



Dossier 'Fijn stof'

4 Effecten

Colofon

Dossier 'Fijn stof', hoofdstuk 4, 'Effecten'.
Versie 1 © RIVM, Bilthoven, januari 2013.

Bij de samenstelling van de teksten in het Dossier 'Fijn stof' is in belangrijke mate gebruik gemaakt van teksten uit de volgende publicaties:

- Buijsman, E. (2007) *Een boekje open over fijn stof*. Tinsentiep, Houten.
- Buijsman, E., Beck, J.P., Van Bree, L., Cassee, F.R., Koelemeijer, R.B.A., Matthijsen, J., Thomas, R. & Wieringa K. (2005) *Fijn stof nader bekeken*. Rapport 500037008, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Matthijsen, J. & Koelemeijer, R.B.A. (2010) *Beleidsgericht onderzoeksprogramma fijn stof. Resultaten op hoofdlijnen en beleidsconsequenties*. Rapport 500099013, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Velders, G.J.M., Aben, J.M.M., Jimmink, B.A., Geilenkirchen, G.P., Van der Swaluw, E., De Vries, W.J., Wesseling, J. & Van Zanten, M.C. (2012) *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland: Rapportage 2012*. Rapport 680362002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Indicatoren uit het Compendium voor de Leefomgeving.

Deze publicatie is samengesteld door E. Buijsman (Planbureau voor de Leefomgeving), F.R. Cassee, P.H. Fischer, R. Hoogerbrugge, R.J.M. Maas, E. van der Swaluw en M.C. van Zanten (allen Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) met bijdragen van J.P.J. Berkhout, J. Matthijsen, W. Mol, W.L.M. Smeets en K. van Velze (Planbureau voor de Leefomgeving) en K.R. Krijgsheld (Ministerie van Infrastructuur en Milieu). Een aantal gegevens is verkregen dankzij de vriendelijke medewerking van D. de Jonge (GGD Amsterdam), P. Kummu, J.J.H. van den Elshout en Y. Stokkermans (DCMR Milieudienst Rijnmond), M.P. Keuken (TNO-Verkeer en luchtkwaliteit), M. Hermans (provincie Limburg), F. Fierens (IRCEL-CELINE), E. Roekens (Vlaamse Milieumaatschappij) en U. Dauert (Umweltbundesamt).

Bij de productie van de afbeeldingen zijn M.J.L.C. Abels-van Overveld, J.F. de Ruiter en R. de Niet van het Redactie Productie Team van het Planbureau voor de Leefomgeving bijzonder behulpzaam geweest.

Afbeelding voorpagina: Vrouw met mondkapje tijdens de beruchte smogepisode in oktober 1948 in Donora, Verenigde Staten. Naar schatting 20 mensen zijn toen door de extreme luchtverontreiniging overleden. Tijdens periodes met zware luchtverontreiniging worden nogal eens mondkapjes gedragen om de inademing van schadelijke stoffen te voorkomen. Het effect ervan is echter maar beperkt. Foto ExplorePAhistory.

4 Effecten

Dit onderdeel van het dossier 'Fijn stof' behandelt de effecten van fijn stof op de menselijke gezondheid. Hierbij komt aan de orde om welke effecten het gaat en hoe deze uitwerken op de mens.

De belangrijkste constatering uit dit onderdeel zijn:

- Blootstelling aan fijn stof lijkt bij alle niveaus waarschijnlijk te leiden tot nadelige gezondheidseffecten optreden.
- De gemiddelde levensduurverkorting door al het fijn stof bedraagt in Nederland ongeveer een jaar.
- Effecten van langdurige blootstelling aan fijn stof zijn onder andere ook verergering van bestaande ziekten, zoals aandoeningen van hart- en vaatstelsel en luchtwegen en longen.

Stof waarschijnlijk altijd schadelijk

Er kunnen geen veilige niveaus worden aangetoond waarbij geen schadelijke gezondheidseffecten van fijn stof optreden. Dit houdt in dat er op basis van in epidemiologische studies geen buitenluchtconcentratie is aan te geven waar beneden geen gezondheidseffecten worden gevonden. Daarom zullen er ook beneden de huidige grenswaarden voor fijn stof in de buitenlucht gezondheidseffecten kunnen optreden. Dit betekent dat, er gezondheidswinst mag worden verwacht bij elke microgram minder fijn stof ongeacht de aard of samenstelling van het fijn stof. Wel is bekend dat niet al het fijn stof even schadelijk is en dat beleid dus kan prioriteren op basis van toxiciteit en blootstellingsscenario's.

Bij de gezondheidseffecten van fijn stof is niet aan te geven welke individuen het precies betreft. Wel is aannemelijk dat bij een grotere gevoeligheid het risico op gezondheidseffecten groter is. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan oudere mensen met hart- en vaat-, en luchtweg- en longaandoeningen vanwege een verminderde functie van afweermechanismen.

Bij fijn stof (en luchtverontreiniging in bredere zin) wordt vooral over vroegtijdige sterfte of levensduurverkorting gesproken. Het totaal aan gezondheidseffecten lijkt echter omvangrijker. Naast vroegtijdige sterfte worden in onderzoeken ook effecten waargenomen als verergering van bestaande ziekten, zoals aandoeningen van hart- en vaatstelsel- en luchtwegen en longen, en de hiermee verbonden toename van ziekenhuisopnames, klachten en symptomen en verzuim op school en werk. Met andere woorden, mensen die hoog worden belast hebben een minder kwaliteit van leven. Deze effecten komen op grotere schaal in de bevolking voor dan vroegtijdige sterfte en dragen bij aan de totale ziektelast in de bevolking. Deze effecten zijn echter vaak minder goed te berekenen door het gebrek aan bruikbare registratiesystemen. Dit verklaart dan hier veel minder over is gepubliceerd.

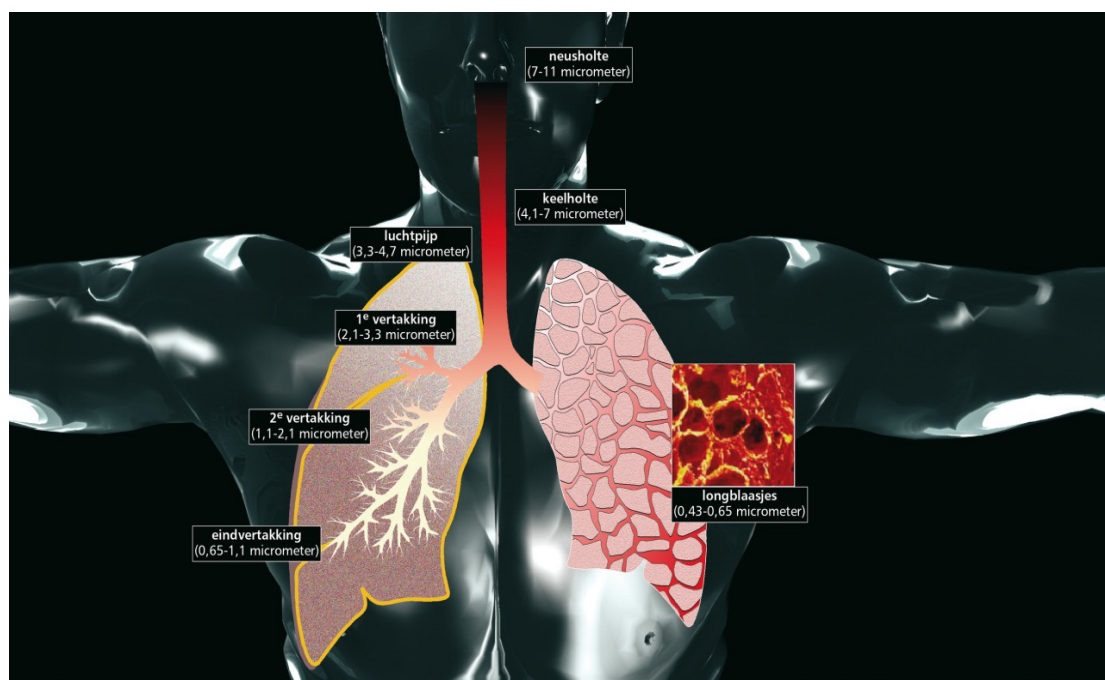
Fijn stof is een mengsel van veel verschillende soorten chemische bestanddelen afkomstig van een scala aan antropogene en natuurlijke bronnen. Zowel fijn stof (PM_{10}) als het fijnere deel van fijn stof ($PM_{2,5}$) zijn geassocieerd met gezondheidseffecten. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) beschouwt $PM_{2,5}$ als schadelijker voor de gezondheid dan de deeltjes groter dan $2,5 \mu m$ (WHO, 2006a), waarbij deze laatste fractie echter wel degelijk ook wordt geassocieerd met gezondheidseffecten. Binnen $PM_{2,5}$ wordt ook nog ultrafijn stof, $PM_{0,1}$, onderscheiden. De schadelijkheid van de kleinere fracties is mede ingegeven door de notie dat hoe kleiner de deeltjes zijn hoe verder ze in de longen kunnen doordringen (afbeelding 4.1). Zeer kleine deeltjes zouden zo zelfs in de bloedbaan kunnen geraken en daarmee direct in contact kunnen komen met hart en andere organen. Aangezien ultrafijn stof zeer weinig bijdraagt aan de totale massa van fijn stof zijn de huidige normen voor $PM_{2,5}$ en PM_{10} wellicht niet optimaal.

Huidig onderzoek wijst in de richting dat in ieder geval de kleine (zwarte) roetdeeltjes bij gezondheidsschade van belang zijn. Het gaat hier om deeltjes die vrij komen bij verbrandingsprocessen

zoals bij alle verkeersvormen, energieopwekking, raffinaderijen, bij houtkachels en sommige industriële activiteiten. Dit geeft richting aan de vraag welke chemische bestanddelen van fijn stof de oorzaak zijn van de gezondheidseffecten.

Naast organische stoffen worden ook oplosbare metalen in verband gebracht met nadelige effecten op de gezondheid. Andere bestanddelen van fijn stof zoals zeezout en ook de sulfaat- en nitraatfractie in fijn stof zijn duidelijk minder schadelijk. Vaststaat dat niet al het fijn stof even schadelijk is en dat er waarschijnlijk betere indicatoren kunnen worden ontwikkeld die de causale relaties kunnen onderbouwen. Gezien de complexe samenstelling van fijn stof is nog niet vastgesteld wat het precieze gevolg van vermindering van de genoemde componenten is op de terugdringing van gezondheidsschade.

Ondanks de mogelijke verschillen in schadelijkheid tussen bestanddelen van fijn stof (WHO, 2006b) is de Wereldgezondheidsorganisatie er tot voor kort van uitgegaan dat in het heterogene fijnstofmengsel van zowel PM_{10} als $PM_{2,5}$ elke component gezondheidskundig even belangrijk is. De belangrijkste reden is het gebrek aan gegevens over de samenstelling van fijn stof die in epidemiologisch onderzoek kunnen worden gebruikt. Dit is dan ook tot nu toe steeds als uitgangspunt bij de risicoschattig genomen. Hierbij speelt bovendien een rol, dat onbekend is wat de effecten zullen zijn op de gezondheid bij vermindering van de individuele bestanddelen. Op korte termijn zal de WHO echter op basis van de resultaten van wetenschappelijk onderzoek van de laatste jaren met een nieuwe beoordeling van de situatie komen. Wel is het steeds duidelijker geworden dat vooral roet bijdraagt aan de gezondheidseffecten.



Afbeelding 4.1 Schematische weergave van het ademhalingssysteem van de mens. De tussen haakjes aangegeven deeltjesgrootten zijn slechts indicatief bedoeld, maar illustreren wel goed dat de fijnste deeltjes het diepst in de longen door kunnen dringen. Bron: Trouw © Trouw, 2005.

Mogelijke mechanismen van gezondheidseffecten

Biologische mechanismen waardoor fijn stof schadelijke effecten kan veroorzaken worden steeds duidelijker. Fijn stof lijkt vroegtijdige sterfte of ziekte echter niet te veroorzaken in een van oorsprong gezond persoon. Wel lijkt het bestaande ziektes te verergeren en dan vooral ernstige luchtwegaandoeningen, zoals astma, en hart- en vaatziekten. Onder de mensen met deze aandoeningen lijkt daarom het risico het grootst. Het toxicologisch onderzoek naar fijn stof heeft al wel wat ondersteunende gegevens aangedragen voor de gezondheidseffecten (plausibiliteit), maar kan bij lage concentraties geen blootstelling-effectrelaties opstellen om duidelijkheid te scheppen over de causaliteit. Toch geven klinische studie met bijvoorbeeld roetfilters aan dat effecten van piekblootstellingen hierdoor kunnen worden voorkomen. De organische componenten geabsorbeerd op vaste roetdeeltjes lijken daarbij een dominante rol te spelen.

Er zijn daarbij enkele ideeën verkregen over het ontstaan van de schadelijke effecten. Via inademing komt fijn stof terecht in neus, de bovenste en onderste luchtwegen en in de longen. Daar kan het ontstekingsreacties veroorzaken en kan de zuurstofopname worden bemoeilijkt. Ook ontstaan er reactieve zuurstof-deeltjes en bij gebrek aan antioxidanten zoals vitamine C leidt dit tot bijvoorbeeld weefselschade. Bij mensen die door andere oorzaken al zwakke longen hebben, kan dat op den duur fataal zijn. Deze ontstekingsreacties, en de hierbij vrijgekomen radicaalverbindingen, kunnen ook schadelijk zijn voor de hartfunctie en dus ook voor hartpatiënten. Fijn stof kan de stollingsbalans in het bloed en het functioneren van het hart en de bloedvaten verstoren, met een grotere kans op een hartinfarct. Daarnaast zijn ook neurologische effecten van fijn stof gevonden, waardoor bijvoorbeeld de hart(spier)functie negatief kan worden beïnvloed. Van dit soort effecten wordt ook verondersteld dat ze een bijdrage leveren aan een proces van vervroegde veroudering. De vraag blijft echter of deze effecten ook bij de huidige concentraties in de buitenlucht kunnen optreden.

Effecten van blootstelling gedurende korte tijd

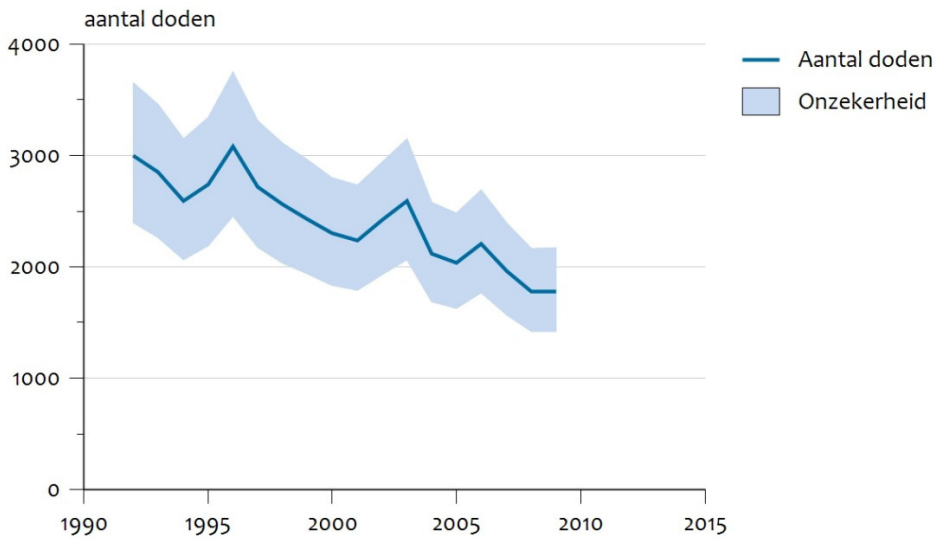
Gezondheidseffecten die optreden bij kortdurende verhoogde blootstelling¹ aan fijn stof zijn beter bekend, ook omdat hierover honderden studies - waaronder ook enkele Nederlandse - beschikbaar zijn. Deze effecten treden op als gevolg van de dagelijkse variatie in blootstelling aan fijn stof: op dagen met hogere concentraties worden meer sterftegevallen waargenomen dan dagen met een lagere concentratie. Gezondheidskundige studies, die de effecten van kortdurende blootstelling aan fijn stof belichten, wijzen uit dat in Nederland jaarlijks enige duizenden mensen vroegtijdig overlijden. De duur van deze levensverkorting is vermoedelijk kort: enkele dagen tot maanden, dus ruwweg tien maal minder dan langdurige blootstelling aan verhoogde fijnstofconcentraties. Fijn stof heeft effect op onder andere hart- en longfuncties. Zo wordt een à twee procent van de spoedopnamen voor long- of hart- en vaataandoeningen in Nederland toegeschreven aan fijn stof. Dergelijke resultaten zijn niet alleen in Nederland, maar overal op de wereld gevonden en ze zijn vrij robuust.

De fijnstofconcentraties dalen sinds het begin van de jaren negentig. De geschatte vroegtijdige sterfte door kortdurende piekblootstelling neemt sinds die tijd ook af omdat de ook voor de sterfte na kortdurende blootstelling geen drempelwaarde is gevonden (afbeelding 4.2). Begin jaren negentig overleden er per jaar naar schatting ruim 3.000 mensen voortijdig als gevolg van een kortdurende piekblootstelling aan fijn stof, in 2009 waren dat er nog er circa 1.800.

Effecten van blootstelling gedurende lange tijd

Er is bezorgdheid over een mogelijke invloed op de gezondheid op lange termijn samenhangend met de blootstelling aan fijn stof. Daarmee wordt het luchtverontreinigingsniveau bedoeld waaraan mensen gedurende langere tijd (meer jaren of gedurende een heel leven) zijn blootgesteld. Wanneer risicoschattingen worden gemaakt met behulp van toonaangevende Amerikaanse studies, blijkt de omvang deze effecten groter te zijn dan de effecten geassocieerd met piekblootstellingen (dag tot dag variatie) (zie ook de volgende paragraaf). Op basis hiervan wordt geschat dat langdurige blootstelling aan fijn stof leidt tot een levensduurverkorting in de orde van een jaar gemiddeld voor de hele Nederlandse bevolking in vergelijking tot een leven lang zonder fijn stof. Er zijn risicogroepen waarvoor deze schatting hoger uit zal vallen, bijvoorbeeld voor mensen met een hartaandoening.

Vroegtijdige sterfte door kortdurende blootstelling aan fijn stof



Afbeelding 4.2 Vroegtijdige sterfte door kortdurende piekblootstelling aan fijn stof. Bron: Compendium voor de Leefomgeving.

Tabel 1 Vroegtijdige sterfte en spoedopnamen in Nederland, 2009.

	Totaal	Waarvan door fijn stof (PM ₁₀) ^{1,2)}
Vroegtijdige sterfte		
Alle oorzaken	126817	1780 (1420-2170)
-waarvan luchtwegaandoeningen	13962	600 (480-710)
-waarvan COPD ³⁾	6253	250 (180-320)
-waarvan longontsteking	5990	280 (00-350)
-waarvan hart- en vaataandoeningen	38897	380 (180-550)
Spoedopnamen		
Alle luchtwegaandoeningen	78500	910 (560-1270)
Hart- en vaataandoeningen	110620	1160 (790-1480)

1) Uitgaande van daggemiddelde fijnstofconcentraties.

2) Tussen haakjes de onder- respectievelijk de bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval.

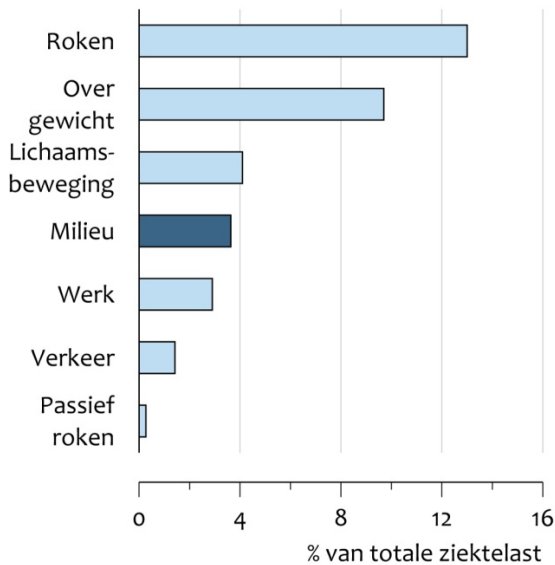
3) Chronic Obstructive Pulmonary Disease, hieronder vallen astma, chronische bronchitis en longemfyseem.

DALY's

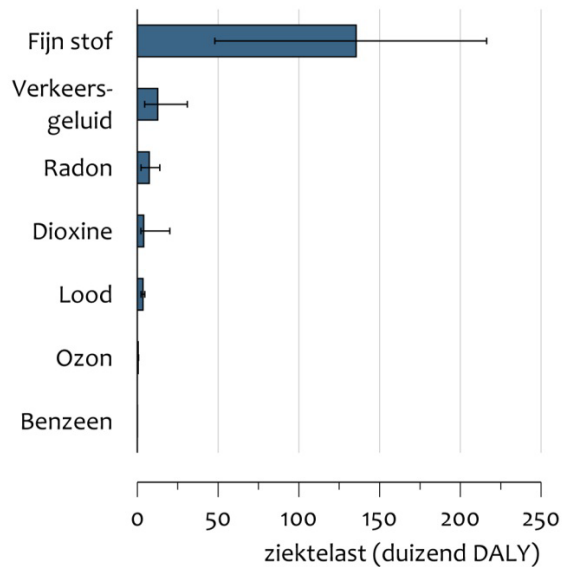
Gezondheidseffecten in de bevolking kunnen, behalve uitgedrukt in aantallen mensen, ook worden weergegeven in de zogeheten DALY's, waarbij DALY staat voor Disability Adjusted Life Years. Hierin worden omvang, ernst en duur van de effecten verdisconteerd waardoor een soort universele gezondheidsmaat ontstaat voor het totaal aan sterfte en de ziektelast in de bevolking. Hierdoor wordt het mogelijk de gezondheidseffecten van verschillende milieufactoren ook beter onderling met elkaar te vergelijken. Wanneer bijvoorbeeld voor de langetermijneffecten samenhangend met fijn stof de hoeveelheid DALY's wordt berekend voor vroegtijdige sterfte komt men voor 2000 uit op ca. 130.000 DALY's in de Nederlandse bevolking als geheel (afbeelding 4.3). De onzekerheid in deze schatting is groot. Rekening houdend met deze onzekerheid zou dit langetermijneffect van fijn stof overeen kunnen komen met enkele procenten tot wellicht meer dan vijftien procent van de berekende ziektelast in de bevolking. Hoe groot de totale ziektelast is in de bevolking wanneer met alle mogelijke langetermijneffecten samenhangend met fijn stof rekening gehouden wordt, is nog onbekend. Over de risicoschattingen van milieufactoren in zijn algemeenheid is een rapport verschenen (Knol & Staatsen, 2005). Daarin worden ook de onzekerheden aangegeven die bij dit soort risicoschattingen en bij de gegevens waarop deze zijn gebaseerd, een rol spelen.

Ziektelast in Nederland, 2010

Leefstijlgerelateerd



Milieugerelateerd



Afbeelding 4.3 Totale (links) en milieugerelateerde (rechts) ziektebelasting in Nederland. Bron: Hänninen & Knol, 2011.

Sinds de jaren vijftig is de levensverwachting van de Nederlandse bevolking toegenomen met meer dan zeven jaar. Verbetering van de medische zorg heeft hier flink aan bijgedragen (Meerding et al., 2007). Uit CBS-gegevens kan worden afgeleid dat de levensverwachting in de periode 1995-2006 met circa 2,3 jaar is toegenomen. Circa 20% hiervan kan worden toegeschreven aan de verbetering van de luchtkwaliteit, in dit geval de afname van fijn stof (afbeelding 4.4). Hierbij is aangenomen dat resultaten van Amerikaanse studies naar de gevolgen van langdurige blootstelling aan fijn stof ook geldig zijn voor Nederland.

Stof in lucht veroorzaakt dus een aanzienlijke verkorting van de levensduur (tabel 4.3). Voor Nederland werd deze levensduurverkorting in 2000 geschat in de orde van 12 maanden; gemiddeld voor de Europese Unie was dat toen 10 maanden. De huidige levensduur verkorting bedraagt in Nederland ongeveer 10 maanden. Hieruit blijkt eens te meer dat er ook bij concentraties onder de grenswaarden niet-verwaarloosbare gezondheidsschade optreedt.

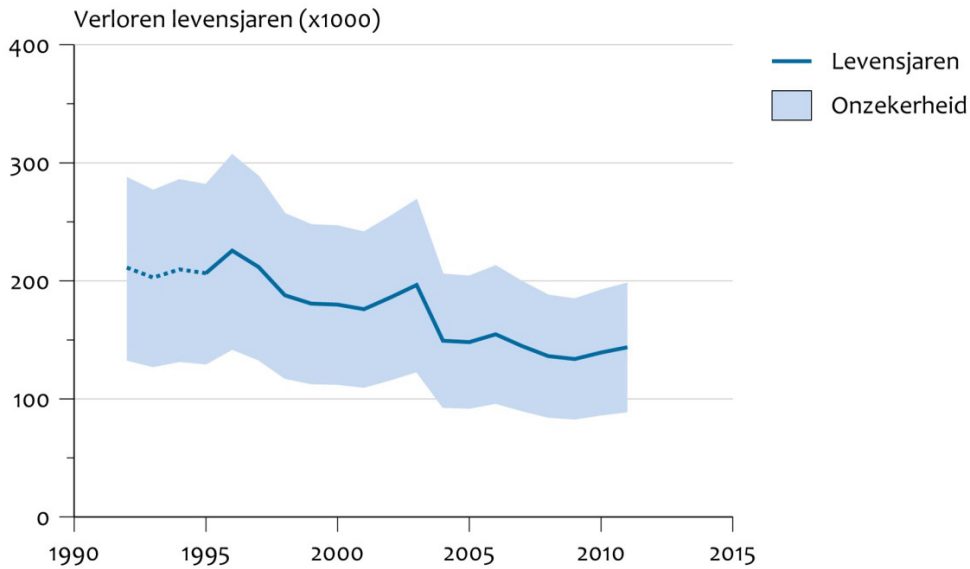
Relatief risico

Gegevens over de invloed van luchtverontreiniging komen meestal uit epidemiologisch onderzoek. Een veel gebruikt begrip hierbij is het zogeheten relatief risico (RR). Kort gezegd geeft het RR aan hoeveel méér kans een mens heeft om een ziekte te krijgen ofwel te overlijden als die in een gebied met veel luchtverontreiniging, bijvoorbeeld door (fijn) stof, woont, in vergelijking met een minder vervuild gebied. Het RR wordt berekend door de kans op ziekte/levensduurverkorting in die twee gebieden op elkaar te delen.

Als RR gelijk is aan 1 dan is het onwaarschijnlijk dat fijn stof van invloed is. Heeft RR echter een waarde die boven de 1 ligt, dan betekent dat dat in het gebied met veel luchtverontreiniging een verhoogd risico op ziekte of verlies aan levensjaren is. Dit RR kan vervolgens gebruikt worden om ook in andere – vergelijkbare - gevallen te schatten hoeveel mensen mogelijk ziek worden of levensduurverkorting ondergaan door de lokale concentraties van fijn stof. Voor stofvormige luchtverontreiniging wordt het RR meestal per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ uitgedrukt.

Uit epidemiologisch onderzoek is gebleken dat het RR voor langdurige blootstelling aan fijn stof (PM_{10}) gemiddeld ongeveer 1,03 per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt. Voor de fijnere fractie van fijn stof, $\text{PM}_{2,5}$, is dit 1,06 per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (HEIMTSA, 2011). Dit betekent dat de kans om vroegtijdig te overlijden door blootstelling aan fijn stof respectievelijk de fijnere fractie van fijn stof met 3% (PM_{10}) respectievelijk met 6% ($\text{PM}_{2,5}$) toeneemt als de concentratie 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ toeneemt. Dit zijn gemiddelde waarden; het RR kan per situatie verschillen.

Verloren levensjaren in Nederlandse bevolking door langdurige blootstelling aan fijn stof (PM₁₀)



Afbeelding 4.4 Verloren levensjaren voor de gehele Nederlandse bevolking als gevolg van de langdurige blootstelling aan fijn stof. Sinds het begin van de metingen in 1992 is het aantal verloren levensjaren met 30% afgenomen. Bron: Milieubalans 2008, aangevuld met recentere cijfers.

Tabel 4.3 Levensduurverkorting door blootstelling aan de fijnere fractie van fijn stof (PM_{2,5}) in lucht. Gegevens voor het jaar 2000. Bron: Amann & Schöpp (2011).

Land	Levensduurverkorting
	maanden
Finland	3,8
Zweden	4,5
Ierland	4,8
Spanje	5,0
Frankrijk	6,9
Portugal	7,0
Denemarken	7,1
Verenigd Koninkrijk	8,5
Letland	8,8
Litouwen	9,2
Italië	9,3
Oostenrijk	9,5
Noorwegen	9,7
Slovenië	10,1
Griekenland	10,9
Luxemburg	10,9
Nederland	11,8
Kroatië	12,0
Duitsland	12,4
Zwitserland	12,5
Polen	13,0
Tsjechië	13,2
België	13,9
Bulgarije	14,6
Slowakije	14,8
Roemenië	15,7
Hongarije	16,0

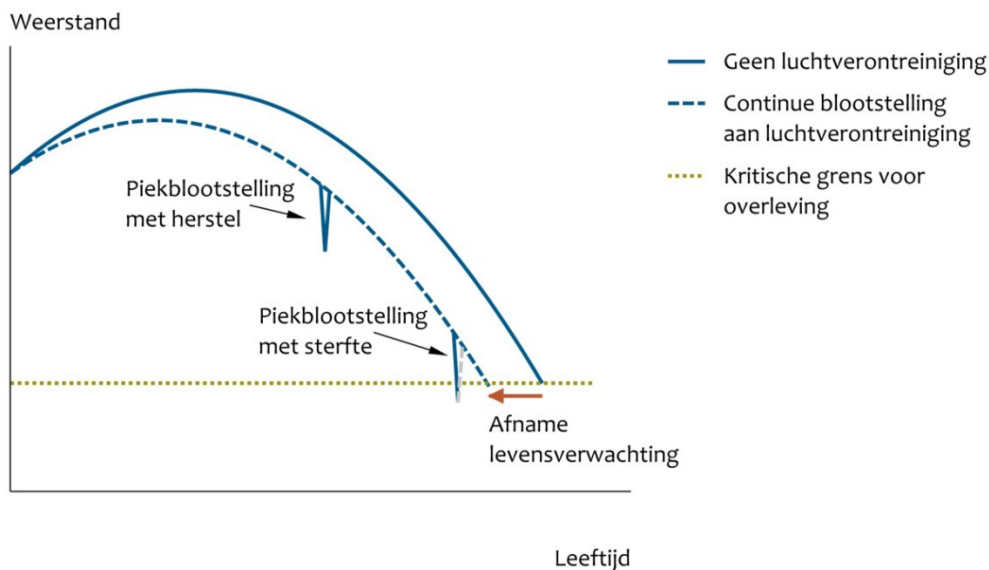
Fijnstofdoden?

In 2005 verscheen 'Fijn stof nader bekeken'. Daarin komen onder andere de gezondheidseffecten van fijn stof aan bod. Zo viel er te lezen dat er door langdurige blootstelling aan fijn stof mogelijk 18.000 vroegtijdige sterfgevallen in Nederland zouden kunnen voorkomen.² Verder was aangegeven dat het getal gold bij een jaargemiddelde fijnstofconcentratie van $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en dat de onzekerheid in het getal erg groot was. In de publiciteit werd dit al snel '18.000 doden door fijn stof' zonder enige nuancering. Tot op heden kan deze uitspraak nog met enige regelmaat worden gehoord.

Uiteindelijk zal iedereen overlijden, hoe schoon de lucht ook is. Bij nader inzien zou het beter zijn geweest alleen en nadrukkelijker te spreken van 'vroegtijdige sterfte' en 'levensduurverkorting' en niet over doden door fijn stof sec. De epidemiologische studies geven namelijk informatie over het gemiddelde verschil in levensverwachting tussen groepen bij verschillende blootstelling aan fijn stof. Er zijn echter geen aanwijsbare doden. Veeleer kan worden gesteld dat iedereen een 'klein beetje ongezonder' wordt. Een schatting van daadwerkelijke aantallen doden geeft daarmee een verkeerd beeld van de werkelijkheid (Knol et al., 2009).

De Milieubalans 2008 voerde nog een ander aspect op: weerstand. Ieder mens ontwikkelt na de geboorte weerstand tegen ziekte en sterfte (afbeelding 4.6). De weerstand neemt op latere leeftijd weer af door (slechte) leefgewoonten en erfelijke gevoeligheid maar ook door milieufactoren, zoals luchtverontreiniging. Kortdurende piekbelasting kan de weerstand verlagen, zonder dat dat fatale gevolgen heeft. Het kan echter ook zijn dat de weerstand een kritisch niveau nadert. Komt er vervolgens een kortdurende crisis, zoals een (voedsel)infectie, een hittegolf of een episode van hoge luchtverontreiniging dan is het mogelijk dat de kritische drempel wordt overschreden en kan overlijden het gevolg zijn (Milieubalans 2008).

Gezondheidsconditie als functie van leeftijd



Afbeelding 4.5 De gezondheidsconditie ('weerstand') van een gemiddeld persoon als functie van de leeftijd. De overschrijding van de kritische grens (zie bij 'Piekblootstelling met sterfte') kan bijvoorbeeld optreden bij een korte periode met sterk verhoogde luchtverontreiniging. Bron: Milieubalans 2008.

Onzekerheden

Het huidige kennisniveau over gezondheidseffecten van langdurige blootstelling aan fijn stof is nog laag en de onzekerheden zijn navenant groot. Het lage kennisniveau wordt veroorzaakt door het geringe aantal studies en de soms tegenstrijdige uitkomsten. De hierboven gebruikte Amerikaanse studies zijn uitgevoerd in grote groepen mensen en worden als robuust beschouwd hoewel ze ook enkele tekortkomingen hebben. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) en de Europese Commissie stelden voor deze Amerikaanse gegevens als basis te gebruiken voor het Europese beleid (het 'Clean Air For Europe' (CAFE) programma). Er zijn echter ook enkele langetermijn effect studies naar fijn stof die weinig of geen effect laten zien. Deze studies zijn echter veel kleiner van omvang en veel minder robuust en worden minder geschikt geacht als basis voor de risicoschatting.

In algemene zin hebben de onzekerheden rondom deze risicoschattingen voor gezondheidseffecten van langetermijnblootstelling aan fijn stof vooral te maken met:

- de vraag of het waargenomen statistische verband uit het epidemiologisch onderzoek wel een oorzaak-gevolg relatie weergeeft ten aanzien van fijn stof blootstelling en gezondheidseffecten, en of daarbij de goede (fijn)stofparameter indicator is gebruikt en of wel voldoende is gecorrigeerd voor versturende variabelen.
- de vraag of buitenlandse onderzoeksgegevens wel op de Nederlandse blootstellingsituatie van toepassing zijn vanwege verschillen in samenstelling van de bevolking en luchtkwaliteit.
- de inschatting van de omvang en de duur van de verschillende effecten, de samenstelling van het fijn stof en de statistische onzekerheden in de schatting van de risicofactoren.

De schatting van de omvang van de langetermijneffecten samenhangend met fijn stof is daardoor onzekerder dan het bovengenoemde, statistische betrouwbaarheidsinterval van de risicoschatting aangeeft en moet eerder worden opgevat als een globale indicatie dan als een exact getal. Er is een kans dat de werkelijke gezondheidsrisico's van fijn stof ook lager kunnen uitvallen. Recent is in Europees verband ook Nederlands onderzoek gestart naar de gezondheidseffecten op lange termijn die samenhangen met blootstelling aan luchtverontreiniging. Begin 2013 zal er meer informatie beschikbaar komen over dit soort mogelijke effecten in Europa en misschien ook specifiek voor Nederland.

Gezondheidswinst en beleidsmaatregelen

De wettelijke verplichting om de luchtkwaliteitsnormen op tijd te halen en de beleidsdruk die hieruit voortvloeit in Nederland is de drijfveer voor het nationale en lokale fijnstofbeleid. Het meest effectief voor het halen van de fijnstofgrenswaarden blijken de maatregelen om zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak te reduceren. Die stoffen vormen in de lucht ongeveer 40 procent van de massa van fijn stof, en op dagen met overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde is dat aandeel nog groter.

De emissies van zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak zijn door beleidsmaatregelen fors gedaald. Deze emissiereducties hebben geleid tot een substantiële afname van de concentraties van het secundair aerosol. Er wordt echter verschillend gedacht over de gezondheidswinst die dit zou kunnen hebben opgeleverd. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) stelt zich op het standpunt dat vooralsnog van geen enkele fractie van fijn stof kan worden uitgesloten als het gaat om de gezondheidseffecten (zie ook Moldanova et al., 2011). Anderen menen echter dat de lagere concentraties van secundair aerosol weinig gezondheidswinst heeft gebracht (Buringh et al., 2007; Schlesinger, 2007; Schlesinger & Cassee, 2003). Maatregelen die de emissie van verbrandingsaerosol beperken worden relevanter voor de gezondheid geacht. Die maatregelen dragen echter veelal maar weinig bij aan de afname van de fijnstofconcentratie. Langs straten en snelwegen hebben maatregelen ter vermindering van het verbrandingsaerosol nog het meeste effect.

In het verleden was de emissiereductie van zwaveldioxide en stikstofoxiden vaak nog (automatisch) gekoppeld aan een afname van de emissie van elementair en organisch koolstof. Zo sneed het mes aan twee kanten: lagere fijnstofconcentraties en een gezondheidsverbetering. Door de sterk toegenomen energie-efficiëntie van verbrandingsmotoren en de overgang van olie op gas stook bij veel sectoren in Nederland is deze koppeling echter steeds minder (misschien zelfs wel: nauwelijks meer) het geval. Op lokale schaal blijken fijn stof (PM_{10}) en ook de fijnere fractie van fijn stof ($PM_{2,5}$) geen optimale indicatoren (meer) voor gezondheidseffecten van deeltjes.

Daarom wordt door Nederland in internationaal verband gepleit voor een aanvullende maat. Naast fijn stof (PM_{10}) en de fijnere fractie van fijn stof ($PM_{2,5}$) als leidende gezondheidsindicatoren voor deeltjesvormige luchtverontreiniging is er een maat nodig om de effectiviteit van de gezondheids-relevant geachte maatregelen beter te kunnen vaststellen. Binnen de WHO is er daarom ook (opnieuw) aandacht voor grootheden als zwarte rook, elemental carbon en black carbon en ultrafijn stof als mogelijke maat voor verkeersgerelateerde luchtverontreiniging.

Verbetering in de luchtkwaliteit zal leiden tot een verlenging van de levensduur. Het is echter niet zo dat sterfte wordt voorkomen; de (gemiddelde levensverwachting) zal toenemen. In deze zin is het gebruik van termen als 'vroegtijdige doden', maar ook DALY's, enigszins misleidend. Er is dan ook gepleit voor het gebruik van een andere terminologie (Brunekreef et al., 2007; Knol et al., 2009). Zo zou bij verbetering van de luchtkwaliteit in relatie tot de gezondheid beter van 'gewonnen (gezonde) levensjaren' kunnen worden gesproken.



Afbeelding 4.6 Juist op plaatsen waar de mensen zijn, zullen maatregelen ter vermindering van het verbrandingsaerosol nog het meeste gezondheidseffect hebben. Foto peeterv/iStock.

Literatuur

- Beelen, R., Hoek, G., Houthuijs, D., Van den Brandt, P.A., Goldbohm, R.A., Fischer, P., Schouten, L.J., Armstrong, B. & Brunekreef, B. (2009) The joint association of air pollution and noise from road traffic with cardiovascular mortality in a cohort study. *Occupational & Environmental Medicine* 66 (4), 243-50.
- Brunekreef, B., Miller, B.G. & Hurley, J.F. (2007) The brave new world of lives sacrificed and saved, death attributed and avoided. *Epidemiology & Society* 18 (6), 7875-787.
- Brunekreef, B., Beelen, R., Hoek, G., Schouten, L., Bausch-Goldbohm, S., Fischer, P., Armstrong, B., Hughes, E., Jerrett, M. & Van den Brandt, P. (2009) *Effects of long-term exposure to traffic-related air pollution on respiratory and cardiovascular mortality in the Netherlands: the NLCS-AIR study*. Research Reports Health Effects Institute, Resaerch Report 139.
- Buijsman, E., Beck, J.P., Van Bree, L., Cassee, F.R., Koelemeijer, R.B.A., Matthijsen, J., Thomas, R. & Wieringa, K. (2005) *Fijn stof nader bekeken*. Rapport 500037008. Milieu- en Natuurplan-bureau, Bilthoven.
- Buringh, E. & Opperhuizen, A. (2002) *On health risks of ambient PM in the Netherlands*. Rapport 650010032. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Buringh, E., Fischer, P. & Hoek, G. (2000). Is SO₂ a causative factor for the PM-associated mortality risks in the Netherlands. *Inhalation toxicology* 12, 55-60
- Dockery, D.W., Pope III, C.A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris, B.G. & Speizer, F.E. (1993) An association between air pollution and mortality in six U.S.cities. *The New England Journal of Medicine*, 329, 1753-1759.
- Fischer, P.H., C.B. Ameling & M. Marra (2005) *Air pollution and daily mortality in the Netherlands over the period 1992 - 2002*. Rapport 630400002. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- HEIMTSA (2011) *Final report on risk functions used in the case studies*. Document GOCE-CT-2006-036913-2, Health and Environment Integrated Methodology and Toolbox for Scenario Development.
- Janssen, N.A.H., Gerlofs-Nijland, M.E., Lanki, T., Salonen, R.O., Cassee, F., Hoek, G., Fischer, P., Brunekreef, B. & Krzyzanowski, M. (2012) *Health effects of black carbon*. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. Zie www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2012/health-effects-of-black-carbon.
- Knol, A., Van Velze, K., Fischer, P., Kunseler, E. & Van Bree, L. (2009) Interpretatie van vroegtijdige sterfte door luchtverontreiniging. *Milieu* 2009-1, 20-22.
- Knol, A.B. & Staatsen, B.A.M. (2005) *Trends in the environmental burden of disease in the Netherlands, 1980-2020*. Rapport 500029001. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Lenters, V., Uiterwaal, C.S., Beelen, R., Bots, M.L., Fischer, P., Brunekreef, B. & Hoek, G. (2010) Long-Term Exposure to Air Pollution and Vascular Damage in Young Adults. *Epidemiology* 21(4), 512-20.
- Meerding, W.J., Polder, J.J., de Hollander, A.E.M. & Mackenbach, J.P. (2007) *Hoe gezond zijn de zorguitgaven? Zorg voor euro's – 6*. Rapport 270091002. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Milieubalans (2008) *Milieubalans 2008*. Publicatie 500081007, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven.
- Moldanova, J., Grennfelt, P.E., Jonsson, A., Simpson, D., Spranger, T., Aas, W., Munthe, J. & Rabl A. (2011) Nitrogen as a threat to European air quality, In: Sutton, M.A., Howard, C.M., Erisman, J.W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Van Grinsven, H., & Grizzetti, B. (eds.), *European Nitrogen Assessment*. London, Cambridge University Press, p. 405-433.
- Pope III, C.A., Dockery, D.W. & Schwartz, J. (1995) Review of epidemiological evidence of health effects of particulate air pollution. *Inhalation Toxicology* 7, 1–18.
- Pope III, C.A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G.D. (2002) Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association* 287, 1132-1141.
- Schlesinger, R.B. (2007) The health impact of common inorganic components of fine particulate matter (PM_{2.5}) in ambient air: a critical review. *Inhalation Toxicology* 19, 811-832.
- Schlesinger, R.B. & Cassee, F.A (2003) Atmospheric secondary inorganic particulate matter: the toxicological perspective as a basis for health effects risk assessment. *Inhalation Toxicology* 15, 197-235.

WHO (2005) *Particulate matter air pollution: how it harms health*. Fact sheet EURO/04/05; zie www.ecodallecitta.it/vecchio/allegati/961925_Fact.doc.

WHO (2006a) *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment*. World Health Organization, Geneva.

WHO (2006b) *Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution*. Document number EUR/05/5046028, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

Noten

¹ Men spreekt ook wel van de dagelijkse variatie in fijnstofniveaus

² Buijsman et al. (2005), p. 56-57. Deze gegevens waren ontleend aan Knol & Staatsen (2005).