

Luchtverontreiniging en gezondheid

Bert Brunekreef

Samenvatting

Er is al jaren veel te doen over de effecten van luchtverontreiniging op de gezondheid. Onlangs nog sprak een groot aantal longartsen in een open brief aan de Tweede Kamer verontrusting uit over deze kwestie.

Luchtverontreiniging ontstaat vooral in allerlei verbrandingsprocessen; daarnaast spelen atmosferisch-chemische reacties een rol bij de vorming van ozon en fijnstof.

Effecten op de gezondheid zijn zowel acuut (toename van dagelijkse sterfte en morbiditeit na dagen met verhoogde concentraties luchtverontreiniging) als chronisch (verkorte levensduur en grotere incidentie van luchtweg- en hart-vaatziekten in gebieden met verhoogde concentraties luchtverontreiniging).

Deze effecten treden al op bij concentraties die duidelijk lager liggen dan nu in ons land worden waargenomen.

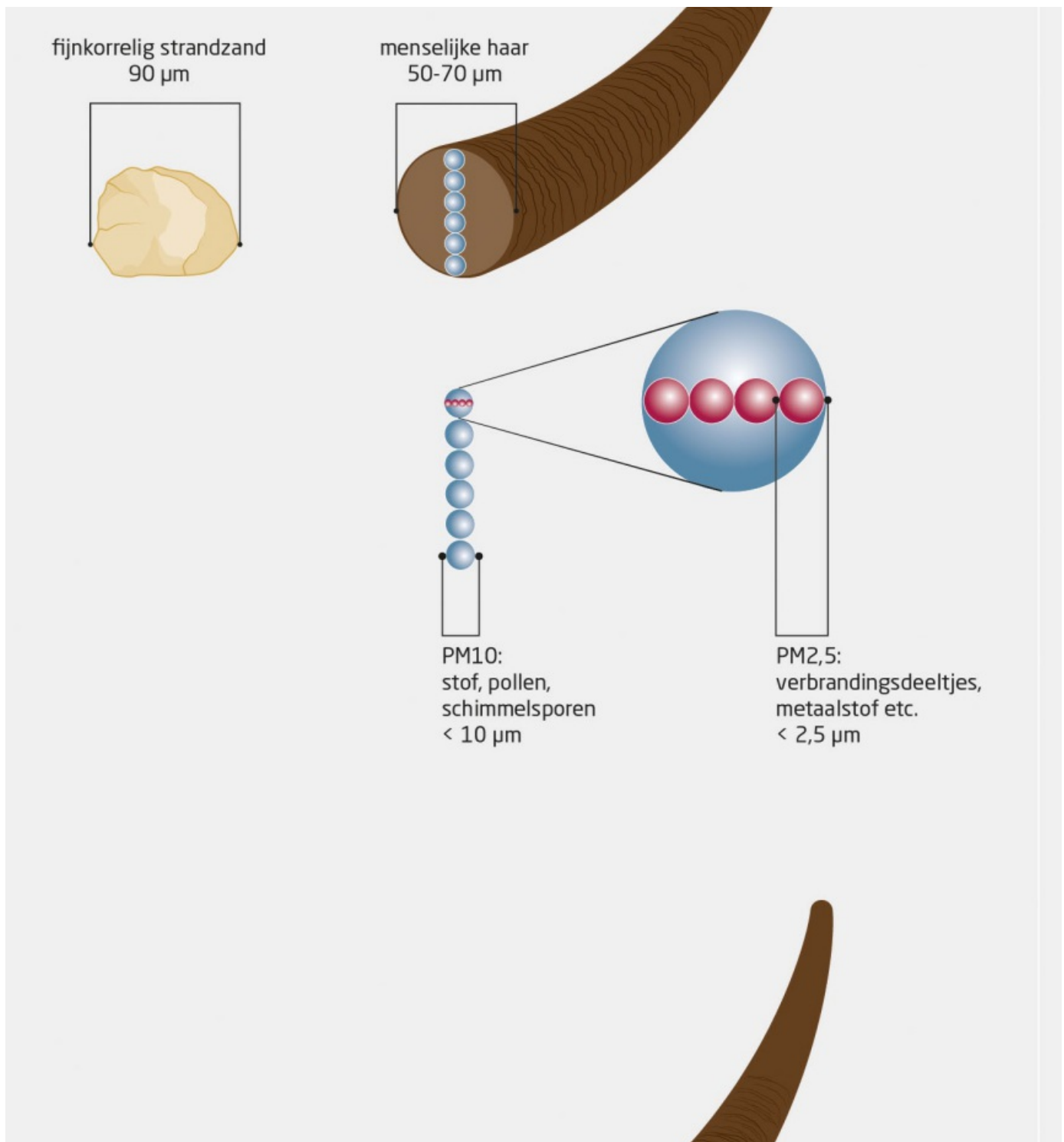
'Bewoners Pelikaanstraat leven 5 jaar korter' kopte *Stadsblad Utrecht* een tijdje terug. De oorzaak zou de luchtverontreiniging zijn die dieselbussen veroorzaken wanneer de genoemde straat zou worden voorzien van een busbaan; die is er overigens nooit gekomen, maar voorbeelden als deze zijn er te over ('Verbied vuurkorf en open haard', nrc.nl. 5 april 2018). Dit artikel in het NTvG is bedoeld de lezer wegwijs te maken in wat er zoal bekend is over luchtverontreiniging en gezondheid. Over dit onderwerp verschijnen jaarlijks vele honderden publicaties. Ik heb geen poging gedaan al deze literatuur systematisch te reviewen. Het overzicht is gebaseerd op inzichten die ik verkregen heb in decennia van actief onderzoek op dit gebied en veelvuldige deelname aan reviewactiviteiten van onder andere de Gezondheidsraad, de WHO en de Europese Unie.

Luchtverontreiniging: bronnen en belangrijkste componenten

Er zijn veel bronnen van luchtverontreiniging. Denk in de eerste plaats aan allerlei verbrandingsprocessen: het verbranden van gas, olie, kolen en biomassa voor energieopwekking, ruimteverwarming en transport. Er zijn ook natuurlijke bronnen zoals zeeën, woestijnen, vulkanen en bosbranden. Een andere belangrijke bron is de intensieve veehouderij. Zij brengt grote hoeveelheden ammoniak in de lucht die daar reageren met stikstofoxiden en zwaveloxiden, wat leidt tot vorming van fijnstof in de vorm van ammoniumnitraat en -sulfaat. Een andere belangrijke vorm van luchtverontreiniging die in de atmosfeer ontstaat is ozon, dat wordt gevormd door de invloed van zonlicht op stikstofoxiden en koolwaterstoffen.

In het verleden ging veel aandacht uit naar zwaveldioxide en roet dat afkomstig was van kolenstook. Met de komst van aardgas is steenkool echter helemaal verdwenen als brandstof voor lokale ruimteverwarming. In de loop der jaren is door ontzwaveling van brandstoffen en rookgassen de concentratie zwaveldioxide zeer sterk gedaald. We maken ons in Nederland weinig zorgen meer over deze vorm van luchtverontreiniging. De meeste aandacht gaat tegenwoordig uit naar fijnstof, ozon en stikstofdioxide. Ook hiervan zijn de concentraties in de laatste decennia weliswaar gedaald, maar ze liggen nog steeds op een niveau dat gezondheidskundig relevant is.

De meest gebruikte maat voor fijnstof is 'particulate matter' (PM); PM_{2,5} staat voor stofdeeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 2,5 µm. Deze deeltjes kunnen bij inademing tot diep in de luchtwegen en longen doordringen. Ultrafijnstof – deeltjes kleiner dan 100 nm – draagt maar beperkt bij aan de massa fijnstof, maar deze deeltjes kunnen via het longepitheel in de bloedbaan terechtkomen en zo bijdragen aan het ontstaan van extrapulmonale, systemische effecten. In figuur 1 is weergegeven hoe de grootte van fijnstof zich verhoudt tot die van zandkorrels en een mensenhaar.



Figuur 1

PM2,5- en PM10-deeltjes in verhouding met de diameters van fijn zand en een menselijke haar.

Effecten van luchtverontreiniging op de gezondheid

Verreweg de meeste aandacht gaat uit naar effecten van fijnstof. Hier zijn duizenden studies naar verricht, waarvan er één een onwaarschijnlijk grote invloed heeft gehad.¹ Dit is de 'Harvard six cities'-studie, die in 1993 werd gepubliceerd. In deze studie werd een groot aantal mensen uit 6 verschillende Amerikaanse steden over een periode van 15 jaar gevolgd. Uit de resultaten bleek dat er een nauwe samenhang bestaat tussen de concentraties fijnstof in deze steden en sterfte, vooral aan hart-vaatziekten en longaandoeningen. Belangrijk is dat dit verband werd waargenomen bij jaargemiddelde concentraties fijnstof van 10-25 µg/m³, concentraties die ook nu nog in ons land en in grote delen van Europa voorkomen. De resultaten van deze studie werden in 1995 door een nog veel grotere studie bevestigd,² waarna de normstelling voor fijnstof in de buitenlucht door de Amerikaanse overheid werd aangescherpt. Verderop in dit artikel ga ik in op de betekenis van de diverse normen en advieswaarden die voor de buitenlucht

worden gehanteerd.

Episodes van luchtverontreiniging en tijdseriestudies

Al veel langer is bekend dat kortdurende fluctuaties in de concentratie luchtverontreiniging ook samenhangen met kortdurende fluctuaties in sterfte en ziekenhuisopnames vanwege cardiovasculaire en respiratoire aandoeningen. Het meest pregnant kwam dit naar voren tijdens zogenaamde luchtverontreinigingsepisodes, waarvan de bekendste plaatsvonden in de Maasvallei in België in 1930, in het stadje Donora in de Verenigde Staten in 1948 en in Londen in december 1952. Tijdens en na deze laatste episode met extreem verhoogde concentraties luchtverontreiniging stierven ongeveer 12.000 mensen méér dan het geval zou zijn geweest zonder deze episode.³ Dit soort episodes komen in ons deel van de wereld gelukkig niet meer voor, maar uit zogenaamde tijdseriestudies is gebleken dat de relatie tussen luchtverontreiniging en sterfte ook bij veel lagere concentraties blijft bestaan. Een omvangrijke studie uit de Verenigde Staten vestigde hier kort geleden nog de aandacht op, waarbij opviel dat er in feite geen drempelwaarde lijkt te bestaan waaronder deze relatie niet meer wordt gevonden.⁴ In deze studie gold dat niet alleen voor fijnstof maar ook voor ozon.

Om begrijpelijke redenen trekt de relatie tussen luchtverontreiniging en sterfte in de publiciteit en in het beleid de meeste aandacht. Zoals ik hierna nog zal betogen, is het berekenen van het aantal sterfgevallen dat aan luchtverontreiniging kan worden toegeschreven nog niet zo eenvoudig. Voor de tijdseriestudies geldt daarnaast dat het niet eenvoudig is vast te stellen in welke mate de aan luchtverontreiniging gerelateerde sterfgevallen mensen betreffen die al in een zeer zwakke gezondheid verkeren en daarom mogelijk niet heel veel langer te leven zouden hebben gehad.⁵

ESCAPE-onderzoek

De laatste jaren wordt steeds duidelijker dat luchtverontreiniging, en dan vooral fijnstof, is gerelateerd aan ziekteverschijnselen gedurende het gehele leven. In het Europese ESCAPE-onderzoek (www.escapeproject.eu), dat door het Institute for Risk Assessment Sciences wordt gecoördineerd, wordt gekeken naar het effect van luchtverontreiniging op geboortegewicht, luchtweginfecties op de vroege kinderleeftijd, astma, allergische sensibilisatie en cognitieve ontwikkeling bij kinderen. Daarnaast richt het onderzoek zich op het effect van luchtverontreiniging op respiratoire en cardiovasculaire aandoeningen bij volwassenen en de effecten op de totale en oorzaak-specifieke sterfte. Op de meeste van deze uitkomsten had luchtverontreiniging een negatief effect; dit gold bijvoorbeeld voor geboortegewicht,⁶ luchtweginfecties op de vroege kinderleeftijd,⁷ totale sterfte,⁸ en longkankerincidentie.⁹

Subtiele veranderingen en biomarkers

Er wordt in de literatuur vooral veel aandacht geschonken aan het verband tussen fijnstof en cardiovasculaire aandoeningen. De kennis hierover is samengevat in gezaghebbende overzichtsartikelen uit zowel de Verenigde Staten als Europa.^{10,11} De resultaten van de welbekende 'Global burden of diseases'-studie suggereren bewezen oorzakelijke verbanden tussen luchtverontreiniging en ischemische hartziekten, beroerte, luchtweginfecties, COPD en longkanker.¹²

Luchtverontreiniging hangt niet alleen samen met manifeste klinische verschijnselen, maar ook met meer subtiele veranderingen in de homeostase van het lichaam. Al lang geleden is de vraag gesteld wat nu eigenlijk precies de schadelijkheid is van allerlei verbanden tussen luchtverontreiniging en lichaamsfuncties. De American Thoracic Society bracht hier al in 1985 een standpunt over uit dat in 2000 werd geactualiseerd.^{13,14} Uit deze publicaties is de beroemde piramide afkomstig die schematisch het onderscheid maakt tussen nadelige effecten en effecten van onzekere betekenis (figuur 2). In deze publicaties lag de nadruk nog sterk op de respiratoire effecten van luchtverontreiniging. Omdat het spectrum van effecten van luchtverontreiniging de laatste decennia sterk is verbreed, hebben de American Thoracic Society en de European Respiratory Society kort geleden een update uitgebracht waarin zij ook aandacht schenken aan niet-respiratoire effecten van luchtverontreiniging en nader ingaan op de interpretatie van de relaties tussen luchtverontreiniging en allerlei biomarkers.¹⁵



Figuur 2
Gevolgen van blootstelling aan luchtverontreiniging voor de gezondheid

Blootstelling aan luchtverontreiniging leidt vooral tot fysiologische veranderingen in het lichaam waarvan de betekenis onzeker is en veel minder vaak tot sterfte.

Er zijn de laatste jaren veel biomarkers ontwikkeld waarmee subtiele effecten van luchtverontreiniging op het menselijk lichaam kunnen worden gedetecteerd, maar het is lang niet altijd duidelijk of deze effecten ook als schadelijk kunnen worden gekenschetst. In de genoemde update wordt geen uitspraak gedaan over het al dan niet schadelijk zijn van verbanden met de vele honderden biomarkers die intussen zijn gedocumenteerd; in plaats daarvan wordt een aantal overwegingen genoemd die bij de beoordeling kunnen worden betrokken, zoals de mate waarin biomarkers belangrijke stappen in het pathofysiologisch proces representeren en de mate van consistentie in de verbanden met verschillende biomarkers in hetzelfde pathofysiologisch proces.

Normen, advieswaarden en drempels

Voor de beoordeling van de luchtkwaliteit worden uiteenlopende normen en advieswaarden gehanteerd. De Europese Unie stelde in 2008 een aantal limietwaarden op voor onder andere fijnstof, ozon en stikstofdioxide die een wettelijke status hebben, wat inhoudt dat de EU-lidstaten binnen een zekere termijn moeten voldoen aan deze waarden. Met name de limietwaarden voor fijnstof zijn om politieke redenen erg hoog gekozen, zoals een jaargemiddeldeconcentratie van 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.¹⁶ Deze waarde ligt ver boven de advieswaarde van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ die in 2005 door de WHO is aangegeven. In de Verenigde Staten wordt sinds 2012 een norm van 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gehanteerd.

Omdat al heel lang duidelijk is dat ook bij concentraties fijnstof lager dan 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nog aanzienlijke gezondheidseffecten optreden, biedt de Europese limietwaarde weinig tot geen bescherming voor de gezondheid. De kennis over effecten bij lage blootstellingsniveaus neemt intussen aanzienlijk toe, en het lijkt erop dat nadelige effecten op de gezondheid ook nog optreden bij concentraties ver onder de advieswaarden van de WHO.^{17,18}

De WHO is intussen begonnen met het herzien van haar advieswaarden, evenals de Amerikaanse Environmental Protection Agency en de Europese Unie. Over enkele jaren zal het landschap van normen en advieswaarden voor luchtkwaliteit er dan ook vermoedelijk geheel anders uitzien.

Berekenen van de ziektelast

De ziektelast van luchtverontreiniging wordt vaak op 2 manieren uitgedrukt: enerzijds als het aantal sterfgevallen per jaar dat wordt toegeschreven aan luchtverontreiniging, anderzijds als verlies van gezonde levensjaren. De eerste manier lijkt eenvoudiger te begrijpen dan de tweede, maar schijn bedriegt: bij nadere beschouwing is juist het berekenen van het aantal sterfgevallen dat toe te schrijven is aan luchtverontreiniging een zaak van voetangels en klemmen.

Het verlies van gezonde levensjaren kan rechtstreeks worden afgeleid uit studies waarin de overleving en de gezonde overleving worden vergeleken tussen groepen mensen die meer of minder aan luchtverontreiniging zijn blootgesteld. Uit dergelijke studies kunnen ook relatieve risico's worden berekend die aangeven hoeveel groter de kans op overlijden is door blootstelling aan een zekere mate van luchtverontreiniging. Dergelijke relatieve risico's kunnen vervolgens worden gebruikt om te berekenen welk deel van de sterfte aan luchtverontreiniging zou kunnen worden toegeschreven. Het probleem van deze laatste berekening is echter dat niet goed is te achterhalen hoe het verlies van gezonde levensjaren verdeeld is over de populatie die is blootgesteld aan luchtverontreiniging. In het ene extreme geval gaat het om een heel klein aantal mensen die heel vroeg in het leven overlijden, in het andere extreme geval gaat het om de hele bevolking waarbij iedereen een zekere verkorting van de gezonde levensduur ondergaat.

In de praktijk worden vaak beide manieren van berekenen van de ziektelast – sterfgevallen en verloren gezonde levensjaren – gepresenteerd. Dit gebeurde bijvoorbeeld in de recente publicatie over luchtverontreiniging en gezondheid vanuit de 'Global burden of diseases'-studie.¹² In deze publicatie wordt alleen sterfte door een aantal specifieke oorzaken gekwantificeerd, te weten ischemische hartziekten, longontsteking, COPD, beroerte en longkanker. In andere bronnen wordt de totale sterfte die kan worden toegeschreven aan luchtverontreiniging gekwantificeerd, wat uiteraard tot andere uitkomsten leidt.¹⁹ Bij de interpretatie van de resultaten is het dus steeds zaak goed te letten op de manier waarop de getallen zijn berekend.

Voor ons land wordt geschat dat luchtverontreiniging verantwoordelijk is voor 3-5% van de totale ziektelast

(<https://www.volksgezondheidenzorg.info/onderwerp/fysieke-omgeving/cijfers-context/luchtverontreiniging#node-ziektelast-door-luchtverontreiniging>). Dat is vergelijkbaar met de ziektelast door overgewicht, en van grotere omvang dan de ziektelast die kan worden toegeschreven aan overmatig alcoholgebruik (3%) of aan het eten van onvoldoende groenten en fruit (2%).

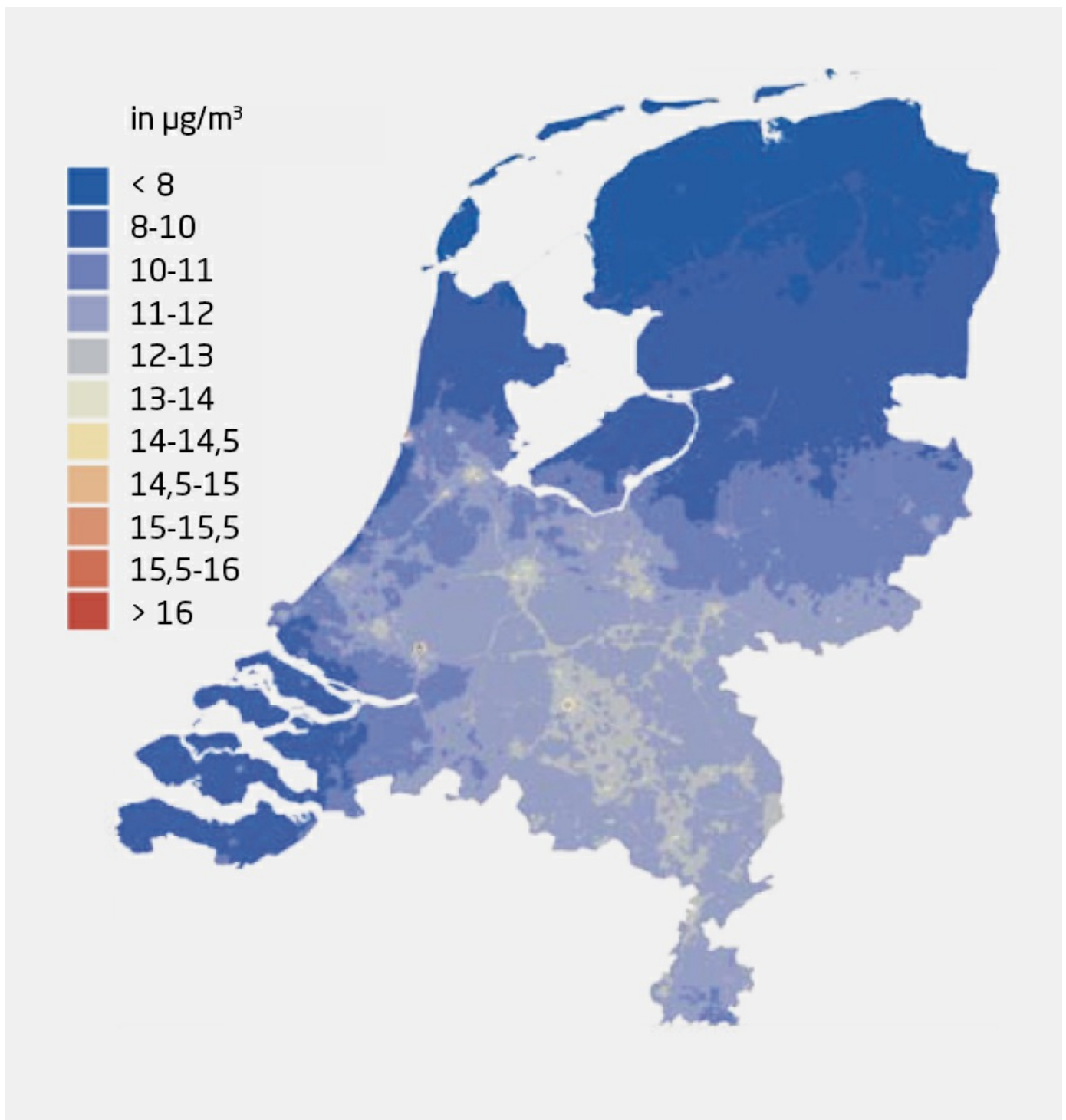
Enkele jaren geleden zette de WHO de kennis over blootstelling-responsrelaties tussen luchtverontreiniging en een reeks van gezondheidsuitkomsten op een rijtje.²⁰ Veel van de schattingen van de effecten van luchtverontreiniging op de gezondheid in ons land en elders in Europa zijn op dit rapport terug te voeren. De Gezondheidsraad maakte onlangs op basis van de WHO-gegevens een overzicht van de sterfte in Nederland door fijnstof, stikstofdioxide en ozon (tabel).²¹

component	aantal gevallen vroegtijdige sterfte (n = 12.050)	aantal verloren levensjaren (n = 130.900)
fijn stof*	9200	100.400
stikstofdioxide	2600	27.800
ozon	250	2700

* Betreft stofdeeltjes met een aerodynamische diameter < 2,5 µm.

Tabel
Sterfte door luchtverontreiniging in Nederland in 2014

Het rapport van de Gezondheidsraad laat zien dat de concentraties fijnstof verhoudingsgewijs laag zijn in het noorden van ons land en verhoogd zijn in en rond de grote steden en in Noord Brabant (figuur 3).²¹



Figuur 3
Concentraties fijnstof laag in noordelijke provincies, hoog rond grote steden

Spreiding van de gemiddelde concentraties fijnstof (PM_{2,5}) in Nederland in 2015.²¹

Informatie voor arts en patiënt

Er is ontzettend veel informatie over luchtverontreiniging en gezondheid en de niet-specialist raakt al gauw het spoor bijster. Gelukkig bestaan er diverse bronnen waar arts en patiënt zich toe kunnen wenden voor handzame informatie over dit onderwerp. Zo wijdde de European Lung Foundation recent een artikel aan de vraag hoe arts en patiënt snel aan goede informatie over luchtverontreiniging en gezondheid kunnen komen.²² Zij verwees daarbij naar een handzame factsheet (www.europeanlung.org/en/lung-disease-and-information/factsheets/english, klik op 'Air quality and lung health – the risks'). In ons land verspreidt het Longfonds soortgelijke informatie (www.longfonds.nl/buitenlucht-en-je-longen/ongezonde-lucht). Ten slotte wijs ik op het bestaan van een luchtkwaliteit-app die door vertegenwoordigers van het RIVM en de GGD Amsterdam is samengesteld,²³ speciaal voor de geïnteresseerde burger en patiënt

(www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Nieuwsberichten/2015/Nieuwe_app_mijn_luchtkwaliteit_gelanceerd). Er bestaan intussen vele honderden apps over luchtkwaliteit en gezondheid waarvan de kwaliteit maar moeilijk is te beoordelen. De genoemde app heeft als voordeel dat deze gebaseerd is op een gedegen wetenschappelijke onderbouwing die in een openbaar rapport toegankelijk is gemaakt.

De informatie die wordt verschaft in de genoemde populaire bronnen is steeds te herleiden tot het gezaghebbend rapport van de WHO dat eerder werd vermeld.²⁰

Tot slot

Zoals blijkt uit het recente rapport van de Gezondheidsraad,²¹ is er ondanks gestage vooruitgang nog steeds veel gezondheidswinst te boeken door het verder verlagen van de concentraties fijnstof, stikstofdioxide en ozon. Dat geldt zelfs wanneer de advieswaarden van de WHO niet meer worden overschreden.

- Online artikel en reageren op ntvg.nl/D2615
- Universiteit Utrecht, Institute for Risk Assessment Sciences, Utrecht; prof.dr.ir. B. Brunekreef, epidemioloog (tevens: Julius Centrum, UMC Utrecht).
- Contact: B. Brunekreef (b.brunekreef@uu.nl)
- Belangenconflict en financiële ondersteuning: geen gemeld.
- Aanvaard op 3 mei 2015
- Citeer als: Ned Tijdschr Geneeskd. 2018;162:D2615

Literatuur

1. Dockery DW, Pope CA 3rd, Xu X, et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med*. 1993;329:1753-9. [Medline doi:10.1056/NEJM199312093292401](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10.1056/NEJM199312093292401/)
2. Pope CA 3rd, Thun MJ, Namboodiri MM, et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;151:669-74. [Medline doi:10.1164/ajrccm/151.3_Pt_1.669](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10.1164/ajrccm/151.3_Pt_1.669/)
3. Bell ML, Davis DL. Reassessment of the lethal London fog of 1952: novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution. *Environ Health Perspect*. 2001;109:389-94. [Medline doi:10.1289/ehp.01109s3389](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10.1289/ehp.01109s3389/)
4. Di Q, Dai L, Wang Y, et al. Association of Short-term Exposure to Air Pollution With Mortality in Older Adults. *JAMA*. 2017;318:2446-56. [Medline doi:10.1001/jama.2017.17923](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10.1001/jama.2017.17923/)
5. Zanobetti A, Schwartz J, Samoli E, et al. The temporal pattern of mortality responses to air pollution: a multicity assessment of mortality displacement. *Epidemiology*. 2002;1:87-93. [Medline doi:10.1097/00001648-200201000-00014](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10.1097/00001648-200201000-00014/)
6. Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, et al. Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir Med*. 2013;1:695-704. [Medline](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23711111/)
7. MacIntyre EA, Gehring U, Mölter A, et al. Air pollution and respiratory infections during early childhood: an analysis of 10 European birth cohorts within the ESCAPE Project. *Environ Health Perspect*. 2014;122:107-13. [Medline](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24711111/)
8. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet*. 2014;383:785-95. [Medline doi:10.1016/S0140-6736\(13\)62158-3](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24711111/)
9. Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Beelen R, et al. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *Lancet Oncol*. 2013;14:813-22. [Medline doi:10.1016/S1470-2045\(13\)70279-1](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24711111/)
10. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, et al; American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Council on the Kidney in Cardiovascular Disease, and Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;121:2331-78. [Medline doi:10.1161/CIR.0b013e3181d8bece1](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20711111/)
11. Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, et al; ESC Working Group on Thrombosis, European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation; ESC Heart Failure Association. Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 2015;36:83-93b. [Medline doi:10.1093/eurheartj/ehu458](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25711111/)
12. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017;389:1907-18. [Medline doi:10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29711111/)
13. Guidelines as to what constitutes an adverse respiratory health effect, with special reference to epidemiologic studies of air pollution. *Am Rev Respir Dis*. 1985;131:666-8. [Medline](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/70711111/).

14. American Thoracic Society. What constitutes an adverse health effect of air pollution? Official statement of the American Thoracic Society. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161:665-73 [Medline](#).
15. Thurston GD, Kipen H, Annesi-Maesano I, et al. A joint ERS/ATS policy statement: what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. *Eur Respir J*. 2017;49:1600419. [Medline doi:10.1183/13993003.00419-2016](#)
16. Brunekreef B, Maynard RL. A note on the 2008 EU standards for particulate matter. *Atmos Environ*. 2008;42:6425-30. [doi:10.1016/j.atmosenv.2008.04.036](#)
17. Crouse DL, Peters PA, van Donkelaar A, et al. Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a Canadian national-level cohort study. *Environ Health Perspect*. 2012;120:708-14. [Medline doi:10.1289/ehp.1104049](#)
18. Crouse DL, Peters PA, Hystad P, et al. Ambient PM_{2.5}, O₃, and NO₂ exposures and associations with mortality over 16 years of follow-up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC). *Environ Health Perspect*. 2015;123:1180-6. [Medline doi:10.1289/ehp.1409276](#)
19. European Environment Agency. [Air quality in Europe – 2017 report](#). Copenhagen: European Environment Agency; 2017.
20. Héroux ME, Anderson HR, Atkinson R, et al. Quantifying the health impacts of ambient air pollutants: recommendations of a WHO/Europe project. *Int J Public Health*. 2015;60:619-27. [Medline doi:10.1007/s00038-015-0690-y](#)
21. Gezondheidsraad. [Gezondheidswinst door schonere lucht](#). Publicatienr. 2018/01. Den Haag: Gezondheidsraad; 2018.
22. Powell P, Brunekreef B, Grigg J. How do you explain the risk of air pollution to your patients? *Breathe (Sheff)*. 2016;12:201-3. [Medline doi:10.1183/20734735.011416](#)
23. Dusseldorp A, Fischer PH, Dijkema MB, Strak MM. [Luchtkwaliteitsindex. Aanbevelingen voor de samenstelling en duiding](#). RIVM Rapport 2015-0050. Bilthoven: RIVM; 2014.

Kernpunten

- Luchtverontreiniging ontstaat vooral in allerlei verbrandingsprocessen; verreweg de meeste aandacht gaan uit naar de effecten van fijnstof.
- Fijnstofdeeltjes kunnen bij inademing tot diep in de luchtwegen en longen doordringen en via de bloedbaan bijdragen aan het ontstaan van extrapulmonale, systemische effecten.
- Luchtverontreiniging is gerelateerd aan ziekteverschijnselen gedurende het gehele leven, maar ook met subtiele veranderingen in de homeostase van het lichaam.
- Ondanks gestage vooruitgang is nog steeds veel gezondheidswinst te boeken door het verder verlagen van de concentraties fijnstof.