

Czyste powietrze w Europie dla wszystkich

Wezwanie do bardziej ambitnych działań

Hanna Boogaard^{a,*}, Zorana Jovanovic Andersen^b, Bert Brunekreef^c, Francesco Forastiere^d, Bertil Forsberg^e, Gerard Hoek^c, Michal Krzyzanowski^d, Ebba Malmqvist^f, Mark Nieuwenhuijsen^g, Barbara Hoffmann^h, w imieniu ERS i ISEE

^aHealth Effects Institute, Boston, Massachusetts; ^bDepartment of Public Health, Faculty of Health and Medical Sciences, University of Copenhagen, Copenhagen, Dania; ^cInstitute for Risk Assessment Sciences, Utrecht University, Utrecht, Niderlandy; ^dEnvironmental Research Group, School of Public Health, Imperial College, London, Zjednoczone Królestwo; ^eDepartment of Public Health and Clinical Medicine, Umeå University, Umeå, Szwecja; ^fDepartment of Occupational and Environmental Medicine, Faculty of Medicine, Lund University, Lund, Szwecja; ^gISGlobal, Barcelona, Hiszpania; oraz ^hInstitute for Occupational, Social and Environmental Medicine, Centre for Health and Society, Medical Faculty, University of Düsseldorf, Düsseldorf, Niemcy

Sponsorzy lub konflikty interesów, które mogą mieć związek z treścią opracowania, ujawnione są na końcu artykułu.

Opracowanie niniejszego Komentarza nie otrzymało wsparcia finansowego od jakiegokolwiek podmiotu. Opłata za publikację pokryta została przez ISEE.

*Adres Autora do korespondencji: Health Effects Institute, 75 Federal Street, Suite 1400, Boston, MA 02110. E-mail: jboogaard@healtheffects.org (H. Boogaard).

Copyright © 2023 Autorzy. Publikacja: Wolters Kluwer Health, Inc. w imieniu Environmental Epidemiology. Wszelkie prawa zastrzeżone. Niniejszy artykuł udostępniany jest na zasadzie otwartego dostępu; dystrybucja na podstawie licencji Creative Commons Uznanie Autorstwa 4.0 (CCBY), zezwalającej na nieograniczone wykorzystanie, rozpowszechnianie oraz powielanie na dowolnym nośniku pod warunkiem pełnego zacytowania oryginalnego dzieła.

Environmental Epidemiology (2023) 7:e245

Data złożenia: 16 lutego 2023 r.; Data akceptacji: 17 lutego 2023 r.

Publikacja online 9 marca 2023 r.

Identyfikator Cyfrowy (DOI): 10.1097/EE9.0000000000000245

Wprowadzenie

Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego należy do głównych czynników ryzyka dla zdrowia publicznego na świecie. Obecnie panuje powszechna zgoda, iż narażenie na zanieczyszczenie powietrza powoduje szereg niekorzystnych skutków zdrowotnych, co poparte jest wynikami badań opublikowanych w obszernej literaturze naukowej, która rozrosła się lawinowo od połowy lat dziewięćdziesiątych.^{1,2,3,4} Zanieczyszczenie powietrza prowadzi do uszkodzenia większości narządów organizmu i jest powiązane z wieloma wyniszczającymi chorobami, takimi jak astma, choroby układu krążenia, przewlekła obturacyjna choroba płuc, zapalenie płuc, udar, cukrzyca, rak płuc i demencja.⁵

W badaniu „Global Burden of Disease” („Globalne obciążenie chorobami”) oszacowano, że w 2019 r. zanieczyszczenie powietrza było czwartym wiodącym czynnikiem ryzyka umieralności na świecie, przewyższanym jedynie przez wysokie ciśnienie krwi, palenie tytoniu i złą dietę.⁶ Europejska Agencja Środowiska oszacowała, że w 2020 r. w 27 Krajach Członkowskich Unii Europejskiej odnotowano 300 000 przedwczesnych zgonów związanych z narażeniem na zanieczyszczenia powietrza, co jest niedopuszczalnie wysokim obciążeniem zdrowia.⁷

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, stężenia zanieczyszczeń powietrza w Europie ogólnie spadły, głównie dzięki skutecznym regulacjom prawnym dotyczącym jakości powietrza oraz związanymi z nimi ulepszeniom w technologii i przemyśle. Obowiązujące obecnie przepisy dotyczące jakości powietrza w Europie — Dyrektywa 2008/50/WE z 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy, zwana Dyrektywą CAFE (Clean Air for Europe) – określają wartości dopuszczalne dla średnich rocznych stężeń drobnego pyłu zawieszonego (PM_{2,5}) i dwutlenku azotu (NO₂), wynoszące odpowiednio, 25 µg/m³ oraz 40 µg/m³.⁸ Owe wartości dopuszczalne są jednak krytykowane za to, że niewystarczająco chronią zdrowie obywateli Unii Europejskiej.^{9,10}

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) opublikowała nowe wytyczne dotyczące jakości powietrza (*Air Quality Guidelines, AQG*) we wrześniu 2021 r. Zostały one opracowane na podstawie kompleksowej syntezy dowodów naukowych dotyczących zdrowotnych skutków zanieczyszczenia powietrza.⁴ Nowe wytyczne zalecają, aby średnie roczne stężenia PM_{2,5} i NO₂ nie przekraczały – odpowiednio – 5 µg/m³ i 10 µg/m³, oraz wskazują na poważne skutki zdrowotne mogące wystąpić, jeżeli wartości te utrzymują się na wyższym poziomie. Środowisko medyczne opowiada się za pełnym dostosowaniem prawodawstwa UE do zaleceń WHO ujętych w AQG z 2021 r., co znalazło wyraz we wspólnym oświadczeniu popartym przez ponad 140 towarzystw medycznych, instytucji zdrowia publicznego, stowarzyszeń naukowych oraz organizacji pacjentów.¹¹

Komisja Europejska (KE) opublikowała propozycję dotyczącą nowelizacji Dyrektywy CAFE w dniu 26 października 2022 r.¹² Komisja opublikowała również ocenę skutków proponowanych zmian, określającą oczekiwane wartości stężeń zanieczyszczeń powietrza, jak również skutki zdrowotne oraz koszty wdrożenia rozmaitych rozważanych wariantów polityki.¹³ Obecnie propozycje te są przedmiotem dyskusji na forum Parlamentu Europejskiego i Rady. Chociaż definiują one ważne kroki niezbędne dla poprawy jakości powietrza w Europie, są jednak niewystarczające dla zmaksymalizowania możliwych do osiągnięcia korzyści w zakresie zdrowia publicznego, z powodów wyjaśnionych poniżej.

Brak wyraźnej ścieżki prowadzącej do pełnego dostosowania do wytycznych WHO - AQG z 2021 r.

Nowe roczne wartości dopuszczalne proponowane do osiągnięcia w całej Unii Europejskiej do 2030 r. wynoszą 10 µg/m³ dla PM_{2,5} i 20 µg/m³ dla NO₂. Chociaż są to bardziej rygorystyczne wymogi niż obowiązujące obecnie, są one nadal dwa razy wyższe niż poziomy zalecane w wytycznych WHO - AQG z 2021 r. Inne kraje o wysokich dochodach zmierzają w kierunku bardziej wymagających standardów. Na przykład Agencja Ochrony Środowiska USA (US EPA) rozważa różne alternatywy dla obecnie obowiązujących Krajowych Standardów Stężeń Zanieczyszczeń Powietrza Atmosferycznego (NAAQS), w których aktualnie wartość stężenia średniorocznego dla PM_{2,5} wynosi 12 µg/m³, łącznie z obniżeniem tej wartości aż do poziomu 8 µg/m³.¹⁴ Jeżeli Unia Europejska zadowolili się celem mniej ambitnym niż pełne wyrównanie swoich standardów z AQG z 2021 r., może ona stracić szansę podjęcia się roli światowego lidera w dziedzinie prawodawstwa dotyczącego czystego powietrza,

będącego wzorem do naśladowania dla innych krajów. Autorzy niniejszego opracowania wzywają do ustalenia wartości dopuszczalnych dla średniorocznych stężeń PM_{2,5} i NO₂ wynoszących, odpowiednio, 5 µg/m³ i 10 µg/m³, obowiązujących od 2030 r.

Propozycja Komisji Europejskiej nie określa jasnej ścieżki prowadzącej do pełnego dostosowania norm europejskich do wytycznych WHO – AQG z 2021 r. nawet po 2030 r. Zamiast tego, proponuje wprowadzenie „mechanizmu regularnego przeglądu w celu zapewnienia, aby przyszłe decyzje podejmowano w oparciu o najnowszą wiedzę naukową na temat jakości powietrza”. Podkreślamy, że już obecnie najnowsza wiedza naukowa wskazuje na konieczność pełnego dostosowania norm do wytycznych WHO - AQG z 2021 r. Ponadto, liczne możliwości opóźniania osiągnięcia zgodności z wartościami dopuszczalnymi stężeń doprowadzą do utrzymywania się nieakceptowalnie wysokiego obciążenia chorobami związanymi z zanieczyszczeniem powietrza w Europie.

Konieczne jest wprowadzenie norm dotyczących ozonu

W odniesieniu do ozonu, zamiast wprowadzenia wiążących norm wspomniana propozycja ustawodawcza określa tylko wartości docelowe oraz cele długoterminowe, ze względu na „złożoną charakterystykę powstawania ozonu w atmosferze, co komplikuje możliwości dokonania oceny, na ile możliwe jest osiągnięcie rygorystycznych wartości dopuszczalnych”. Nie zgadzamy się z powyższym uzasadnieniem. Ozon należy do ważnych substancji zanieczyszczających powietrze, a skutki dla zdrowia narażenia krótkookresowego („smog letni”), jak i narażenia długookresowego, są bardzo dobrze udokumentowane i jako takie powszechnie uwzględniane w ocenach obciążenia zdrowia powodowanego przez zanieczyszczenia powietrza.¹⁵ W ostatnich dziesięcioleciach stężenia ozonu spadają w tempie znacznie wolniejszym niż stężenia PM_{2,5} oraz NO₂, przy czym bez obniżenia emisji jego prekursorów, stężenia ozonu będą rosły w wyniku zmian klimatu.¹⁶ Ozon (a także inne zanieczyszczenia, w tym PM_{2,5}) zwiększa również wpływ fal gorąca na umieralność w Europie.^{17,18} Pragniemy także zauważyć, iż skomplikowany charakter procesów powstawania ozonu w atmosferze dotyczy całego świata. Inne kraje, w tym Stany Zjednoczone Ameryki, wprowadziły już prawnie wiążące normy jakości powietrza (NAAQS) dla ozonu. Jeżeli jest to możliwe dla USA, powinno to być również możliwe dla Unii Europejskiej.

Wartości dopuszczalne stężeń mają kluczowe znaczenie w zapewnieniu realizacji przepisów Dyrektywy CAFE, co zostało jednoznacznie wykazane w sprawdzianie *Fitness Check* przeprowadzonym przez Komisję Europejską w 2019 r.¹⁹ W miejsce nieskutecznych wartości docelowych określonych dla ozonu proponujemy wprowadzenie obowiązkowych wartości dopuszczalnych stężeń równych wartościom określonym w wytycznych WHO - AQG z 2021 r., w tym średniej wartości długookresowej (dla ciepłych pór roku) wynoszącej 60 µg/m³.

Szkodliwe skutki zanieczyszczenia powietrza dla zdrowia są niedoszacowane

Wyniki systematycznych przeglądów światowego piśmiennictwa stanowiących podstawę opracowania wytycznych WHO - AQG z 2021 r. opublikowano w 2020 r.

Obejmowały one badania dostępne do września 2018 r.^{20,21} Oszacowane w tych przeglądach współczynniki ryzyka wykorzystywane są do oceny obciążenia zgonami związanymi z zanieczyszczeniami powietrza w Europie, które wykorzystuje się przy rozważeniu różnych opcji polityki oraz samej propozycji ustawodawczej.

Co istotne, niedawno opublikowano wyniki trzech bardzo rozległych badań ogólnej populacji, finansowanych przez *Health Effects Institute*. Badania te objęły miliony uczestników w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie oraz Europie, i zostały zaprojektowane konkretnie w celu przeanalizowania niekorzystnych skutków zdrowotnych spowodowanych przez długookresowe narażenie na niskie stężenia zanieczyszczeń powietrza.^{22,23,24} Wszystkie trzy badania dowiodły istnienia związku pomiędzy przedwczesną umieralnością a stężeniami PM_{2,5} niższymi niż obecne i proponowane wartości dopuszczalne w Unii Europejskiej oraz obowiązujące w Stanach Zjednoczonych normy NAAQS. Ponadto badania te udokumentowały albo liniową (w USA), albo ponad-liniową (dla Kanady i Europy) zależność między reakcją na długoterminowe narażenie na zanieczyszczenie powietrza przez PM_{2,5}, a umieralnością (zależność ponad-liniowa oznacza silniejszy skutek dodatkowego narażenia przy niskich stężeniach zanieczyszczeń niż przy ich wysokich stężeniach).

Wyniki europejskiego badania ELAPSE (*Effects of Low-Level Air Pollution*, Skutki zanieczyszczenia powietrza o niskich stężeniach) są dla Europy szczególnie istotne.²⁴ Dlatego też Komisja Europejska, po części w odpowiedzi na nasze sugestie, przeprowadziła dodatkowe analizy z wykorzystaniem metodologii ELAPSE w celu oceny wpływu wyboru funkcji ekspozycja-odpowiedź na oszacowanie umieralności przypisanej narażeniu.²⁵ Oszacowana umieralność była o 40% wyższa dla PM_{2,5} i ponad dwukrotnie wyższa dla NO₂ przy wykorzystaniu funkcji z badania ELAPSE niż przy współczynnikach ryzyka wynikających z systematycznych przeglądów WHO (przy założeniu stałej wartości pozostałych zmiennych).¹³

Dodatkowo, w swojej części dotyczącej chorobowości, analiza objęła tylko niektóre z chorób związanych z narażaniem na zanieczyszczenia powietrza, i była ograniczona do skutków PM_{2,5}. W związku z tym uważamy, że dokonana przez Komisję Europejską ocena wpływu znacząco zaniża wartość obciążenia chorobami spowodowanego zanieczyszczeniem powietrza. Budzi to głęboki niepokój, ponieważ wybór wariantów polityki oraz proponowanych nowych wartości dopuszczalnych stężeń zależał od korzyści netto generowanych przez zakładane działania naprawcze (czyli różnicy pomiędzy wartością korzystnego wpływu na zdrowie a kosztem wdrożenia działań proponowanych w ramach danej polityki).

Scenariusz wykonalności nie obejmuje wielu możliwych wariantów polityki i działań

Najlepszy technicznie wykonalny scenariusz poprawy jakości powietrza, prognozujący przyszłe stężenia zanieczyszczeń, wymaga rozważenia wszystkich dostępnych środków technicznych, bez względu na koszty. Taka ocena ukazuje, że osiągnięcie do 2030 r. wartości stężeń zanieczyszczeń w pełni zgodnych z wytycznymi WHO - AQG z 2021 r. może nie być możliwe dla wielu punktów pomiarowych w Unii Europejskiej (71% dla PM_{2,5}).¹³ Pragniemy jednak odnotować, że wykonalność w dużym stopniu uzależniona jest od woli politycznej. Choć środki techniczne odgrywają istotną rolę,

inne potencjalnie realistyczne opcje osiągnięcia niższych stężeń są w dużym zakresie nieuwzględniane. Obejmują one, na przykład, strefy czystego transportu, w tym zeroemisyjnego, obszary o niskiej intensywności ruchu kołowego, poprawę jakości transportu publicznego, promowanie aktywnych form przemieszczania się oraz zachęcanie do zdrowych wyborów żywieniowych poprzez działania polityczne skierowane do przemysłu, transportu oraz konsumentów. Ponadto, przyspieszone tempo przechodzenia na czystsze paliwa i elektryfikację, skuteczne działania lokalne – takie jak zakazy spalania węgla i biomasy, jak również inne rozwiązania lokalne i krajowe nie zostały uwzględnione w scenariuszu wykonalności.

Komisja Europejska przeprowadziła konserwatywną ocenę wpływu, która zaniża wagę korzyści dla zdrowia oraz opiera się na niepełnym obrazie wszystkich rzeczywiście możliwych do realizacji działań, co doprowadziło do przedstawienia propozycji mało ambitnej. Jednakże, pomimo tych wad w podejściu, główne przesłanie oceny wpływu jest jednoznaczne: korzyści dla zdrowia w ogromnym stopniu (od 6- do 18-krotnie) przewyższają koszty wdrożenia rozwiązań w zakresie lepszej jakości powietrza, a największa korzyść netto (o wartości 38 mld EUR) wyłania się w przypadku opcji pełnego przyjęcia wartości rekomendowanych w wytycznych WHO - AQG z 2021 r. do 2030 r.¹³

Konieczne jest podjęcie większych starań na rzecz zmniejszenia nierówności w rozłożeniu obciążenia zdrowia wynikającego z zanieczyszczenia powietrza

Chociaż zanieczyszczenia powietrza mają wpływ na wszystkich ludzi, pewne ich grupy są szczególnie wrażliwe na te zanieczyszczenia i obciążone większym prawdopodobieństwem doświadczenia niekorzystnych skutków dla ich zdrowia, wśród nich kobiety w ciąży, dzieci, osoby starsze, osoby cierpiące na choroby przewlekłe oraz ludzie o niższym statusie społeczno-ekonomicznym.²⁶ Ponadto, grupy zmarginalizowane częściej zamieszkują obszary o bardzo wysokim poziomie zanieczyszczenia powietrza, co prowadzi do nierówności środowiskowych oraz dodatkowych nierówności w odniesieniu do zdrowia.^{27,28}

Stany Zjednoczone rozpoczęły działania mające stawić czoło wyzwaniom związanym z nierównościami zdrowotnymi związanymi z narażeniem na zanieczyszczenia powietrza, realizując proces spełnienia wymagań norm NAAQS, także w społecznościach zmarginalizowanych, poprzez wymóg umieszczenia dodatkowych punktów monitorowania jakości powietrza w ich miejscach zamieszkania.

Wzywamy Komisję Europejską, aby zwróciła większą uwagę na nierówności w tym zakresie oraz zalecamy wykorzystanie monitoringu lub modelowania jakości powietrza w celu oceny, czy owe nierówności w narażeniu na zanieczyszczenie powietrza zostaną skutecznie obniżone w przyszłości. Pragniemy zauważyć, iż proponowany obecnie uzupełniający wymóg redukcji średniego długookresowego narażenia na PM_{2,5} i NO₂ nie zapewnia odpowiedniej ochrony grup zmarginalizowanych, ponieważ jedynie wyniki z punktów monitorujących tło miejskie są wytypowane jako dane wejściowe do obliczeń. Ponadto, średni poziom narażenia obliczany jest na poziomie regionalnym (obszary NUTS1), którego rozdzielczość jest zbyt mała, aby uchwycić nierówności w narażeniu. Proponujemy, by zobowiązania w zakresie średniej redukcji narażenia na zanieczyszczenia były wartościami ważonymi

populacją oraz obejmowały dane z punktów monitorowania umieszczonych w obszarach o szczególnie wysokim poziomie zanieczyszczenia (np. przy ruchliwych drogach); idealne byłoby uzupełnienie sieci monitoringu o dodatkowe punkty zlokalizowane w obszarach zamieszkałych przez społeczności zmarginalizowane. Rekomendujemy wykorzystanie mniejszych obszarów geograficznych (NUTS2) z jednoznacznym określeniem, które jednostki administracji odpowiedzialne są za realizację wymogu redukcji średniego poziomu narażenia. Podkreślamy, że wymagania takie powinny być komplementarne względem obowiązku osiągnięcia wartości dopuszczalnych zanieczyszczeń.

Zalecana jest ostrożność w odejmowaniu udziału zanieczyszczeń ze źródeł „naturalnych”

Podobnie jak obowiązujące już dziś przepisy Dyrektywy CAFE, omawiana przez nas propozycja ustawodawcza pozwala na odejmowanie udziału źródeł „naturalnych”, od obliczonych przekroczeń wartości dopuszczalnych lub braku realizacji wymogu redukcji narażenia na zanieczyszczenia powietrza. Obejmuje to zanieczyszczenia powstające przy niekontrolowanych pożarach oraz przenoszone na duże odległości cząstki pyłu powstającego w czasie burz piaskowych i kurzaw. Dowody naukowe wykazują jednak, że zanieczyszczenie powietrza spowodowane emisjami z owych „naturalnych” źródeł jest również szkodliwe dla zdrowia ludzi, a ogromna większość badań, których wyniki leżą u podstaw wytycznych WHO - AQG z 2021 r., nie dokonuje rozróżnienia pomiędzy źródłami „naturalnymi” a źródłami związanymi z działalnością człowieka.^{4,29,30} Ponadto oczekuje się, iż udział zanieczyszczeń z „naturalnych” źródeł będzie rósł z powodu zmiany klimatu. Proponujemy zatem ograniczenie możliwości odejmowania zanieczyszczeń z tzw. źródeł „naturalnych”.

Wnioski

Wzywamy do bardziej ambitnego podejścia i wyznaczenia w nowelizacji Dyrektywy CAFE jednoznacznej ścieżki prowadzącej do pełnego wdrożenia do 2030 r. wartości rekomendowanych w wytycznych WHO - AQG z 2021 r. dla PM_{2,5}, NO₂ oraz ozonu. W szczególności nawołujemy do ustalenia średniorocznych wartości dopuszczalnych na poziomie 5 µg/m³ dla PM_{2,5} i 10 µg/m³ dla NO₂, jak również dodanie długookresowej wartości dopuszczalnej równej 60 µg/m³ dla ozonu (w ciepłych porach roku).

Konieczne są większe wysiłki na rzecz zmniejszenia nierówności w rozkładzie obciążenia zdrowia spowodowanego zanieczyszczeniem powietrza, gdyż proponowany obecnie wymóg redukcji średniego narażenia nie zapewni wystarczającej ochrony społecznościom zmarginalizowanym. Ponadto, zalecamy ostrożność w zezwalaniu na opóźnioną realizację zobowiązania do osiągnięcia wartości dopuszczalnych oraz na odejmowanie od rejestrowanych stężeń udziałów źródeł „naturalnych”, z których stężenia zanieczyszczeń będą najprawdopodobniej tylko rosły w wyniku zmiany klimatu.

Wyraźne i silniejsze związki z umieralnością i chorobowością przy narażeniu na bardzo niskie stężenia zanieczyszczeń powietrza uwypuklają ogromny niewykorzystany jeszcze potencjał uzyskania dodatkowych korzyści dla zdrowia w Europie i powinny one stać się siłą napędową odważnych i ambitnych decyzji Komisji

Europejskiej, Parlamentu Europejskiego i Rady. Ponadto zachęcamy rządy, samorządy lokalne i inne podmioty do dalszego podejmowania starań na rzecz poprawy jakości powietrza atmosferycznego nawet wówczas, gdy obecnie obowiązujące lub proponowane w Unii Europejskiej wartości dopuszczalne zostały już osiągnięte.

Oświadczenie dotyczące konfliktu interesów

Autorzy oświadczają, iż nie istnieją dotyczące ich konflikty interesów związane z treścią niniejszego opracowania.

Podziękowania

Składamy podziękowania europejskiemu oddziałowi Międzynarodowego Towarzystwa Epidemiologii Środowiskowej (ISEE), Komitetowi ISEE ds. Polityki, radzie głównej ISEE oraz Komitetowi ds. Zdrowia Środowiska Europejskiego Towarzystwa Badań nad Chorobami Układu Oddechowego (ERS) za ich cenny wkład.

Piśmiennictwo

¹ IARC (International Agency for Research on Cancer) Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Outdoor air pollution. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum. 2016; 109:9–444.

² US EPA (US Environmental Protection Agency). Integrated science assessment for oxides of nitrogen–health criteria. EPA/600/R-15/068. Washington, DC: US. EPA. 2016.

³ US EPA (US Environmental Protection Agency). Integrated science assessment for particulate matter. EPA/600/R-19/188. Washington, DC: US. EPA. 2019.

⁴ World Health Organization. WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization. 2021.

⁵ Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, et al. Air pollution and noncommunicable diseases: A review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 2: Air pollution and organ systems. Chest. 2019;155:417–426.

⁶ GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. Lancet. 2020;396:1223–1249.

⁷ Soares, J, González Ortiz A, Gsella A, et al. Health risk assessment of air pollution and the impact of the new WHO guidelines. Eionet Report – ETC HE 2022/10. European Topic Centre on Human Health and the Environment. 2022.

⁸ EU (European Union). Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. 2008.

⁹ Brunekreef B, Maynard RL. A note on the 2008 EU standards for particulate matter. Atmos Environ. 2008;42:6425–6430.

¹⁰ Brunekreef B, Künzli N, Pekkanen J, et al. Clean air in Europe: Beyond the horizon? Eur Respir J. 2015;45:7–10.

¹¹ Hoffmann B, Boogaard H, de Nazelle A, et al. WHO air quality guidelines 2021–Aiming for healthier air for all: A joint statement by medical, public health, scientific societies and patient representative organisations. Int J Public Health. 2021;66:1604465.

¹² EC (European Commission). Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe. Brussels, 26.10.2022. COM(2022) 542 final. 2022.

¹³ EC (European Commission). Study to support the impact assessment for a revision of the EU Ambient Air Quality Directives. Written by Trinomics, Rotterdam. 2022.

¹⁴ US EPA (US Environmental Protection Agency). Proposed decision for the reconsideration of the national ambient air quality standards for particulate matter (PM). 2023. Available at: <https://www.epa.gov/pm-pollution/proposed-decision-reconsideration-national-ambient-air-quality-standards-particulate>. Accessed 16, February 2023.

¹⁵ US EPA (US Environmental Protection Agency). Integrated science assessment for ozone and related photochemical oxidants. EPA/600/R-20/012. Washington, DC: US. EPA. 2020.

¹⁶ Orru H, Åström C, Andersson C, Tamm T, Ebi KL, Forsberg F. Ozone and heat-related mortality in Europe in 2050 significantly affected by changes in climate, population and greenhouse gas emission. Environ Res Lett. 2019;14:074013.

¹⁷ Analitis A, Michelozzi P, D'Ippoliti D, et al. Effects of heat waves on mortality: effect modification and confounding by air pollutants. Epidemiology. 2014;25:15–22.

¹⁸ Schneider A, Rai M, Zhang S, et al. Interactive effects of high temperature and a pollution in Europe. 2022. doi: 10.5281/zenodo.6383740.

¹⁹ EC (European Commission). Fitness check of the Ambient Air Quality Directives. Directive 2004/107/EC relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air and Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe. Report No.: 427 final. 2019.

²⁰ Chen J, Hoek G. Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis. Environ Int. 2020;143:105974.

-
- ²¹ Huangfu P, Atkinson R. Long-term exposure to NO₂ and O₃ and all-cause and respiratory mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 2020;144:105998.
- ²² Dominici F, Zanobetti A, Schwartz J, Braun D, Sabath B, Xiao Wu. Assessing adverse health effects of long-term exposure to low levels of ambient air pollution: Implementation of causal inference methods. Research Report 211. Boston, MA: Health Effects Institute. 2022.
- ²³ Brauer M, Brook JR, Christidis T, et al. Mortality–air pollution associations in low exposure environments (MAPLE): Phase 2. Research Report 212. Boston, MA: Health Effects Institute. 2022.
- ²⁴ Brunekreef B, Strak M, Chen J, et al. Mortality and morbidity effects of long-term exposure to low-level PM_{2.5}, BC, NO₂, and O₃: An analysis of European cohorts in the ELAPSE project. Research Report 208. Boston, MA: Health Effects Institute. 2021.
- ²⁵ Hoffmann B, Brunekreef B, Andersen ZJ, Forastiere F, Boogaard H. Benefits of future clean air policies in Europe: Proposed analyses of the mortality impacts of PM_{2.5} and NO₂. *Environ Epidemiol.* 2022;6:e221.
- ²⁶ Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, et al. Air pollution and noncommunicable diseases: A review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 1: The damaging effects of air pollution. *Chest.* 2019;155:409–416.
- ²⁷ Hajat A, Hsia C, O'Neill MS. Socioeconomic disparities and air pollution exposure: A global review. *Curr Environ Health Rep.* 2015;2:440–450.
- ²⁸ O'Neill MS, Jerrett M, Kawachi L, et al. Health, wealth, and air pollution: Advancing theory and methods. *Environ Health Perspect.* 2003;111:1861–1870.
- ²⁹ Cascio WE. Wildland fire smoke and human health. *Sci Total Environ.* 2018;624:586–595.
- ³⁰ Tobias A, Karanasiou A, Amato F, Querol X. Health effects of desert dust and sand storms: A systematic review and meta-analysis. *Environ Epidemiol.* 2019;3:396.

Pobrano: <http://journals.lww.com/environepidem> by

BhDMf5ePHKav1zEoum1tQfN4a+kJLhEZgbslHo4XMi0hCywCX1AWnYQp//lIQrHD3i3D0OdRyi7TvSFI4Cf3VC1y0abggQZXdtwnfKZBYtws= on 03/13/2023