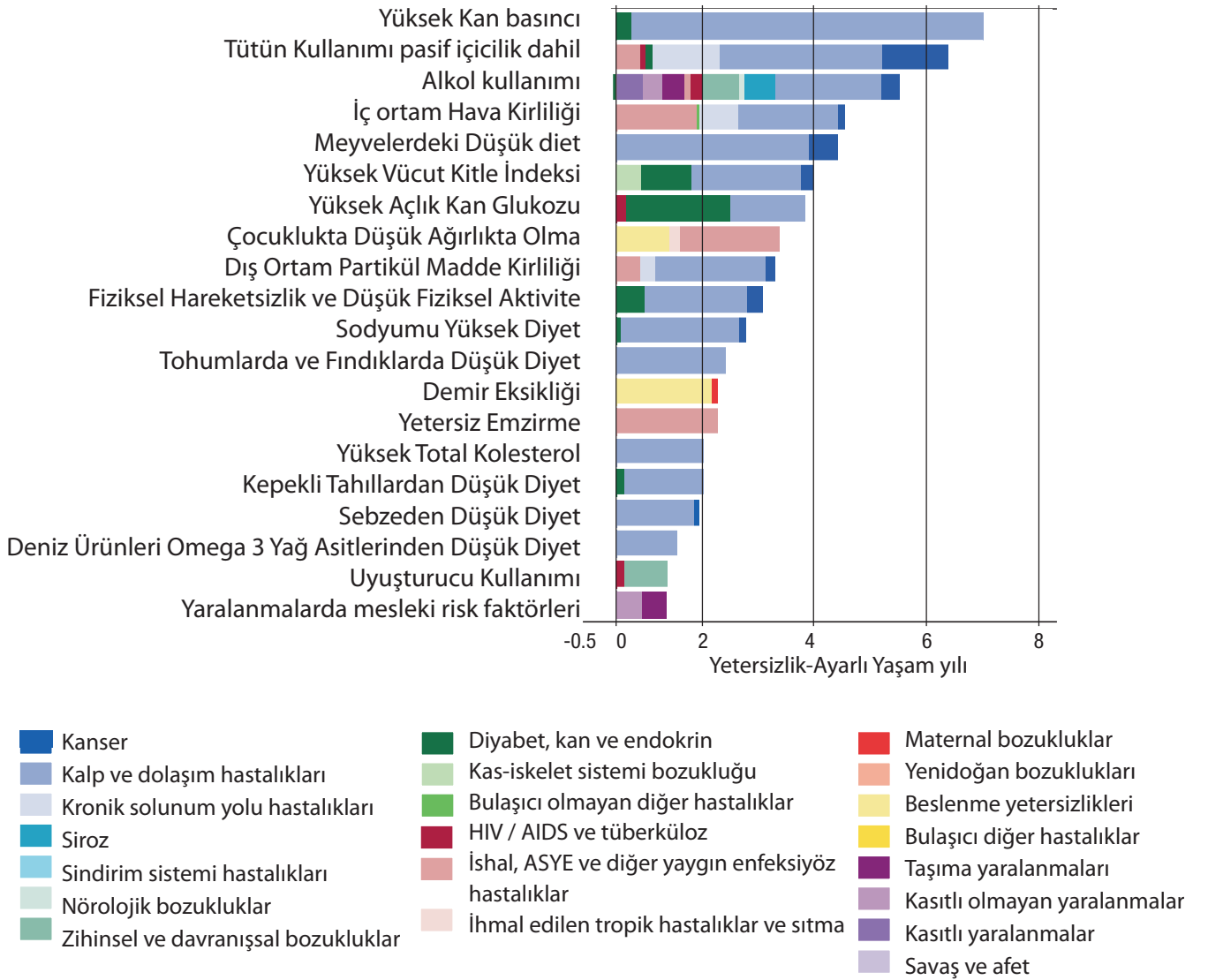
rak hesaplanan 2010 yılı için dünya ölçeğinde 9. Risk faktörü olarak belirlenmiştir. (Şekil 6) (Lim ve ark., 2013).

Sonuçlardaki belirsizliğe nasıl işlem yapıldı?

Simülasyon metodları kullanılan küresel hastalık yükü çalışmasında belirsizlikler, hastalık yükü, kirlilik maruziyet seviyesi, kirliliğe cevap ve hava kirliliği karşıseviyesi olmak üzere dört nedenden kaynaklanmaktadır(DSÖ Avrupa Bölge Ofisi 2014).



Şekil 6. 2010'daki 20 önde gelen risk faktörüne atfedilebilir hastalık yükü, global DALY'lerin bir yüzdesi olarak ifade edilmiştir



Kaynak: TheLancet'den yeniden basılmıştır, Cilt 380, Lim ve diğ., 21 bölgedeki 67 risk faktörü ve risk faktörü kümesine atfedilen hastalık yükü ve yaralanma yükünün karşılaştırmalı bir risk değerlendirmesi, 1990-2010: Küresel Hastalık Yükü Çalışması 2010 için sistematik bir analiz, s. 2244, Elsevier Limited (2013), Elsevier'den izin alınarak.



EK 4. BenMAP

Çevresel fayda haritalama ve analiz programı (BenMAP) (ABD Çevre Koruma Ajansı 2014) Amerika Birleşik Devletleri'nde düzenleyici gelişmeyi desteklemektedir. PM2.5 ve ozon hava kalitesi değişimleri ile ilgili olarak halk sağlığını değerlendirmede BenMAP kullanılarak ABD Çevre Koruma Ajansı (Fann&Risley, 2013) tarafından ABD'de bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmadaki amaç aşağıdaki soruya cevap bulmaktır.

-ABD'de yurtiçinde havadaki PM2.5 ve O3 seviyesindeki ve dağılımındaki değişikliklerin neticesi olarak vuku bulan veya kaçınılan erken ölüm seviyesi nedir?

Metodlar

- Değerlendirilen hava kirleticileri: PM2,5 ve O3
- Coğrafi kapsam: ülke
- Nüfus veri mekânsal kapsamı: Amerika Birleşik Devletleri Nüfus Sayımı
- Tahminde kullanılan yaklaşım:
 - Hava kalitesindeki geçmiş değişiklikten kaynaklanan dış ortam hava kalitesindeki değişikliğin mekânsal dağılımı;
 - Maruz kalan nüfustaki değişiklik ve
 - Sağlık etkileri (Epidemiyolojik Literatürden Maruz Kalan Nüfus Değişimine Kadar Konsantrasyon Cevap Fonksiyonlarının uygulanması ile

Araçlar

- Hava Kirliliği: Voronoi komşu ortalama algoritma (VNA)
- Sağlık Riski ve Nüfus Maruziyeti BenMAP (ABD Çevre Koruma Ajansı, 2014)

Nüfus Maruziyeti Nasıl tahmin Edildi

2000 yılından 2007 yılına kadar her yıl için (hava kirliliğinin karşıolgusal seviyesi) 12x12 km kare mekânsal konsantrasyon haritası oluşturmak için

ölçülmüş hava kirleticisi monitör konsantrasyonları kullanıldı. Veriler VNA algoritma kullanılarak enterpolasyon yapıldı.

Sağlık Riski Nasıl Tahmin Edildi?

- Temel İnsidans: CDC-WONDER veri tabanından alınan üç yıllık ortalama (2006-08) ülke seviyesindeki bütün mortalite neden oranları
- Mevcut CRFs: Birisinin daha kapsamlı coğrafi alan diğerinin daha büyük bir nüfus seçmesi gibi yapılan çalışmanın doğasından kaynaklanan güçlük ve zayıf yönlerinin kompanse etmek amacıyla her bir kirleticisi için iki tane CRF seçilmiştir.

Sonuçlar

-(2000 ve 2007 yılı için 22000-60000 ve 880-4100) Erken ölümlerden sakınmak için 2000 den 2007 yılları arasında izlenmiş PM2,5 ve Ozon konsantrasyonundaki azalma tahmin edilmiştir. (Şekil 7) (Fann&Risley (2013).

Sonuçların Belirsizliği Nasıl İşlem Görmüştür

-Güvenlik aralıkları Monte Carlo analiz yöntemi kullanılarak analiz edildi.



Şekil 7. 2000-2007 Yıllarında PM2,5 veya Ozon konsantrasyonlarındaki değişim nedeniyle meydana gelen veya kaçınılan yıllık erken ölüm sıklığı

