

TÜRKİYE'DE HAVA KİRLİLİĞİ YÜKÜ-2021

GREENPEACE



TÜRKİYE'DE HAVA KİRLİLİĞİ YÜKÜ-2021

Yazarlar: Aidan Farrow (Greenpeace Uluslararası Araştırma Laboratuvarları), Andreas Anhäuser (Greenpeace Doğu Asya), Yung Jen Chen (Greenpeace Doğu Asya), Gökhan Ersoy (Greenpeace Akdeniz)

Editör: Aydil Durgun

Daha fazla bilgi için: bilgi.tr@greenpeace.org

GREENPEACE



İçindekiler

Ana bulgular

6

Giriş

8

- Kutu 1: PM2.5 nedir?

9

- Hava Kalitesi Standartları

9

Yöntem

11

- Yer Seviyesi Hava Kalitesi Ölçümleri

11

- Sağlık Etki Değerlendirmesi

13

- Belirsizlik

14

- Bulgular

17

Sonuç

25

Referanslar

26

ANA BULGULAR

2021'deki PM2.5 konsantrasyonları ne kadardı?

Bu rapora dahil edilen her bir il için ölçülen 2021 yılına ait yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonları 10.8 ile 34.5 mikrogram ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) arasında değişmektedir. Çalışmaya dahil edilen tüm nüfusta, ağırlıklı yıllık ortalama PM2.5 maruziyeti 20.7 mikrogramdır ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Bu konsantrasyon, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından önerilen Hava Kalitesi Kılavuzu'ndan dört kat daha fazladır.

Sağlığa etkileri nelerdi?

Bu çalışmaya dahil edilen şehirlerde uzun süreli PM2.5 maruziyetinin 2021 yılı boyunca 34.000 erken ölüme katkıda bulunduğu tahmin edilmektedir. Bu lokasyonlardaki PM2.5 konsantrasyonları DSÖ kılavuzundaki limit değerleri karşılamış olsaydı, PM2.5 kirliliğine atfedilebilen erken ölümlerin sayısı %75 oranında azaltılabilir, her yıl tahminen 26.000 hayat kurtarılabilirdi.

Ölüm sayıları araba kazaları vb. ile karşılaştırıldığında nasıl bir tablo ortaya çıkıyor?

Bu rapora dahil edilen şehirlerde, 2021 yılında PM2.5 maruziyetine atfedilebilecek tahmini 34.000 erken ölüm meydana geldi. Bu, 100.000 kişi başına yaklaşık 64 ölüm anlamına gelmektedir. Bu oran, Türkiye genelinde trafik kazaları, uyuşturucu kullanımı ve cinayet vakalarının oranlarının toplamından kat kat fazladır.

Bu konuda ne yapılmalı?

Türkiye, PM2.5 kirliliği için yıllık ve 24 saatlik ortalama limit değerlerini bir an önce tanımlamalıdır. Bu limit değerler, yasal olarak bağlayıcı hedef tarihlerle ulusal düzenlemelerde belirtilmelidir. Limit değerler, asgari olarak, AB vatandaşlarının sağlığını koruyan seviyelerle uyumlu olmalıdır. Dünya Sağlık Örgütü'nün güncellenen kılavuzlarına uyum sağlamak daha fazla koruma sağlayacaktır. Türkiye'nin halk sağlığı yararına bu seviyeleri benimsemesi talep edilmektedir. PM2.5 kirliliğinin ulusal düzenlemeleri ihlal ettiği bölgeler "Koruma Bölgesi" ilan edilmelidir; bu da kirlenici endüstrilerin faaliyet durdurması veya kapatılması da dahil olmak üzere hava kalitesini iyileştirmek için ciddi önlemler almayı gerektirmektedir. Hava kirliliği ile iklim krizi birbirleriyle yakından bağlantılıdır. Bu önlemler, yenilenebilir enerji teknolojilerine ve temiz ulaşım sistemlerine geçişi hızlandıracak; beraberinde önemli finansal, çevresel ve sağlıksal yararlar getirecektir.



GİRİŞ

Hava kirliliği önemli bir küresel halk sağlığı riskidir. Hava kirliliğine maruz kalmak hastalık oranlarını artırır ve yaşam beklentisini kısaltır. Bu rapor, ince partikül maddeden kaynaklı hava kirliliğine (PM2.5, bkz. Kutu 1) atfedilebilecek erken ölümlerin sayısını tahmini olarak belirlemek için Türkiye genelindeki lokasyonlarda yer seviyesi izleme verilerini kullanır. Raporunda İstanbul ve Ankara da dahil olmak üzere Türkiye genelinde 38 şehirde PM2.5 kirliliğine uzun süreli maruziyet değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmeye sadece PM2.5 verilerinin mevcut olduğu şehirler dahil edilmiştir ve bu bölgeler Türkiye nüfusunun %60'ından fazlasına ev sahipliği yapmaktadır. Raporunda ayrıca dört büyük dünya şehriyle (New York, Delhi, Kuala Lumpur ve Seul) karşılaştırma da yapılmaktadır.

2019'da Küresel Hastalık Yüğü çalışması, ince partikül maddeden kaynaklanan hava kirliliğine uzun süre maruz kalmanın insan sağlığı için en büyük çevresel risk faktörü olduğunu ortaya koymuştur (KHY, 2019). Küresel olarak hava kirliliğinin ortaya çıkardığı ölüm riski, sağlıksız beslenme ve hatta sigaradan kaynaklanan ölüm riskine benzer büyüklüktedir (DSÖ, 2021). Hava kirliliğinin toplumumuz ve ekonomi üzerindeki kapsamı daha geniş olmakla birlikte, artan tıbbi maliyetleri ve kayıp iş günleri nedeniyle azalan üretkenliği içermektedir (HRAPIE, 2013).

Son yıllarda hava kirliliği ve epidemiyoloji araştırmalarındaki gelişmeler, hava kirliliğinin neden olduğu erken ölüm riskini hesaplamının ve hava kirliliğine atfedilebilecek erken ölümlerin sayısını tahmin etmenin artık mümkün olduğu anlamına gelmektedir. Örneğin bilgisayar modellemesi daha önce 2012'de ülke genelinde görülen 14 yaş ve üzeri tüm ölümlerin %12'sinin fosil yakıt yakımından kaynaklanan uzun süreli PM2.5 maruziyetine atfedilebileceğini öngörmüştü (Vohra et al. , 2021).

Türkiye'nin 2019 yılında Avrupa Çevre Ajansı'na raporladığı PM2.5 emisyonlarının %54'ü ticari emisyonlarla ve konut emisyonlarıyla, %30'u madencilik sanayii ve imalatla, %11'i enerji tedarikiyle, geri kalanı ise ulaşım, tarım ve atık gibi sektörlerle ilişkiliydi (AÇA, 2021).

Bugün toplumun karşı karşıya olduğu hava kirliliği sorunu, kirlleticilerin atmosfere salınması yoluyla iklim kriziyle yakından bağlantılıdır. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 2022'de sera gazı ve hava kirleticisi emisyonlarını azaltmak için fosil yakıt kullanımında önemli bir azalmaya gidilmesi gerektiğini; düşük emisyonlu enerjinin maliyeti önemli ölçüde azaldığından artık emisyon yoğun altyapıyı sürdürmenin, yenilenebilir enerjiye geçişten daha maliyetli olabileceğini ifade etmektedir (IPCC, 2022).

Sağlık, çevre ve ekonomi arasındaki yakın bağlantılar, yenilenebilir enerji teknolojisine ve temiz ulaşım sistemlerine geçişin önemli finansal, çevresel ve sağlıksal faydalar getirebileceğini ortaya koyan bu raporun konusu dahilindedir.

Kutu 1: PM2.5 nedir?

Partikül madde, atmosferde asılı duran küçük sıvı veya katı parçacık formundaki kirliliktir. PM kirliliği, içindeki kimyasallardan ziyade parçacıkların boyutuna göre tanımlanır. PM2.5, 2.5 mikrometreden daha küçük olan herhangi bir partiküle gönderme yapar; 'ince parçacık madde' veya 'ince asılı parçacık' olarak da bilinir. PM2.5 partikülleri, gaz değişiminin gerçekleştiği bölgelere inip akciğerlerin derinliklerine nüfuz edecek kadar küçüktür (Morakinyo et al., 2016).

HAVA KALİTESİ STANDARTLARI

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), halk sağlığını korumak için oluşturulan hava kalitesi kılavuzları yayınlamaktadır. DSÖ Hava Kalitesi Kılavuzları, en son bilimsel araştırmaların ayrıntılı incelemeleriyle oluşturulur ve farklı ortalama süreler boyunca farklı hava kirleticisi konsantrasyonları için geçerlidir. Türkiye PM10, SO2 ve NO2 de dahil olmak üzere kirleticiler için ulusal hava kirliliği limit değerlerine sahiptir ancak insan sağlığı için önemine dair ciddi kanıtların varlığına rağmen PM2.5 için herhangi bir ulusal limit değer bulunmamaktadır. PM2.5 için DSÖ Kılavuzları ve mevcut yerel hava kalitesi standartları Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: Yıllık ve 24 saatlik ortalama PM2.5 konsantrasyonları için Dünya Sağlık Örgütü Hava Kalitesi Kılavuzları

Standart	Yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Saatlik/Günlük PM2.5 konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ulusal Limit Değer*	YOK	YOK
DSÖ Kılavuzu	5	15

Kaynak: DSÖ (2021)

* PM2.5 için ulusal bir limit değer bulunmamaktadır.



Yöntem

Uzun süreli PM2.5 maruziyetine atfedilebilecek erken ölümlerin sayısı, 2021 yılı için yer seviyesindeki hava kalitesi ölçümleri kullanılarak tahmin edilmektedir. Ölçülen yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonları, her lokasyon için nüfus ve ülke çapındaki halk sağlığı verileri ile birleştirilmektedir. Daha sonra, her lokasyonda PM2.5 kirliliğine maruz kalmanın sağlık maliyetlerini nicel olarak tahmin etmek için verilere bilimsel risk modelleri uygulanmaktadır. Ölçülen mevcut PM2.5 maruziyetine ek olarak, yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonlarında DSÖ Kılavuzu'nun limit değerleri karşılandığında Türkiye'deki hava kalitesini iyileştirmenin beraberinde getireceği potansiyel sağlık yararını tahmin edebilmek amacıyla başka bir senaryo daha incelenmektedir (Tablo 2).

Bu raporda sadece erken ölümler değerlendirilmektedir. Rapora yalnızca literatürde hava kirliliği ile sağlam ölçülebilir ilişkilerin kurulduğu ve Küresel Hastalık Yüklü (KHY, 2019) kataloğunda Türkiye için epidemiyolojik verilerin mevcut olduğu ölüm nedenleri dahil edilmiştir (Tablo 3). PM2.5 maruziyetine düşük doğum ağırlığı (Dadvand et al., 2013), erken doğum (Trasande et al., 2016), astım semptomlarında artış (HRAPIE, 2013), astım nedeniyle hastane başvurularında ve acil servis ziyaretlerinde artış (Zheng et al., 2015) ve ruh sağlığı sorunları (Braithwaite et al., 2019) gibi ölümcül olmayan sonuçlar da dahil olmak üzere daha birçok sağlık etkisi atfedilebilir.

Tablo 2: Senaryolar

Senaryo	Tanım	Tanım
A	2021 Mevcut	2021 boyunca ölçülen yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonları için PM2.5 maruziyetine atfedilebilen erken ölümlerin değerlendirilmesi
B	DSÖ Kılavuzu	Tüm lokasyonlarda DSÖ Kılavuzu'ndaki limit değerler karşılanmış olsaydı, yıllık ortalama PM2.5 maruziyetine atfedilebilen erken ölümlerin sayısının kaç olacağını değerlendirilmesi

YER SEVİYESİ HAVA KALİTESİ ÖLÇÜMLERİ

Analiz, IQAir'dan konuma göre toplanan ve 2021 Dünya Hava Kalitesi Raporu'nda (IQAir, 2021) yayınlanan Türkiye'de ölçülmüş yıllık ve aylık ortalama PM2.5 gözlemlerini kullanmaktadır. Veriler hükümete ait ve düzenleyici olan izleme istasyonlarının yanı sıra bireyler, eğitim kurumları ve kâr amacı gütmeyen kuruluşlar tarafından işletilen düzenleyici olmayan istasyonlardan alınan ölçümleri içermektedir. Farklı veri kaynaklarını birleştirmek, kapsamlı bir PM2.5 veri seti sağlamaktadır.



Sivil toplum kuruluşları ve bireyler tarafından işletilen monitörler, 2021 Dünya Hava Kalitesi Raporu'na (IQAir, 2021) dahil edilmeden önce IQAir tarafından kalite kontrolden geçirilmiştir. Sensörün uygun, korunaklı, açık havada bir lokasyonda olduğunu doğrulamak için fotoğraf gönderimleri kullanılmaktadır. IQAir, karbondioksit (CO2) konsantrasyonu, nem ve sıcaklık okumalarının çalışma sırasında dış ortam koşullarını yansıtmayı yansıtmadığını sürekli olarak kontrol etmektedir. Veriler IQAir'ın kalite güvence kontrolleri sırasında komşu izleme istasyonlarıyla karşılaştırıldığında, çevredeki veri noktaları için de tarama yapılmaktadır (IQAir, özel iletişim).

Bireysel izleme istasyonlarından alınan ölçümler, buldukları illere göre gruplandırılmaktadır. IQAir, söz konusu il için yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonunu belirlemek amacıyla aynı il içindeki her bir istasyonun ortalamasını kullanmaktadır. Bu, il genelindeki yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonu için bir tahmin sağlamaktadır. Monitörlerin her bir il içindeki dağılımı dikkate alınmamaktadır; eğer monitörler tercihen ağır veya hafif kirliliğin alanlarında bulunuyorsa, hesaplanan PM2.5 konsantrasyonu gerçek il genel ortalamasını fazla veya eksik tahmin edebilmektedir. Bununla birlikte, monitörler genellikle insanların yaşadığı yerlerde bulunduğu için, verilerin nüfusun ortalama maruziyeti için iyi bir tahmin sağladığını varsaymaktayız.

Gerçek dünya hava kirliliğine dair veri setleri nadiren eksiksizdir. Bakım sırasındaki kesintiler ve teknik arızalar, eksik verilerle sonuçlanmaktadır. PM2.5 konsantrasyonundaki günlük veya mevsimsel paternlerden kaynaklanan sistematik yanılmanın en aza indirilmesini sağlamak için, veriler yalnızca 2021 boyunca saatlerin ve günlerin en az %90'ında gözlemlerin mevcut olduğu durumlarda dahil edilmiştir.

SAĞLIK ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

PM2.5 maruziyetinden kaynaklanan erken ölümler Tablo 2'de listelenen iki kirlilik senaryosu için değerlendirilmiş ve aşağıdaki ölüm nedenleri senaryolara dahil edilmiştir: Tüm nedenlerden erken ölüm, felç ve diğer serebrovasküler hastalıklar (SVH), diyabet, iskemik kalp hastalığı (İKH), akciğer kanseri (AK), alt solunum yolu enfeksiyonları (ASYE) ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH).

Türkiye ve karşılaştırma yapmak açısından New York, Hindistan, Malezya, Güney Kore için bu nedenlere bağlı ölümlerin insidans oranları Küresel Hastalık Yüklü kataloğundan (KHY, 2019) alınmıştır.

Belirli bir konsantrasyonda PM2.5 kirliliğine atfedilebilen erken ölüm insidansını tahmin etmek için risk fonksiyonları kullanılmıştır. Tablo 4, yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonunda 10 mikrogramlık ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bir artış için rölatif (göreceli) riski göstermektedir. Risk ve insidans oranları, ölüm oranlarını il başına mutlak ölüm sayılarına dönüştürmek için Türkiye Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (Türkiye İstatistik Kurumu, 2022) tarafından kaydedilen her bir lokasyonun nüfus sayısı ile birleştirilmiştir.

Dört referans şehrin her biri için nüfus verileri IQAir'dan (2021) alınmıştır.

Her bir ölüm nedeninin mevcut insidansı N , lokasyonun nüfusu P ve ulusal (veya New York için eyaletsel) insidans oranı n_a kullanılarak her il için tahmin edilmiştir.

$$N = P \times n_a$$

Yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonundaki belirli bir artış için her bir ölüm nedeninin rölatif riski RR , risk oranı r_o ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ artışta rölatif risk) ve kirlitici konsantrasyonu c kullanılarak,

$$RR = r_o^{(c/c_0)}$$

$c_0 = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile tahmin edilmiştir. Havanın tamamen temiz olduğu varsayımsal bir senaryo için her bir ölüm nedeninin insidansı şu şekilde tahmin edilmiştir:

$$N_o = \frac{N}{RR}$$

Bu nedenle ölçülen yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonuna atfedilebilen insidans, mevcut insidans ile temiz hava senaryosundaki tahmini insidansın çıkarılmasıyla hesaplanabilmektedir. Farklı PM2.5 konsantrasyonlarının c_s elde edildiği her bir müteakip senaryo için insidansı tahmin etmek üzere temiz havadaki insidans, N_s , rölatif risk ile şu şekilde ilişkilendirilmiştir:

$$N_s = N_o \times (r_o^{(c/c_0)} - 1).$$

Bir senaryonun hedefine 2021 yılında ulaşıldığı yerlerde, ölçülen mevcut yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonu kullanılmıştır (yani senaryoların hiçbirinde hava kalitesi kötüleşmemiştir).

BELİRSİZLİK

Burada sunulan erken ölüm rakamları, mevcut bilimsel bilgi ve verilere dayalı olarak hava kirliliğinin gerçek dünya etkisinin faydalı tahminlerini temsil etmektedir. Tüm araştırmalar gibi, kullanılan veri ve yöntem de belirsizlik içermektedir. Bu belirsizlik kirlilik ölçüm verileri ile demografik ve epidemiyolojik verilerin kesinliği ve temsil edilebilirliği ile ilgilidir. Hava kirliliği maruziyeti ve bununla bağlantılı sağlık riskleri arasındaki ilişkinin bilimsel olarak anlaşılması aktif bir araştırma alanıdır. Tahminler yalnızca PM2.5'e uzun süreli maruziyeti hesaba katmakta; aynı şekilde olumsuz sağlık etkileri olduğu bilinen diğer hava kirlleticilerini kapsamamaktadır.

Azot dioksit (NO₂), ozon (O₃) ve kükürt dioksit (SO₂) gibi kirleticiler tipik olarak PM2.5'ten daha zayıf veri kullanılabilirliğine sahiptir. Buna ek olarak, NO₂ gibi reaktif türlerin sağlık üzerindeki etkileri sonuçlarımızda dahil edilmemiştir çünkü bu kirleticiler yüksek uzamsal değişkenliğe sahip olma eğilimindedir, bu nedenle de noktasal ölçümlerden elde edilen verilerin tüm il için temsil edilebilirliği daha düşüktür.

Risk oranları ve arka plan insidans oranları ile ilgili belirsizlik Tablo 3 ve 4'te sunulmaktadır.

Tablo 3. Sağlık etki değerlendirmesinde kullanılan arka plan insidans oranlarındaki (1/100.000/yıl) rölatif belirsizlikler

Lokasyon	Risk Faktörü	100.000 kişi başına insidans (%95-güven aralığı)					KHY'de belirtilen neden (2019)
		Temel	Düşük	Yüksek	Aşağı yönlü belirsizlik	Yukarı yönlü belirsizlik	
Türkiye	Tüm nedenler	559	470	660	-16%	18%	Tüm nedenler
	SVH	60	48	73	-20%	%22	Felç
	Diabet	24	19	29	-20%	%22	Diabetes mellitus (Şeker hastalığı)
	İKH	122	99	149	-19%	%22	İstemik kalp hastalığı
	AK	37	29	46	-20%	%24	Trakea, bronş ve akciğer kanseri
	ASYE	18	14	22	-23%	%20	Alt solunum yolu enfeksiyonları
	KOAH	36	24	44	%-33	%24	Kronik obstrüktif akciğer hastalığı
New York	Tüm nedenler	844	731	963	-13%	%14	Tüm nedenler
Delhi		675	606	750	-10%	%11	
Seul		597	576	618	-3%	%4	
Kuala Lumpur		562	463	679	-18%	%21	



Tablo 4. Yıllık ortalama kirlenici konsantrasyonunda meydana gelen 10 µg/m³'lük bir değişimde sağlık etki değerlendirmesi için kullanılan risk oranları (RO'lar) ve bunların rölatif belirsizliği. Belirsizlikler RO'nun kendisi için değil, sıfır etkiden sapma olduğundan RO - 1 için verilmiştir (RO = 1).

	Temel değer	Düşük değer	Yüksek değer	Kaynak	Aşağı yönlü belirsizlik	Yukarı yönlü belirsizlik
Erken ölüm (tüm nedenler)	1.062	1.040	1.083	HRAPIE 2013	%-35	%34
Erken ölüm (SVH)	1.110	1.050	1.170	Pope 2015	%-55	%55
Erken ölüm (diabet)	1.130	1.020	1.260	Pope 2015	%-85	%100
Erken ölüm (İKH)	1.140	1.100	1.180	Pope 2015	%-29	%29
Erken ölüm (AK)	1.142	1.057	1.234	Krewski 2009	%-60	%65
Erken ölüm (ASYE)	1.120	1.030	1.300	Mehta 2013	%-75	%150
Erken ölüm (KOAH)	1.128	1.077	1.182	Krewski 2009	%-40	%42



Bulgular

Bu rapora dahil edilmiş her bir il için ölçülen 2021 yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonları 10.8 ile 34.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir (Tablo 6). Nüfus ağırlıklı yıllık ortalama PM2.5 maruziyeti 20.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ idi. Bu konsantrasyon, DSÖ tarafından önerilen sağlık temelli Hava Kalitesi Kılavuzu'ndan dört kat daha fazladır (Tablo 1). Bu konsantrasyonlardaki PM2.5 kirliliği maruziyeti, çalışmanın kapsadığı bölgelerde erken ölüm riskini yaklaşık %12 oranında artırmaktadır.

2021 yılında bu çalışmaya dahil edilen şehirlerde yaklaşık 34.000 önlenemez erken ölümün uzun süreli PM2.5 maruziyetine atfedilebileceği tahmin edilmektedir. Sadece İstanbul'da bu sayı yaklaşık 9.000'dir. Tahminlere göre hava PM2.5'ten tamamen arınmış olsaydı, İstanbul nüfusu için herhangi bir nedenle erken ölüm riski %11 daha düşük olacaktı.

Bu araştırmaya dahil olan şehirlerde 2021 yılında meydana gelen tüm erken ölümlerin %12'sinin PM2.5 kirliliği maruziyeti ile ilişkilendirilebileceğini tahmin etmekteyiz. Özellikle felç ve diğer serebrovasküler hastalıklardan kaynaklanan erken ölümlerin %18'i, diyabetten kaynaklanan erken ölümlerin %21'i, iskemik kalp hastalığından kaynaklanan erken ölümlerin %22'si, akciğer kanserinden kaynaklanan erken ölümlerin %23'ü, alt solunum yolu enfeksiyonlarından kaynaklanan erken ölümlerin %20'si ve KOAH kaynaklı erken ölümlerin %21'i PM2.5 kirliliği ile ilişkilendirilebilir (Tablo 6).

Bu çalışmaya dahil edilen şehirler, 2021 yılında yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonlarında DSÖ kılavuzunun limit değerlerini karşılamadı. Eğer DSÖ kılavuzu uygulanmış olsaydı, PM2.5 kirliliğine atfedilebilen erken ölümlerin sayısının yılda yaklaşık 8.000'e düşmesi beklenebilirdi. Bu durumda erken ölümlerin %75'inin, yani her yıl yaklaşık 26.000 erken ölümün önlenmesi mümkün olabilirdi (Tablo 7).

Tablo 6. 2021 yılı boyunca ölçülen yıllık ortalama PM2.5 konsantrasyonları, erken ölüm riskindeki bununla bağlantılı artış ve bu PM2.5 kirliliği miktarına atfedilebilen yıllık erken ölüm sayısı. PM2.5 konsantrasyonu ve artan erken ölüm riski için toplam nüfus ağırlıklıdır.

Şehir	Nüfus	PM2.5 (µg/m ³)	Artan erken ölüm riski	PM2.5'e bağlı erken ölümler
Toplam	53.199,469	20.7	+12%	34.002
İstanbul	15.840,900	17.6	+11%	8.895
Ankara	5.747,325	17.2	+11%	3.157
İzmir	4.425,789	17.4	+11%	2.458
Bursa	3.147,818	26.0	+17%	2.547
Antalya	2.619,832	19.8	+13%	1.644
Konya	2.277,017	33.8	+23%	2.342
Adana	2.263,373	14.5	+9%	1.057
Kayseri	1.434,357	28.8	+19%	1.275
Samsun	1.371,274	20.7	+13%	897
Tekirdağ	1.113,400	16.0	+10%	571
Eskişehir	898.369	15.1	+10%	436
Erzurum	756.893	34.5	+23%	793
Sivas	636.121	20.2	+13%	407
Kocaeli	2.033,441	16.8	+11%	1.092
Balıkesir	1.250,610	14.9	+9%	599
Aksaray	429.069	19.5	+12%	265
Çorum	526.282	26.7	+17%	436
Sakarya	1.060,876	22.8	+15%	760
Isparta	445.678	20.4	+13%	288
Niğde	363.725	18.2	+12%	211
Bolu	320.014	15.2	+10%	156
Tokat	602.567	21.1	+14%	401

Şehir	Nüfus	PM2.5 (µg/m ³)	Artan erken ölüm riski	PM2.5'e bağlı erken ölümler
Kırıkkale	275.968	19.6	+13%	172
Karaman	258.838	14.8	+9%	123
Çanakkale	557.276	13.2	+8%	238
Edirne	412.115	16.0	+10%	211
Zonguldak	589.684	22.3	+14%	414
Ordu	760.872	12.9	+8%	318
Bartın	201.711	22.8	+15%	144
Kırşehir	242.944	10.8	+7%	85
Amasya	335.331	28.2	+18%	292
Kastamonu	375.592	23.2	+15%	273
Yalova	291.001	15.4	+10%	144
Nevşehir	308.003	15.6	+10%	154
Iğdır	203.159	66.2	+49%	373
Burdur	273.716	22.2	+14%	191
Çankırı	196.515	9.3	+6%	60
Bilecik	228.334	16.4	+10%	120

Tablo 7: 2021 yılı için Sağlık Etkisi ve Maliyet Değerlendirmesi Sonuçları

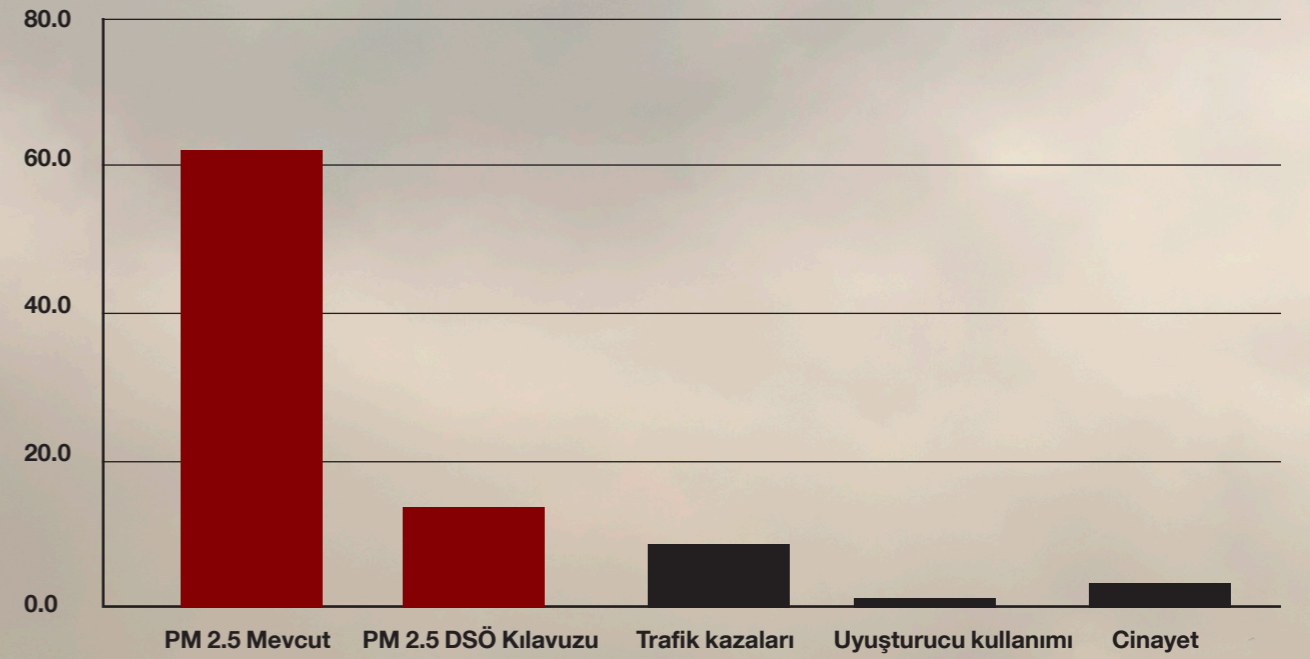
	Senaryo A	Senaryo B
	Mevcut	DSÖ kılavuzu
Erken ölüm (tüm nedenler)	34.002	8.361
Erken ölüm (SVH)	6.071	1.450
Erken ölüm (Diabet)	2.811	663
Erken ölüm (İKH)	15.019	3,523
Erken ölüm (AK)	4.576	1.072
Erken ölüm (ASYE)	1.985	471
Erken ölüm (KOA)	4.087	966

Türkiye'deki şehirlerde yapılan çalışmalarda uzun süreli PM2.5 maruziyetine atfedilebilecek ölüm oranı, yılda 100.000 kişi başına 64'dür. Tablo 8, bunu bir bütün olarak Türkiye nüfusunda trafik kazaları, uyuşturucu kullanımı veya cinayet vakalarının oluşturduğu ölüm riski bağlamında ele almaktadır. PM2.5'in, çalışma alanlarında yaşayan herhangi bir kişi üzerinde oluşturduğu ölüm riski, Türkiye'deki trafik kazalarındaki ölüm oranının (yılda 9.2/100.000) kabaca yedi katıdır (DSÖ, 2018). Türkiye'de PM2.5'ten kaynaklı ölüm riski trafik kazası, uyuşturucu kullanımı veya cinayet vakalarının oluşturduğu riskin toplamından çok daha fazladır (Şekil 1).

Tablo 4. Yıllık ortalama kirletici konsantrasyonunda meydana gelen 10 µg/m³'lük bir değişimde sağlık etki değerlendirme için kullanılan risk oranları (RO'lar) ve bunların göreceli belirsizliği. Belirsizlikler RO'nun kendisi için değil, sıfır etkiden sapma olduğundan RO - 1 için verilmiştir (RO = 1).

		Maruz kalan nüfus (milyon)	Değer	100.000 kişi başına oran	Kaynak
PM2.5 kirliliğine maruziyet	Senaryo A - Mevcut	53.2	34.002	63.9	Tablo 2
	Senaryo B - DSÖ Kılavuzu	53.2	8.361	15.7	
Trafik kazaları		79.5	7.300	9.2	DSÖ (2018)
Uyuşturucu kullanımı		79.5	300	0.4	KHY (2019)
Cinayet		79.5	2.100	2.6	Dünya Bankası (2022)
Trafik kazaları, uyuşturucu kullanımı & cinayet vakalarının toplamı				12.2	

Şekil 1. 2021 yılında PM2.5 ve diğer nedenlerle ilişkili, 100.000 kişi başına düşen tahmini ölüm oranları





İstanbul'un diğer dört büyük dünya şehriyle (New York, Delhi, Seul ve Kuala Lumpur) karşılaştırılması, uzun süreli PM2.5 maruziyetinden kaynaklanan erken ölüm riskinin Delhi'ye kıyasla İstanbul'da daha düşük olduğunu, İstanbul'daki oranların Seul ve Kuala Lumpur ile karşılaştırılabileceğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte 2021'de New York'ta ölçülen PM2.5 konsantrasyonları ve erken ölüm riski İstanbul'a göre daha düşüktür (Tablo 9).

Tablo 9. Dünya şehirlerinin karşılaştırılması

Şehir	Nüfus	PM2.5 (µg/m ³)	Artan erken ölüm riski	PM2.5'e bağlı erken ölümler
İstanbul	15.840,900	18	+12%	8.895
New York	18.713,220	10	+6%	9.217
Delhi	29.617,000	96	+79%	88.010
Seul	21.794,000	20	+13%	14.533
Kuala Lumpur	8.285,000	19	+12%	4.928



SONUÇ

Elimizde hava kirliliğinin düşük konsantrasyonlarda bile sağlığımızı etkileyebileceğine dair hiç olmadığı kadar kanıt bulunmaktadır (DSÖ, 2021). Bu çalışmanın bulguları, nüfusun sağlığını korumak amacıyla Türkiye'deki PM2.5 kirliliği sorununu çözmek için acilen harekete geçilmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu sene IPCC, talebin azaltılması da dahil olmak üzere sera gazı ve hava kirlenici emisyonlarını azaltan önlemlerin ve düşük emisyonlu ulaşım çözümlerinin hem hava kalitesini iyileştirme hem de sağlığa yönelik faydalar sağlama potansiyeline sahip olduğunu, bu önlemlerin aynı zamanda iklim değişikliğinin hafifletilmesine katkıda bulunacağını yüksek güven aralığıyla ifade etmiştir (IPCC, 2022).

Dolayısıyla Türkiye'deki çevre ve halk sağlığı da hava kalitesini iyileştirmeye yönelik önlemlerden faydalanmak zorundadır. PM2.5 kirliliğinin etkileri, PM2.5 kütle konsantrasyonları için yıllık ve 24 saatlik ortalama limit değerler getirilerek ele alınmalıdır. Bu limit değerler, sınıra ulaşılmaması gereken yasal olarak bağlayıcı hedef tarihlerle ulusal düzenlemelerde yer bulursa bu, yenilenebilir enerji teknolojilerine ve temiz ulaşım sistemlerine geçişin hızlandırılmasına yardımcı olacak ve beraberinde önemli finansal, çevresel ve sağlıksal yararlar getirecektir.

Ulusal limit değerler, asgari olarak, AB vatandaşlarının sağlığını korumak için AB tarafından kabul edilen seviyelerle uyumlu olmalıdır. Ulusal standartları Dünya Sağlık Örgütü'nün yakın zamanda güncellenen kılavuzlarıyla uyumlu hale getirmek daha fazla koruma sağlayabilir. Bu nedenle Türkiye, halk sağlığı yararına bu kılavuzları benimsemeye teşvik edilmektedir. PM2.5 için ulusal limit değer oluşturulduktan sonra, PM2.5 kirliliğinin bu limiti ihlal ettiği yerler "Koruma Bölgesi" ilan edilmelidir; bu da kirlenici endüstrilerin faaliyet durdurması veya kapatılması da dahil olmak üzere hava kalitesini iyileştirmek için ciddi önlemler almayı gerektirmektedir.

Bugün Türkiye'de hissedilen hava kirliliği kaynaklı sağlık yükü kirlenici konsantrasyonlarını azaltma, halk sağlığını koruma ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etme noktasında eylemi hak etmektedir.

**TÜRKİYE'DE
PARTİKÜL MADDE ÖLÇÜMLERİ
YAYGIN VE DÜZENLİ ŞEKİLDE
YAPILSIN.**

**PM2.5 İÇİN LİMİT
DEĞER BELİRLENSİN**

**SOLUĞUMUZ HAVAYI
BİLMEK İSTİYORUZ**

REFERANSLAR

- Braithwaite et al. (2019)** – Braithwaite, Shuo Zhang, James B. Kirkbride, David P. J. Osborn, and Joseph F. Hayes, *Air Pollution (Particulate Matter) Exposure and Associations with Depression, Anxiety, Bipolar, Psychosis and Suicide Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis*, Environmental Health Perspectives, 2019 127:12 CID: 126002 <https://doi.org/10.1289/EHP4595>
- Dadvand et al. (2013)** – Dadvand, Parker, et al., *Maternal exposure to particulate air pollution and term birth weight: a multi-country evaluation of effect and heterogeneity*, Environ Health Perspect. Mart 2013, 121 (3), 267-373. <https://doi.org/10.1289/ehp.1205575>
- DSÖ (2018)** – Dünya Sağlık Örgütü. *Global status report on road safety 2018*, s. 263. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684> (erişim: 2022-04-26)
- DSÖ, (2021)** – Dünya Sağlık Örgütü. *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. 2021. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO (erişim: 2022-02-08)
- Dünya Bankası (2022)** – The World Bank, *World Development Indicators, Intentional homicides (per 100,000 people)* <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?dsid=2&series=VC.IHR.PSRC.P5> (erişim: 2022-04-26)
- HRAPIE (2013)** – Dünya Sağlık Örgütü, 2013. *Health risks of air pollution in Europe-HRAPIE project*. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf?ua=1 (erişim: 2022-04-20)
- IPCC (2022)** – *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.001
- IQAir (2022)** – *2021 World Air Quality Report, Region and city PM2.5 ranking*. <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities> (erişim: 2022-04-26)
- Küresel Hastalık Yüğü (KHY), (2019)** – Küresel Hastalık Yüğü Ortak Ağı. *Küresel Hastalık Yüğü Çalışması 2019 Sonuçları*. Seattle, ABD: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2020. <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>.
- Krewski et al (2009)** - Krewski, D., Jerrett, M., Burnett, R.T., Ma, R., Hughes, E., Shi, Y., Turner, M.C., Pope III, C.A., Thurston, G., Calle, E.E. and Thun, M.J., 2009. *Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality* (Vol. 140). Boston, MA: Health Effects Institute.
- Mehta et al. (2013)** - Mehta, S., Shin, H., Burnett, R., North, T. and Cohen, A.J., 2013. *Ambient particulate air pollution and acute lower respiratory infections: a systematic review and implications for estimating the global burden of disease*. Air Quality, Atmosphere & Health, 6(1), ss.69-83.

Morakinyo et al. (2016) – Morakinyo, O., Mokgobu, M., Mukhola, M. & Hunter, R. *Health outcomes of exposure to biological and chemical components of inhalable and respirable particulate matter*. Int. J. Environ. Res. Public Health 13, 592 (2016). <https://doi.org/10.3390/ijerph13060592>

Pope et al. (2015) - Pope III CA, Turner MC, Burnett RT, Jerrett M, Gapstur SM, Diver WR, Krewski D, Brook RD. *Relationships between fine particulate air pollution, cardiometabolic disorders, and cardiovascular mortality*. Circulation research 116.1 (2015): 108-115. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.116.305060>

Trasande et al. (2016) – Trasande L, Malecha P, Attina T M, *Particulate Matter Exposure and Preterm Birth: Estimates of U.S. Attributable Burden and Economic Costs*, Environmental Health Perspectives, 2016, 124:12. <https://doi.org/10.1289/ehp.1510810>

Türkiye İstatistik Kurumu (2022) – Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2021. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2021-45500> (erişim: 21/06/2022)

Vohra et al. (2021) – Vohra, K., et al., *Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem*. Environ. Res. 195 (2021): 110754.

Zheng et al. (2015) – Zheng X, Ding H, Jiang L, Chen S, Zheng J, Qiu M et al., *Association between air pollutants and asthma emergency room visits and hospital admissions in time series studies: a systematic review and meta-analysis*, PLoSOne10(9):e0138146, PMID: 26382947, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138146>

**TÜRKİYE'DE
HAVA KİRLİLİĞİ
YÜKÜ-2021**

GREENPEACE