

Advies inzake de vaststelling van grenswaarden roet, zwevend stof en zwavelzuur

Rapport van de Gezondheidsraad

17

Verslagen
Adviezen
Rapporten
1975



Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne

Dokter Reijersstraat 12 Leidschendam telefoon (070) 209260

20 MEI 1975

G E Z O N D H E I D S R A A D

ADVIES

inzake

de vaststelling van grenswaarden
voor roet, zwevend stof en zwavelzuur

AAN: de Minister en de Staatssecretaris
van Volksgezondheid en Milieuhygiëne
Dokter Reijersstraat 12
Leidschendam

No.: 3150
Rijswijk, 4 november 1974

INHOUDSOPGAVE:

	blz.
Inleiding	1
1. Probleemstelling (zie bijlage 1)	3
2. Risicogroepen	5
3. Dosis-effectrelaties bij de mens	6
4. In Nederland voorkomende concentraties standaardrook, gewogen .. stof en zwavelzuur (bijlage 5)	8
5. Voorgestelde grenswaarde	9

Bijlage 1	Definitie van stof in afhankelijkheid van de meetmethode
Bijlage 2	Medische effecten
Bijlage 3	Invloed van zwavelzuur en stof op planten en levenloze materie
Bijlage 4	Doses-effectrelaties
Bijlage 5	In Nederland voorkomende standaardrookconcentraties
Bijlage 6	Tabellen en literatuurlijst

G E Z O N D H E I D S R A A D
Commissie Luchtverontreiniging

Inleiding

Bij zijn brief nr.136307, d.d. 26 augustus 1971 diende de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne bij de Voorzitter van de Gezondheidsraad een adviesaanvraag in waarvan de tekst als volgt luidt:

"De suggesties in uw brief d.d. 7 juni 1971, nr.422, in aanmerking genomen, vraag ik uw Raad advies inzake de vaststelling van grenswaarden voor immissies voor de volgende twee categorieën van luchtverontreinigingscomponenten, waarbij de volgorde der stoffen in elke categorie is op te vatten als een indicatie voor prioriteit:

Eerste categorie:

verontreinigingen waarvan de meting in een landelijk meetnet gewenst wordt geacht (behoudens SO₂):

- koolmonoxyde, stikstofoxyden, ozon en andere oxydantia (peroxyacetyl-nitrat);
- roet en zwevend stof, zwavelzuur.

Tweede categorie:

verontreinigingen waarvan de meting niet behoeft te worden opgenomen in een landelijk meetnet, maar waarvan meting wel van groot belang is voor het beoordelen van plaatselijke situaties:

- fluoriden;
- lood;
- aldehyden, reactieve koolwaterstoffen (etheen);
- polycyclische koolwaterstoffen.

Tevens verzoek ik u mij te adviseren inzake de vaststelling van criteria voor methoden en apparatuur voor het bepalen van de genoemde verontreinigingen, en inzake een algemeen toepasbare wijze van presentatie van de te verkrijgen gegevens".

Ter opstelling van deze adviezen werd door de Voorzitter van de Gezondheidsraad een commissie samengesteld waarin de volgende deskundigen werd verzocht zitting te nemen:

Dr.L.Ginjaar - Voorzitter tot 14 februari 1974; Directeur Studiecencentrum Milieubeheer TNO

Dr.K.Biersteker; Hoofd afdeling Wetenschappelijk Onderzoek G.G. en G.D. Rotterdam

Ir.L.J.Brasser; Hoofd afdeling Buitenlucht van het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO

Ir.IJ.Buurma; Hoofd van de Luchtmeetdienst van het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid

Dr.L.A.Clarenburg; Staffunctionaris voor het Milieubeheer van het Openbaar Lichaam Rijnmond

Ir.A.J.Elshout; Hoofd groep Luchtverontreiniging N.V. KEMA

- Prof.Dr.H.van Genderen -

Prof.Dr.H.van Genderen; Hoogleraar in de Veterinaire Farmacologie en Biologische Toxicologie

Drs.F.Hartogensis; Inspecteur Volksgezondheid in algemene dienst bij de Inspectie op de Hygiëne van het Milieu, Sector Lucht

Prof.Dr.J.G.ten Houten; Directeur Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, buitengewoon hoogleraar afdeling Kennis Luchtverontreiniging van de studierichting Milieuhygiëne, Landbouwhogeschool te Wageningen

P.E.Joosting; arts in algemene dienst van het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO

Mr.F.J.Meijer Drees; Chef afdeling Milieuhygiëne van de Provinciale Griffie van Noord-Holland

Prof.Dr.N.G.M.Orie; Hoogleraar Longziekten

Dr.H.G.S.van Raalte; Toxicologisch adviseur van de Shell Internationale Research Maatschappij

Prof.Dr.F.H.Schmidt; Directeur Meteorologisch Onderzoek van het KNMI

Dr.J.Tesink; Directeur Gezondheidsdienst voor Dieren in Zeeland

Prof.Dr.R.L.Zielhuis - Voorzitter vanaf 14 februari 1974; Hoogleraar in de Sociale Geneeskunde in het bijz. t.a.v. arbeid, sport en milieu Faculteit Geneeskunde Universiteit van Amsterdam

D.M.W.Elskamp, apotheker - Secretaris-rapporteur.

De commissie heeft de volgende adviezen uitgebracht:

- Advies inzake de vaststelling van criteria voor methoden en apparatuur voor het bepalen van verontreinigingen in de buitenlucht. Advies nr.554, d.d. 22 maart 1973
- Advies inzake de vaststelling van een algemeen toepasbare wijze van presentatie van meetgegevens betreffende verontreiniging van de buitenlucht. Advies nr.1209, d.d. 9 juli 1973
- Algemene beschouwing inzake het vaststellen van grenswaarden Luchtverontreiniging, nr.25, d.d. 11 februari 1974; DEEL A
- Advies inzake vaststelling grenswaarden voor koolmonoxide, nr.25, d.d. 11 februari 1974; DEEL B

Het voorliggende stuk behelst het advies inzake een grenswaarde voor roet, zwevend stof en zwavelzuur.

1. Probleemstelling (zie bijlage 1)

Zelfs op grote afstand van stedelijke of industriële centra bevat de buitenlucht een groot aantal kleine deeltjes; men spreekt dan van een aerosol. Het gaat daarbij om zeer fijne vaste deeltjes met een nauwelijks meetbare valsnelheid, ten dele gevormd door produkten van onvolledige verbranding (zoals roet), en om fijne druppeltjes. Zowel de chemische samenstelling als de deeltjesgrootte van dit aerosol wisselt van plaats tot plaats en van tijd tot tijd. Dit alleen al maakt het moeilijk uit de beschikbare gegevens ten aanzien van effecten op mens, plant en dier een grenswaarde af te leiden die voor alle onderling verschillende aerosolen geldigheid zou hebben. Toch is er behoefte aan een voorstel voor grenswaarden voor deze bestanddelen, omdat dergelijke aerosolen een zeer wezenlijk bestanddeel van de luchtverontreiniging vormen. Zij hebben invloed op de mens en op andere bestanddelen van het milieu en zij zijn in het verleden en ook nu dikwijls gemeten. Deze metingen zijn echter van zeer verschillende aard en de uitkomsten zijn in vele gevallen niet vergelijkbaar.

Bij de evaluatie van uitkomsten van studies is de vraag dan ook, welke component of combinatie van componenten schade veroorzaakt en ook in welke concentratie en tijdens welke duur dit is geschied. Zolang een nauwkeurige specifieke informatie ontbreekt is het vrijwel onmogelijk voor elk der componenten een separate grenswaarde af te leiden.

Bij pogingen om tot afleiding van een grenswaarde te komen is men er wel vanuit gegaan dat het aerosol geen bekende specifiek schadelijke bestanddelen, zoals beryllium of lood, in toxicologisch significante concentratie bevat; men spreekt dan wel van "inert stof". Dit begrip "inert stof" is echter in Nederland een hypothetisch begrip. Vele stofdeeltjes, ook al bestaan zij primair uit "inert stof", absorberen zwaveldioxide, dat daarbij ten dele in zwavelzuur kan overgaan; dan zijn de deeltjes niet meer "inert".

Indien biologisch actieve deeltjes van natuurlijke oorsprong, zoals pollenkorrels en andere allergenen, buiten beschouwing worden gelaten, zijn er drie gangbare benaderingen om althans één eigenschap van het aerosol meer kwantitatief te bepalen.

De eerste methode is de bepaling van de zwarting, die ontstaat als lucht op een nauwkeurig omschreven wijze door een filter wordt gezogen. Deze zwarting wordt omgerekend in standaardrook op een weliswaar arbitraire maar goed vastgestelde wijze, die is gebaseerd op een aantal gevonden wetmatigheden. De concentratie aan standaardrook is een maat voor de hoeveelheid zwartgekleurde bestanddelen in het stof en daardoor ook voor de zichtbare vervuiling, die het stof kan veroorzaken. Deze methode is veel toegepast, ook in verband met epidemiologisch onderzoek. Hij geeft vooral een waardevol gegeven indien de luchtverontreiniging in overwegende mate ontstaat door het stoken van kolen.

De tweede methode is de bepaling van het gewicht van het stof, meestal door middel van een filter. De zo gevonden stofconcentratie is altijd groter dan de concentratie aan standaardrook en wel gemiddeld een factor 2.5 tot 5; hij is een maat voor het totale gehalte aan aerosol.

De derde methode is de bepaling van het gehalte aan zwavelzuur in het aerosol, hetzij aanwezig als druppeltjes, hetzij geabsorbeerd aan vaste deeltjes. Specifieke metingen van zwavelzuur zijn echter zeer schaars; meestal is alleen nominaal zwavelzuur gemeten, door bepaling van de reële of potentiële zuurgraad, die dan wordt toegeschreven aan zwavelzuur.

De probleemstelling is dan of het mogelijk is grenswaarden voor te stellen, toe te passen bij één of meer van de drie hiervoor genoemde bepalingsmethoden of wellicht nog bij een andere methode. Indien het aerosol bestanddelen bevat die, ook in de concentraties die wel eens in de atmosfeer voorkomen, specifieke toxicologische eigenschappen hebben zal voor die bestanddelen een andere grenswaarde moeten worden

- gegeven. -

gegeven. Het feit dat het stofgehalte, volgens één der aangegeven methoden gemeten, onder de desbetreffende grenswaarde ligt sluit niet uit dat de grenswaarde voor één speciaal bestanddeel, bijv. lood, beryllium of asbest, toch wordt overschreden. In dit advies worden deze andere grenswaarden niet behandeld.

Daar de gemeten expositie naar kwaliteit en kwantiteit in verregaande mate wordt bepaald door de meetmethode en derhalve ook de "dosis" van de dosis-effectrelatie, kan een voor te stellen grenswaarde slechts gelden in relatie tot een bepaalde meetmethode. Omdat in de Verenigde Staten geen gebruik is gemaakt van de door de OECD gestandaardiseerde rookmetingen en ook de zwaveldioxide-metingen meestal niet geheel vergelijkbaar geschieden, is bij de afleiding van de grenswaarde uit de dosis-effectrelatie hoofdzakelijk afgegaan op Engelse en Nederlandse gegevens (bijlagen 2 en 3).

2. Risicogroepen

Individueen in de bevolking zijn niet allen in gelijke mate gevoelig voor luchtverontreiniging. Indien men inhalatie van roet, zwevend stof en zwavelzuur beschouwt, dringen de risico's daarvoor voor individuen met reeds bestaande longafwijkingen zich op de voorgrond. Zogenaamde CARA-lijdens (lijders aan chronische aspecifieke respiratoire aandoeningen als astma, emfyseem en chronische bronchitis) vormen een afhankelijk van leeftijd en geslacht wisselend percentage van de populatie.

De cijfers zijn in figuur 5 (bijlage 6) weergegeven voor een op uniforme wijze onderzochte landelijke populatie waarbij degenen in de tabel zijn opgenomen, die als "patiënten" naar de inzichten van de betrokken ervaren huisarts preventieve dan wel therapeutische hulp behoeften. (Zuiderweg (1)) (bijlage 6)

Gaat men ook geringere klachten meetellen - wat bij de gestandaardiseerde epidemiologische onderzoeken veelal het

geval is - dan krijgt men totaal waarden die als geheel naar boven schuiven tot plm. 2-3 maal de aangegeven cijfers. Dit betekent dat weliswaar gesproken kan worden over "bijzondere" personen, doch dat het niet gaat om zeer zeldzame gevallen.

Opgemerkt moet worden dat bij de oudere groepen naast de endogene factoren de anatomische veranderingen met name van het elastisch skelet van de luchtwegen een belangrijke rol spelen. Hoe hier de verhoudingen liggen tussen invloeden van externe factoren (roken!!) en andere endogene factoren (enzymstoornissen, alpha-1-antitrypsine-protease) is nog niet bekend.

Het is gebleken dat de combinatie van constitutionele aanleg en roken met het verblijf in verontreinigde lucht zowel het percentage als het welbevinden der patiënten ongunstig beïnvloedt. Daarbij doet het er in de latere stadia van de ziekte niet veel meer toe dat luchtverontreiniging aanvankelijk misschien een zeer ondergeschikte betekenis had bij het ontstaan der afwijkingen. Dit alles geldt voor het totale pakket luchtverontreinigingen en niet noodzakelijkerwijs separaat voor de afzonderlijke componenten als zodanig.

Aangezien er onvoldoende bekend is om voor planten en dieren een uitspraak te doen over dosis-effectrelaties ten aanzien van stofvormige verbindingen en zwavelzuur spelen deze organismen voor de vaststelling van grenswaarden geen rol. (zie bijlage 3)

3. Dosis-effectrelaties bij de mens (bijlage 4)

Door de Wereld Gezondheidsorganisatie zijn voor het gecombineerde effect van rook en zwaveloxiden de in tabel 1 vermelde relaties aangehouden bij het formuleren van criteria.

Tabel 1: De te verwachten effecten van luchtverontreiniging op de gezondheid van geselecteerde bevolkingsgroepen¹⁾

Luchtverontreinigingscomponent	Oversterfte en ziekenhuisopnamen	Verslechtering van de conditie bij patiënten met longaandoeningen	Subjectieve en objectieve bevindingen bij bevolkingsonderzoek	Zichtvermindering en hinder bij mensen
zwaveldioxide ^{a)}	500 µg/m ³ (daggemiddelde)	500-250 µg/m ³ b)	100 µg/m ³ (rekenkundig jaargemiddelde)	80 µg/m ³ (geometrisch jaargemiddelde)
rook ^{a)}	500 µg/m ³ (daggemiddelde)	250 µg/m ³ (daggemiddelde)	100 µg/m ³ (rekenkundig jaargemiddelde)	80 µg/m ³ (geometrisch ^{c)} jaargemiddelde)

1) Het Comité legde er zeer speciaal de nadruk op dat deze tabel niet los mag worden beschouwd van de begeleidende tekst.

a) Britse Standaard Procedure (Ministerie van Technologie, 1966). De waarden voor zwaveldioxide en zwevend stof zijn slechts geldig in relatie tot elkaar. Zij zullen wellicht moeten worden aangepast wanneer zij worden vertaald in termen van de resultaten verkregen met andere procedures.

b) Deze waarden vertegenwoordigen de verschillen in opvatting binnen het Comité.

c) Gebaseerd op "high-volume samplers".

WHO-rapport nr.506(1972)13.

Vanwege de aanzienlijke mate van onzekerheid van de basisgegevens is in tabel 1 opzettelijk met afgeronde getallen gewerkt; een verdere verfijning op grond van de thans beschikbare gegevens is niet mogelijk; dit slaat zowel op de dosis als op de effectkant van de gegeven relatie.

Wanneer wij uitgaan van de zogenaamde subacute luchtverontreinigingseffecten (de verslechtering van de conditie van personen met bestaande luchtwegaandoeningen die wij eerder als een numeriek aanzienlijke risicogroep aanduiden) en van het ervaringsfeit uitgaan dat in de meeste Nederlandse woongebieden een verhouding van 3 op 1 bestaat tussen hoogste 24-uursconcentraties en rekenkundige jaargemiddelden, lijkt de door de WHO genoemde streefwaarde van 40 microgram stand-

aardrook per m³ als jaargemiddelde een verantwoorde keuze. Hierin zit namelijk een onzekerheidsfactor 2, die gebruikelijk is bij dit type afleidingen, verdisconteerd. Aangenomen moet worden dat bij jaargemiddelden van 80 microgram standaardrook per m³ (bij te verwachten dagwaarden van 250 µg/m³) sub-acute effecten manifest worden in stedelijke samenlevingen. De door de Gezondheidsraad eerder aanbevolen grenswaarde voor zwaveldioxide van 75 microgram per m³ stemt ook redelijk overeen met de WHO-aanbeveling.

4. In Nederland voorkomende concentraties standaardrook, gewogen stof en zwavelzuur (bijlage 5)

In bijlage 5 zijn enkele gegevens vermeld betreffende in Nederland gemeten concentraties aan standaardrook, gewogen stof en zwavelzuur. Het standaardrookgehalte van de buitenlucht stijgt met de mate van urbanisatie en verschilt in stedelijke gebieden van plaats tot plaats, afhankelijk van de aard van de bebouwing, de bebouwingsdichtheid en de verkeersintensiteit. Als jaarmediaan (geometrisch gemiddelde) van over 24 uur gemiddelde concentraties worden in deze gebieden waarden gevonden die liggen tussen 15 en 40 µg/m³, met 98-percentielwaarden van 60 tot 140 µg/m³. In de nabijheid van straten en wegen met veel gemotoriseerd verkeer wordt het standaardrookgehalte plaatselijk sterk door de uitlaatgassen van dit verkeer beïnvloed. Daar, afgezien van de normale seizoenverschillen als gevolg van de meteorologische omstandigheden, in de afgelopen jaren geen grote wijzigingen in het niveau aan standaardrook zijn opgetreden, zijn er redenen om te veronderstellen dat de vermindering van de verontreiniging door de overgang op aardgas bij stookinrichtingen, wat de rookverspreiding betreft, vrijwel gecompenseerd wordt door de toename van de verontreiniging als gevolg van het gemotoriseerde verkeer.

Sedert enkele jaren worden op een aantal plaatsen in Nederland gewogen stofmetingen verricht met behulp van zoge-

naamde High Volume Samplers. De meetuitkomsten geven mediaanwaarden in de grootte-orde van 60 tot 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dus belangrijk hoger dan de mediaanwaarde voor standaardrook.

De uitkomsten van oriënterende metingen betreffende het zwavelzuurgehalte van de atmosfeer, die in de afgelopen jaren op een aantal plaatsen in Nederland over een periode van enkele maanden zijn uitgevoerd, tonen gemiddelde waarden tussen 0,2 en 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5. Voorgestelde grenswaarde

Omdat in Nederland bij voorkeur met percentielaanduidingen wordt gewerkt bij de grenswaardenvoorstellen, zijn de door ons aanbevolen grenswaarden voor standaardrook als volgt vermeld. Deze gegevens hebben betrekking op 24-uurs metingen gedurende een periode van één jaar.

	mediaan	98-percentiel
Grenswaarde voor standaardrook	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Hierbij wordt aangetekend dat het hier om "inert" zwevend stof gaat en dat rekening werd gehouden met het feit dat als gevolg van de scheve verdeling der meetuitkomsten het jaargemiddelde hoger uitkomt dan de mediaan of de 50-percentielwaarde.

Uitdrukkelijk wordt vermeld dat deze waarden gelden voor die verontreiniging die voornamelijk wordt veroorzaakt door het stoken van olie of steenkool. Daar het standaardrookgehalte van de buitenlucht sedert het begin van de overschakeling op aardgas in Nederland weinig lijkt te zijn veranderd, mag echter worden aangenomen dat de verhouding gewogen stof/standaardrook, althans in de steden, eveneens weinig wijziging heeft ondergaan en dat de standaardrookmeting nog steeds een redelijk goede indicatie geeft van de stedelijke verontreiniging. Wel moet hierbij in het oog worden gehouden dat rook en roetdeeltjes nu voor een belangrijk deel van andere

- herkomst -

herkomst zijn - het gemotoriseerde verkeer - en op een veel geringere hoogte in de buitenlucht worden geloosd.

In industriegebieden, waar veel anders gekleurd industrieel stof in de lucht terecht kan komen is men voor een meer algemene maat voor de verontreiniging door zwevend stof geleidelijk aan wel aangewezen op de bepaling van het gewogen stofgehalte van de lucht.

Een grenswaarde op grond van deze methode is niet te geven op dit moment, al staat met name het sulfaatgehalte van dit stof momenteel in de medische belangstelling. Wil men aanwezigheid van de atmosfeer en de hierover geuite klachten van de bevolking voorkómen, dan zal men blijkens Amerikaanse ervaringen beneden $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per jaar als mediaanwaarde moeten blijven.

Het is het de commissie evenmin mogelijk gebleken een grenswaarde voor zwavelzuur af te leiden uit de beschikbare gegevens. Weliswaar staat vast dat zwavelzuuraerosol van een geschikte diameter ($< 1 \mu$) veel gevaarlijker is voor de luchtwegen dan zwaveldioxide, doch er zijn onvoldoende metingen verricht om tot een goed inzicht te komen in de concentraties en deeltjesgrootten waar het in de praktijk van de buitenluchtverontreiniging in steden om gaat. Bij het eerder door de Gezondheidsraad uitgebrachte grenswaardevoorstel voor zwaveldioxide is uitvoerig aandacht besteed aan deze complicatie. Er is toen gesteld dat bij de daar voorgestelde grenswaarde voor zwaveldioxide aangenomen werd dat ten hoogste 10% van de zwavel als zwavelzuur aanwezig is. Deze limitatie willen wij graag opnieuw vastleggen, zij het dat dit geen afzonderlijke grenswaarde is. De tot dusverre bekende gegevens m.b.t. zwavelzuurconcentraties in ons land (bijlage 5) zouden er op wijzen dat het gestelde limiteringspercentage vooralsnog niet wordt overschreden.

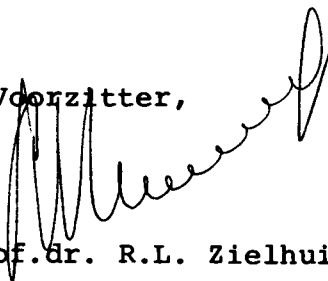
Namens de Commissie,

De Secretaris



(D.M.W. Elskamp, apotheker)

De Voorzitter,



(prof. dr. R.L. Zielhuis)

Definitie van stof in afhankelijkheid van de meetmethode

Bij het definiëren van wat onder stof verstaan moet worden stuit men op grote moeilijkheden. Immers, stof is een verzamelnaam voor een veelheid van vaste deeltjes. De samenstelling van deze deeltjes naar chemische aard, naar deeltjesgrootte, naar elektrische eigenschappen, naar vorm, naar kleur, enz., verschilt van plaats tot plaats en, op een bepaalde plaats, van tijd tot tijd. Het definiëren van wat onder stof verstaan moet worden, wordt verder nog bemoeilijkt doordat naast vaste deeltjes ook vloeibare deeltjes in de buitenlucht voorkomen, terwijl onder bepaalde niet bekende omstandigheden gasvormige bestanddelen zich eveneens tot vaste of vloeibare deeltjes kunnen verdichten of daarin worden omgezet; met name gaat het hier om stikstofoxiden en koolwaterstoffen. Het is dan ook niet mogelijk stof anders te definiëren dan op indirecte wijze in termen van enkele nauwkeurig voorgeschreven meetmethodieken in de wetenschap, dat daarmee steeds slechts één eigenschap van het stof meer kwantitatief wordt bepaald en ook vloeibare deeltjes, die niet van de vaste worden onderscheiden, een - zij het geringe - bijdrage tot de meetuitkomst kunnen leveren. Men heeft dusdoende dan ook niet de zekerheid dat twee gelijke meetuitkomsten, verkregen volgens verschillende methoden, geïnterpreteerd mogen worden als twee gelijke maten van luchtverontreiniging door stof. Nochthans impliceert het definiëren van stof door het vastleggen van een meetmethode dat er een relatie bestaat tussen de meetuitkomst en het in de lucht aanwezige stof onder de randvoorwaarde dat de aard van de bronnen in de omgeving van het meetpunt steeds ongeveer dezelfde is.

In Nederland is het stofgehalte van de lucht gedurende een reeks van jaren voornamelijk bepaald met behulp van de zo geheten standaardrookmeting, een optische methode die in 1964 gestandaardiseerd is door de O.E.C.D.⁽²⁾. Deze methode kwam voort uit, en is geschikt voor, de meting van stofdeeltjes afkomstig van de verbranding van fossiele brandstof, die toentertijd bij uitstek de produktie van grote hoeveelheden roet tot gevolg had.

De bepaling berust op de meting van de zwarteheid van de stofvlek, die ontstaat als een zekere hoeveelheid lucht door wit papier- of glasvezelfilter wordt gezogen. De zwarteheid wordt gemeten door de lichtreflectie

van de vlek te bepalen met behulp van een reflectometer.

Daar de gevormde stofvlek het resultaat is van de afscheiding op het filter van een, in samenstelling wisselend mengsel van zowel gekleurde als ongekleurde deeltjes van verschillende grootte, kan de zwarteheid van de vlek niet worden gebruikt als maat voor het totale gewicht aan stof op het filter. Gemeten wordt alleen dat deel van het stof dat licht absorbeert en daarvan weer vooral dat deel, dat de grootste zwarteheid bezit. De zwarteheid van de vlek geeft dan ook binnen zekere grenzen een indicatie van de hoeveelheid zwarte bestanddelen in het stof en, waar deze voornamelijk het gevolg zijn van de onvolledige verbranding van brandstoffen, van de hoeveelheid "rook" op het filter. Omdat absolute ijking naar gewicht niet mogelijk is, worden de meetuitkomsten in West-Europa uitgedrukt in equivalente hoeveelheden van een arbitrair gekozen "standaard"-rook van een bepaalde zwarteheid.

Het verband tussen de zwarteheid van de vlek en de oppervlakteconcentratie ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) aan zwart stof, uitgedrukt als standaardrook, blijkt nu volgens Engelse, Franse en Nederlandse onderzoeken voor een grote verscheidenheid aan in de buitenlucht voorkomende rook- en stofmengsels, bij gebruik van dezelfde meetprocedure (filtertype, reflectometer etc.), op bevredigende wijze door één enkele kromme te kunnen worden weergegeven. De op verschillende plaatsen en verschillende tijdstippen uitgevoerde ijkingen, waarbij de oppervlakteconcentratie aan stof in een relatieve maat werd uitgezet tegen de zwarteheid, gaven namelijk krommen die bij benadering alle dezelfde vorm hadden, d.w.z. door vermenigvuldiging tot elkaar konden worden herleid. De op basis van de gemiddelde Engelse, Franse en Nederlandse krommen voor de desbetreffende combinatie van filtertype en reflectometer (resp. Whatman no.1 en E.E.L.-reflectometer) geconstrueerde universele ijklijn werd door de O.E.C.D. als "Generalized International Standard Calibration Curve" voor rookmetingen genormaliseerd, waarbij als standaardrook dieselloet werd gekozen, dat bij een bepaalde gewichtshoeveelheid stof op het filter de zwartste vlek geeft (zwarteheidsindex 25 bij $20 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ standaardrook-E.E.L./Whatman no.1). De meetuitkomsten worden aangegeven in microgram equivalenten "International Standard Smoke" per vierkante centimeter filteroppervlak. Het gehalte aan standaardrook van de buitenlucht wordt vervolgens berekend aan de hand van de oppervlakte van het filter en de doorgezogen hoeveelheid lucht.

Daar de vorm van de ijklijn afhankelijk is van het filtermateriaal, van het type reflectometer en van de lineaire lichtsnelheid door het filter en ook andere factoren de meting kunnen beïnvloeden, werd door de O.E.C.D. tevens de procedure van de monsterneming en de zwarteheidsmeting gestandaardiseerd. Zo werd voor verschillende aanbevolen filtertypen en reflectometers aangegeven welke standaardijklijn gebruikt moet worden. De lineaire lichtsnelheid door het filter werd vastgesteld op 4,5 cm/sec. De aanzuigsnelheid van de buitenlucht dient zodanig te zijn dat geen deeltjes met een grotere valsnelheid dan 2 cm/sec. (deeltjesgrootte kleiner dan 20 á 30 micron) worden aangezogen. Het monster dient te worden genomen op minstens 3 meter hoogte boven de begane grond. De monsterduur is meestal 24 uur maar ook kunnen kortere tijden van bijvoorbeeld 1 of 2 uur worden gekozen. In het laatste geval wordt gebruik gemaakt van automatische filterapparatuur.

Daar het standaardrookgehalte een maat is voor het gehalte aan zwart stof in de lucht, geeft de meting daarvan vooral in gebieden, waar de luchtverontreiniging in overwegende mate door het stoken van kolen en olie wordt veroorzaakt, een waardevolle indicatie van de verontreiniging van de atmosfeer. In Nederland, waar voor ruimteverwarming de kolen nu vrijwel geheel, en de olie voor een belangrijk deel door aardgas zijn vervangen, is de verontreiniging door onvolledige verbranding van brandstoffen in stookinrichtingen verminderd, maar daar staat tegenover een toeneming van de verontreiniging, veroorzaakt door het gemotoriseerde verkeer. Als indicatie voor de verontreiniging door roetdeeltjes, afkomstig van verbrandingsprocessen is het standaardrookgehalte daarom nog steeds een belangrijk gegeven; de bepaling ervan legt een zekere categorie van deeltjes vast zonder ze precies te kennen. Het zal duidelijk zijn dat de methode faalt in een omgeving waar de verontreiniging van de lucht voornamelijk bestaat uit niet-zwarte deeltjes (bijv. titaan-oxide, fosfaat-erts, diverse kunststoffen e.d.).

Een tweede methode om een ten dele andere categorie van deeltjes vast te leggen is de bepaling van het gewogen stofgehalte van de lucht met behulp van zogenaamde High Volume Samplers. Zoals reeds eerder is aangegeven kan de standaardrookmeting hierover geen betrouwbare informatie geven. Bij in 1971 in het centrum van Rotterdam verrichte metingen bleek de verhouding tussen het gewogen stofgehalte en het standaardrook-

gehalte in de wintermaanden bij 24-uurs bepalingen te variëren tussen een factor 1,5 en 5,5 met een maandgemiddelde factor van 2,5 á 3,5, terwijl in de zomermaanden de verhoudingsfactor uiteenliep van 2 tot 8 met een gemiddelde van 4,5 á 5,5⁽³⁾.

Voor de bepaling van het gewicht van het in de lucht zwevend stof wordt een groot volume lucht - tot 2000 m³ in 24 uur - door een filter met een lage luchtweerstand en een hoge efficiency gezogen, dat vóór en na de bemonstering wordt gewogen. Het filterapparaat wordt, met het filter (meestal glasvezel) horizontaal omhooggericht, opgesteld in een beschermende buitenbehuizing, waarvan de aanzuigopeningen zodanig zijn gedimensioneerd dat geen stofdeeltjes met diameters, groter dan 100 micron worden aangezogen. De monsterduur bedraagt in het algemeen 24 uur. De uitkomsten van metingen met behulp van deze methode hebben opnieuw een zekere relatie met het stofgehalte van de buitenlucht. De methode heeft echter evenmin als de standaardrookmeting noodzakelijkerwijs een relatie met de toxiciteit van het afgevangen stof. Zo zullen metaalspooren, die doorgaans een hoge toxiciteit hebben, maar die aanwezig zijn in de vorm van zeer kleine deeltjes, maar weinig bijdragen tot het gewicht, respektievelijk de zwarteheid van het afgevangen stof. Dit betekent dat de meetuitkomsten meer een maat zijn voor de esthetische kwaliteit van de lucht dan voor de toxiciteit. Het gevangen stof kan evenwel, na weging van het filter, verder worden geanalyseerd.

De bovengenoemde methode, die vooral van betekenis is voor industriegebieden waar veel stof van verschillende aard en samenstelling in de lucht voorkomt, wordt met name in de Verenigde Staten van Amerika reeds geruime tijd op grote schaal toegepast en is daar door de Environmental Protection Agency gestandaardiseerd en aanbevolen als "reference method for the determination of suspended particulates in the atmosphere"⁽⁴⁾. Ook in Nederland wordt van deze methode steeds meer gebruik gemaakt.

Het gewicht aan stof op een filter kan, behalve door direkte weging, ook indirect worden bepaald door meting van de absorptie van β -straling. Deze veelbelovende methode, waarvoor relatief weinig lucht hoeft te worden bemonsterd, biedt het voordeel van een snelle meting en de mogelijkheid van continue registratie van het gewogen stofgehalte van de lucht.

- 1 -

Medische effecten

De experimentele gegeven over het effect van bepaalde concentraties roet, zwevend stof en zwavelzuur op proefpersonen zijn onvoldoende om een duidelijke voorstelling te krijgen van de grenzen waarboven op den duur schadelijke effecten beginnen op te treden. Het gebruik van gezonde vrijwilligers, en blootstelling van korte duur aan afzonderlijke componenten beperken representativiteit t.o.v. risicogroepen ten zeerste. In Londen hebben Lawther en medewerkers jarenlang geprobeerd in verschillende proefopzetten inzicht te krijgen in dit vraagstuk, o.a. door proeven op zichzelf met body-plethysmografisch onderzoek; duidelijke effecten op de ademhaling van gezonde personen traden pas op bij hoge concentraties nagebootste verontreiniging die in de buitenlucht in Nederland niet gemeten worden.

Tegenover dit gemis aan experimentele gegevens staat een overvloed van gegevens uit epidemiologische onderzoeken over correlaties tussen medische bevindingen en stedelijke luchtverontreiniging. Een specifiek kwantitatieve oorzaak-gevolg-relatie voor enkelvoudige verontreinigingen is echter niet altijd even duidelijk.

Wij willen hier stilstaan bij:

1. de smogrampen van 1952 en 1962 in Londen
2. het wegebbend effect van de zogenaamde subacute luchtverontreiniging op sterftcijfers en welbevinden in Londen
3. het voorkomen van CARA bij kinderen in Engeland en Nederland
4. chronische bronchitis en longkanker als mogelijk laat effect van langdurige luchtverontreiniging
5. mogelijke andere gevolgen van gecombineerde roet-, zwevend stof- en zwavelzuurinhalatie.

Wij hebben ons daarbij voornamelijk tot gegevens uit Groot Brittannië beperkt, omdat de meeste resultaten verkregen zijn met meetmethoden die ook in Nederland gebruikelijk zijn.

Ad. 1 De smogrampen van Londen in december 1952 en 1962 hebben plaatsgehad bij ongeveer gelijke concentraties zwaveldioxide nl. van ca. $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De concentraties roet en zwevend stof waren in 1962 gedaald van $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tot $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Er zijn geen gegevens bekend over de concentraties zwavelzuur in 1952. In 1962 was het mazimum zwavelzuur, gemeten over 1 uur, volgens Commins (5) 678

- microgram -

microgram per m³. Volgens dezelfde onderzoeker is met de cascadeimpfactor aangetoond dat in Londen een zeer fijne zwavelzuur aerosol kan voorkomen, vermoedelijk als gevolg van door stof gekatalyseerde omzettingen van het zwaveldioxide. Zelfs onder voor deze omzetting gunstige omstandigheden, werd echter bij uurmetingen zelden meer dan 10% van het zwaveldioxide als zwavelzuur aangetroffen.

Bij de verklaring van de afgenomen ernst der medische gevolgen van de smog in 1962, is het niet mogelijk de bijdrage der afzonderlijke componenten te scheiden. Opvallend is de afname geweest van het roet en zwevend stof tot een standaardrookconcentratie die minder dan de helft van die in 1952 bedroeg, d.w.z. toch nog altijd ongeveer 2 milligram als 24-uursgemiddelde in het centrum van Londen. De toename van de sterfte in verschillende rubrieken doodsoorzaken in 1952 blijkt uit figuur 1. De sterftetoename betrof in de eerste plaats luchtwegaandoeningen en verder hart- en vaataandoeningen, vooral bij oudere mensen met reeds bestaande afwijkingen/ziekten van deze organen. Het totaal aantal smogslachtoffers in 1952 was ongeveer 4.000 (6), in 1962 waren dat er 700. Aangenomen moet worden dat in 1962 het publiek wel voorzichtiger was door radiowaarschuwingen aan bronchitislijders om binnen te blijven met smog. Een deel van de verbetering in 1962 is dan ook vermoedelijk te danken aan minder expositie van risicogroepen aan luchtverontreiniging (7) en aan een betere medische behandeling en behuizing. Desondanks is het toch waarschijnlijk dat een niet onbelangrijk deel van het verschil in oversterfte (ongeveer 3300 personen) berustte op het verschil in verontreiniging, met name voor roet, stof en zwavelzuur. Tot nu toe (eind 1974) heeft dit soort ramp zich niet herhaald.

Ad. 2 Martin en Bradley (8) en later de groep onderzoekers van de Air Pollution Medical Research Unit in Londen (9) konden aantonen dat er in de eind vijftiger en begin zestiger jaren duidelijk correlaties bestonden tussen de mate van luchtverontreiniging met zwaveldioxide en standaardrook en de dagelijkse sterfte in Londen, de ziekenhuisopnamen en het welbevinden van bij de poliklinieken

bekende bronchitislijders die dagboekjes bijhiielden. Enkele der cijfers zijn te vinden in de tabellen 1 en 2 en in figuur 2. De ontwikkeling der trends in deze cijfers is door regelmatig contact met de patiënten door de Research Unit gevolgd. Het bleek dat in de loop van de zestiger jaren de effecten geleidelijk verdwenen, parallel met de gunstige invloed die de Clean Air Act met name op de standaardrookconcentraties in Londen had. Figuur 3 en figuur 4 laten dit voor de dagboekjesstudie duidelijk zien. De dagboekjesstudie werd uitgevoerd met vrijwilligers die dagelijks noteerden of hun bronchitis beter, gelijk aan of slechter geweest was dan de voorgaande dag. Deze bevindingen stemmen overeen met de vermindering van sputumproduktie die Fletcher (10) bij zijn bronchitislijders waarnam.

Omdat de belangrijkste verbetering in de kwaliteit van de buitenlucht wederom het gehalte aan roet en zwevend stof betrof, pleiten de bevindingen voor een causale samenhang. Echter moet daarnaast de verbetering bij de patiënten zeker ook ten dele worden toegeschreven aan vooruitgang in behandeling en behuizing.

Ad. 3 In Nederland en Engeland bestaat sinds vele jaren grote belangstelling voor de vraag of bij kinderen gevolgen van de luchtverontreiniging zijn aan te tonen, bijv. bij onderzoek op scholen. Een der moeilijkheden met het onderzoeken van groepen volwassenen is dat de expositie zich over een groot aantal jaren uitstrekt waarin sociale factoren en rookgewoonten kans hebben gehad een effect te boeken op CARA-verschijnselen. Bij kinderen is de expositieduur korter en heeft in elk geval het roken veel minder te betekenen.

Het is daarom veelzeggend dat Lunn en medewerkers (11,12) in Sheffield een duidelijke gradiënt in de percentages kinderen met luchtwegaandoeningen vonden van meer verontreinigde naar minder verontreinigde wijken, welk verschil bij het dalen van de gehalten standaardrook in de zestiger jaren duidelijk afnam (tabel 8). Zij vatten hun conclusies als volgt samen:

Follow-up data are presented on 558 9-year-old schoolchildren who were first seen and reported on an age of 5 years. Data are

also presented on 1,049 11-years-old children seen at the same time as the 5-year-olds. The children were selected from areas with widely ranging air pollution levels and came mostly from council housing estates.

The 11-year-olds had a lower prevalence of respiratory illness than the 5-year-olds seen at the same time. An excess of respiratory illness found among 5-year-olds living in "dirty areas" was also found in the 11-year-olds but to a lesser degree.

Seen four years later, the original group of 5-year-old children then 9-years old, had less respiratory illness than the 11-year-old group seen previously and showed no differences of significance between areas.

These changes go hand in hand with the overall improvement in pollution levels in the city and the narrowing contrasts between areas, suggesting that the Sheffield Clean Air Programme has already shown effect".

Enkele cijfers over de daling van de gehalten aan rook en zwaveldioxide zijn gegroepeerd in tabel 3. Het verminderen van de gradiënt pleit ook hier voor de rol die aan roet en zwevend stof moet worden toegeschreven in de pathogenese der longafwijkingen. De zwaveldioxide-concentraties daalden blijkens tabel 3 veel minder. In Nederland (13) bleek het aantal kinderen met bronchitis-klachten in Rotterdam in de wijk Hilligersberg veel lager te zijn dan in Crooswijk, zoals blijkt uit tabel 4. Omdat de wijken een sterk verschil in welvaartsniveau hadden, was het moeilijk de relatieve betekenis van de luchtverontreiniging hierbij aan te geven. In vergelijking met Engeland gaat het hier om betrekkelijk lage verontreinigingsniveaus.

Ook in de Verenigde Staten wijzen de voorlopige resultaten van dit soort onderzoeken op effecten bij kinderen bij volgens de oude opvattingen al zeer lage gehalten zwevend stof (17).

Toch moet men juist hier de rol der exogene factoren niet overschatten zoals blijkt uit de frequentie van lasten bij zeer jonge kinderen in industrieel praktisch onbesmet gebied (Jancik (15), Knol (14), Selander (16) (tabellen 9, 10 en 11).

Het recidiverend karakter van de lasten juist bij deze groepen

bij telkens dezelfde kinderen en de opmerkelijke geslachtsverschillen die ook reeds in deze leeftijdsgroep blijken te bestaan maken dit nog duidelijker.

Ad. 4 Tabellen 5 en 6 laten de trend in CARA-sterfte en longkankersterfte zien in Rotterdam en in de 4 agrarische provincies van Nederland over 1950 tot 1968. Voor longkanker is er een aanwijzing dat het platteland inloopt door afname van het verschil in de jongere leeftijdsklasse bij mannen. Bij de CARA-sterfte is het daarentegen duidelijk dat deze in Rotterdam sterker stijgt dan in de provincies (18). Een soortgelijke stijging werd ook in Amsterdam geregistreerd.

In de meeste landen vindt men voor beide groepen aandoeningen een zgn. "urban factor". Het is niet waarschijnlijk dat het hier om allleen zwaveldioxide gaat, want in de bedrijfsgeneeskunde zijn bij beroepsmatig aan zuiver zwaveldioxide blootgestelde groepen werknemers geen aanwijzingen voor een dergelijk gevolg gevonden.

Het is ook nog steeds niet duidelijk welke voorstelling wij ons moeten maken van het ontstaan dezer zogenaamde chronische luchtverontreinigingseffecten: gaat het om een summatie van subacute exposities of om het dagelijks doorwerken van de verontreinigingen op het slijmvlies der luchtwegen? Algemeen wordt echter aangenomen dat het fijne stof, dat zich blijkens tabel 7 voor een belangrijk deel in de diepere luchtwegen afzet indien het fijn genoeg is om lang te blijven zweven in de buitenlucht, als een soort drager fungeert van het zwaveldioxide waardoor ook de verblijftijd in de long sterk verlengd wordt. Door verscheidene onderzoekers wordt verondersteld dat zwaveldioxide daarbij wordt omgezet in zwavelzuur. Op zichzelf is zwaveldioxide zo hydrofiel dat het praktisch geheel in de bovenste luchtwegen afgevangen wordt (in neus, keel en trachea), en ten dele zo opgenomen in de bloedbaan, waaruit het via de long weer ontwijkt.

Er zijn thans volgens Waller (39) ook cijfers bekend over een mogelijk gunstige invloed van de dalende gehalten roet en zwevend stof op de sterfte aan CARA en longkanker in Londen. Dat dit niet

- 6 -

direct waarneembaar was behoeft geen verbazing te wekken, want de doorwerking kan pas zeer geleidelijk bij opeenvolgende cohorten manifest worden. De onder ad. 2 vermelde gunstige effecten maken het wel aannemelijk dat ook de sterfte uiteindelijk gunstig zal worden beïnvloed.

Voor Nederland pleiten de cijfers bijv. uit de tabellen 5 en 6 - ondanks afname van het verschil voor longkanker tussen stad en provincie (tabel 6) - ook wel voor een mogelijke bijdrage van de luchtverontreiniging aan deze rubrieken doodsoorzaken.

Bij longkanker lijkt het zgn. "urbanisatie-effect" d.w.z. de effecten van bijv. langdurige sigarettenconsumptie en crowding, nog door te werken; de CARA-sterfteverschillen zijn suggestief voor een invloed van luchtverontreiniging, al zou ook hier de invloed van sigarettenroken niet gering en mogelijk nog belangrijker kunnen zijn. Dit blijkt uit de morbiditeit respectievelijk symptomatologie die per rookcategorie in al dan niet verontreinigde gebieden slechts relatief geringe verschillen vertoont en dan nog voornamelijk in de sector hoest en sputumproductie en minder in de dyspnoe. Terwijl deze laatste klachtengroep uit oogpunt van ziekte en invaliditeit tegenwoordig toch de meest belangrijke moet worden geacht.

Ad. 5 Met name uit de Oost-Europese landen (19) verschijnen regelmatig publikaties over allerlei effecten van stedelijke luchtverontreiniging op andere organen dan de luchtwegen. Zo zijn wel skeletafwijkingen gemeld en afwijkingen van het bloedbeeld.

Het is ons niet mogelijk deze effecten goed te evalueren en te interpreteren bij het afleiden van een grenswaarde. Zij houden wel een waarschuwing in dat er bijv. via zwevend stof toevoer van allerlei niet-inerte stoffen kan plaatsvinden. Indien het gaat om berylliumverbindingen, loodverbindingen, arsenicum, enz. dient hiervoor een afzonderlijke grenswaarde afgeleid te worden. Dit geldt uiteraard ook voor radioactieve isotopen.

- 1 -

Invloed van zwavelzuur en stof op planten en lezenloze materie

Het is bekend dat in slecht afgestelde oliebranders roetvlokken ontstaan, die bij gebruik van zwavelhoudende olie gemakkelijk zwaveldioxide absorberen, waarbij vooral in een vochtige atmosfeer zwavelzuur kan ontstaan. Dergelijke zure vlokken geven bij afzetting op de bovenzijde van bladeren aanleiding tot het ontstaan van necrotische bladvlekken.

Dit is niet de enige manier waarop zwavelzuur beschadiging van gewassen kan veroorzaken. Zwavelzuurdruppeltjes kunnen ook in aerosolen voorkomen. Het is afhankelijk van de vochtigheidstoestand van de lucht of deze druppeltjes groot genoeg kunnen worden om zich op bladoppervlakken te zetten. Gebeurt dit, dan ontstaan verbrandingsvlekjes, die gewoonlijk kleiner zijn dan die welke door zure roetvlokken zijn gevormd. Dit type beschadiging wordt het meest gevonden gedurende mistig weer. Middleton et al. (20) en Thomas (21) hadden al eerder aangetoond dat bladbeschadiging door zwavelzuur-aerosolen alleen optrad bij aanwezigheid van water. De zwavelzuurconcentratie moet dan groter zijn dan $0,1 \text{ mg per m}^3$. (Air Quality Criteria for Sulphur Oxides U.S. Dept. Health etc. 1969). Deze beschadiging is in Nederland slechts incidenteel voorgekomen. De pH van de vloeistof is 3 en vooral bladeren van suikerbieten zijn er gevoelig voor. De beschadiging komt aanvankelijk alleen voor op de bladbovenzijde. De mesophyl-cellagen en de onder-epidermis worden later aangetast waardoor geel tot bruinverkleurde vlekken ontstaan die aan beide zijden van het blad zichtbaar zijn. Beschadiging door zwavelzuur aerosolen komt veel minder vaak voor dan bladbeschadiging door gasvormig zwaveldioxide.

Ook is beschadiging aan fruit geconstateerd. Naast een zekere vruchtverruwing komen op de schil van appels necrotische plekjes voor. (Van Raay, (22)). Experimenteel heeft men niet vast kunnen stellen bij welke concentraties zwavelzuur plantebeschadiging ontstaat.

Ten aanzien van stof ("inert stof") kan men in het algemeen opmerken dat de plantegroei ongunstig wordt beïnvloed, daar de koolzuurassimilatie door verminderde doordringing van ultraviolet licht als gevolg van luchtverontreiniging met vaste stoffen afneemt. Met name in Nederland met zijn grote kas-areaal in de jaarlijks optredende schade door verminderde plantegroei resp. zijn de kosten voor het schoonmaken van de kassen te schat-

- ten -

- 2 -

ten op enkele tientallen miljoenen guldens. Verder verstopt "inert stof" de huidmondjes, hetgeen de gaswisseling remt met als gevolg verminderde assimilatie.

Heeft men te doen met basisch stof als cement- of kalkstof dan verschrompelen de chloroplasten in de cellen, speciaal als dit stof met mist of lichte regen op de bladeren wordt afgezet, waarbij korstvorming optreedt en de pH 12 bedraagt tegen in droge vorm in lucht 8-10. Czaja (23, 24) en Darley (25) toonden aan dat boneplanten, die gedurende 2 dagen bestoven werden met cementstof met een deeltjesgrootte van 8-20 μm in een dosis van 0,47/mg/cm²/dag na aan natuurlijke dauw blootgesteld te zijn matig beschadigd waren. Andere stofsoorten, vooral met metaaloxiden, kunnen via opname door de wortels sterk groeiremmend werken. Het is hier evenwel niet de plaats hierover uit te wijden.

Over de concentratie van zwavelzuur waarbij corrosie optreedt is niets bekend, wel over die van zwaveldioxide. Zo is gebleken dat in een vochtige atmosfeer die zwaveldioxide bevat sterke corrosie van metalen en bouwmaterialen voorkomt. Algemeen neemt men aan dat de relatieve luchtvochtigheid ten minste 70% moet zijn. Ook is gebleken dat de aantasting van materialen sterker is als er zowel zwaveloxiden als vaste deeltjes in de atmosfeer voorkomen. De mate van corrosie is echter meer gecorreleerd aan de zwaveloxiden dan aan de hoeveelheid vaste deeltjes.

Er is een duidelijke toename van corrosie in geïndustrialiseerde en verstedelijkte gebieden en dat des te meer naar mate de niveaus aan zwaveloxiden en vaste deeltjes in de atmosfeer hoger liggen. Gemiddeld is in verontreinigde gebieden de corrosie 1½ tot 5 maal groter dan in landelijke omgeving, mits de luchtvochtigheid hoog genoeg is. Als de gemiddelde jaarlijkse zwaveldioxide niveaus in de atmosfeer op 0,03 tot 0,12 ppm liggen treedt zware corrosie op. Bekend is de corrosie-schade aan T-balken op scheepswerven aan de Nieuwe Waterweg. Ook moeten als gevolg van corrosie herhaaldelijk schepen worden overgeleverd.

Dosis-effectrelaties

Door de Wereld Gezondheidsorganisatie (26) zijn voor rook en zwavel-oxiden de in tabel 12 vermelde relaties gebruikt bij het formuleren van criteria. Wanneer wij eenvoudigheidshalve uitgaan van de zogenaamde subacute luchtverontreinigingseffecten (de verslechtering van de conditie van personen met bestaande luchtwegaandoeningen) en aannemen dat er een verhouding van 3 op 1 bestaat in de meeste gebieden tussen hoogste daggemiddelde concentraties en jaargemiddelden, dan lijkt 150 μg zwaveldioxide per m^3 bij 80 μg standaardrook per m^3 een verantwoorde gemiddelde jaarwaarde, waarbij dergelijke effecten manifest worden. Het criterium "effect", is bij de gevoeligste groep mensen waargenomen.

De dosis-effectcurve is onbekend. Indien men een, overigens volkomen arbitraire onzekerheidsfactor 2 zou willen hanteren, zouden hieruit waarden van respectievelijk 75 μg zwaveldioxide per m^3 en 40 μg standaardrook per m^3 als aanbevelenswaardige doel- of grenswaarden volgen. Deze waarden zijn voor zwaveldioxide door de Wereld Gezondheidsorganisatie slechts iets lager gesteld, nl. zwaveldioxide jaargemiddelde 60 μg per m^3 ; 98-percentiel beneden 200 μg per m^3 (tabel 13). De voorgestelde grenswaarde voor standaardrook correspondeert met die van de Wereld Gezondheidsorganisatie, nl. voor standaardrook jaargemiddelde 40 μg per m^3 ; 98-percentiel beneden 120 μg per m^3 (blijkens tabel 13).

In Nederland voorkomende standaardrookconcentraties

In de hieronder volgende tabel zijn enkele gegevens vermeld betreffende in Nederland gemeten concentraties aan standaardrook. Voor elk gebied is van de op de verschillende meetpunten in de desbetreffende meetperiode gevonden concentratieverdelingen zowel de hoogste als de laagste mediaan- en 98 procent-waarde aangegeven.

Standaardrookconcentraties
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24-uursgemiddelden

gebied	mediaan	98-percentiel	periode
<u>Rijnmondgebied</u> (27)			
Rotterdam	18-28	78-98	april '71/ maart '72
Vlaardingen (28)	26-35	92-135	"
Hoogvliet	18-21	79-87	"
Maassluis	16-17	78-92	"
Hoek van Holland/ Eurorama	13-15	69-77	"
Oostvoorne/Brielle	11-15	67-80	"
<u>Westland</u> (29)	25-29	92-108	"
<u>Noordzeekanaal- gebied</u> (30)			
Amsterdam (31)	17-25	65-77	"
Haarlem e.o.	11-21	61-86	"
Beverwijk e.o.	14-30	59-94	"
IJmuiden	18-21	78-104	"
Zaanstreek	14-20	58-88	"
<u>Enschede</u> (32)	29-44	105-145	"
<u>Utrecht</u> (32)	32-43	120-147	april '70/ maart '71
<u>Den Haag e.o.</u> (33)	12-37	67-137	april '72/ maart '73
Ockenburg (kust)	10	24	"

Het standaardrookgehalte van de buitenlucht stijgt met toenemende urbanisatie en verschilt in de stedelijke gebieden van plaats tot plaats, afhankelijk van de aard van de bebouwing, de bebouwingsdichtheid en de verkeersintensiteit. De eerstgenoemde twee factoren bepalen

niet alleen de grootte en het aantal van de stookinrichtingen voor ruimteverwarming in een bepaalde wijk- en daarmee de door deze bronnen geproduceerde verontreiniging, voor zover althans nog van olie of kolen gebruik wordt gemaakt - maar zijn ook van invloed op de verspreiding van de in de lucht gebrachte verontreiniging. Dit geldt met name ook voor de verspreiding van de op laag niveau geloosde auto-uitlaatgassen, die uit dichtbebouwde oude stadsdelen met nauwe straten minder goed kunnen ontwijken dan uit nieuwere, ruim opgezette delen van de stad.

In de directe nabijheid van straten en wegen met veel gemotoriseerd verkeer wordt het standaardrookgehalte van de lucht plaatselijk sterk door dit verkeer beïnvloed. Hierbij speelt niet alleen de lozing op laag niveau een rol, maar ook het feit dat, met name dieselrook bij eenzelfde gewichtshoeveelheid roet op het filter een veel zwartere vlek geeft dan rook van huishoudelijke stookinrichtingen. De in de tabel voor Den Haag vermelde hoogste mediaan- en 98%-waarden hebben bijvoorbeeld betrekking op metingen op de drukke Prinsengracht in het centrum van de stad. De op één na hoogste mediaan- en 98% waarden, op enkele andere meetpunten in de stad, waren resp. 25 en 95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De hoogste voor Enschede en Utrecht aangegeven waarden hebben eveneens betrekking op meetpunten die in meer of mindere mate door het verkeer worden beïnvloed. De mediaanwaarden lagen in deze steden in de desbetreffende meetperiode in het algemeen beneden de 36 resp. 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en de 98%-waarden beneden de 130 resp. 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In Beverwijk vormde de mediaan van 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ een uitzondering met waarden van 19 en 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op een drietal meetpunten elders in deze plaats.

Het standaardrookgehalte reageert vrij snel op ongunstige meteorologische omstandigheden met een sterke toeneming van het concentratieniveau. Vooral de windsnelheid is daarbij een belangrijke factor. Het verband met de windsnelheid - een stijging van de concentratie met afnemende windsterkte - is voor standaardrook regelmatigiger dan voor zwaveldioxide. Wellicht moet aan dit feit het, vergeleken met de overige gebieden, hogere verontreinigingsniveau in Utrecht en Enschede worden toegeschreven. De gemiddelde windsnelheid is in het midden en oosten namelijk lager dan in het westen van het land waar de windsnelheid naar de kust toe vrij snel toeneemt. Anderzijds moet er rekening mee worden gehouden dat de voor Utrecht en Enschede opgegeven waarden betrekking hebben op metingen, uitgevoerd met een in geringe mate afwijkend type

filterpapier (Whatman no.42 i.p.v. Whatman no.1) hetgeen mede oorzaak van de gevonden hogere meetuitkomsten kan zijn. De eerste resultaten van vergelijkingsmetingen ter plaatse duiden op verschillen, die, afhankelijk van de ligging van het meetpunt, gemiddeld liggen tussen 0 en 30 procent.

De concentratie aan standaardrook is in de winter hoger dan in de zomer en verschilt van winter tot winter en van zomer tot zomer, afhankelijk van de meteorologische omstandigheden in de desbetreffende seizoenen. Afgezien van deze normale seizoenverschillen lijkt het standaardrookgehalte van de buitenlucht in de laatste 10 jaar in het algemeen weinig te zijn veranderd. De vermindering van de verontreiniging als gevolg van de overschakeling op aardgas wordt, wat de rookverspreiding betreft, wellicht gecompenseerd door de toeneming van de verontreiniging veroorzaakt door het gemotoriseerde verkeer.

In Nederland gemeten concentraties aan gewogen stof

Sedert enige jaren worden in het Rijnmondgebied en in het Noordzeekanaalgebied tevens metingen uitgevoerd met behulp van High Volume Samplers. De volgende tabel geeft een overzicht van in het meetjaar 1971-1972 gemeten, gewogen stofgehalten van de buitenlucht.

Gewogen stofconcentraties in
 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24-uursgemiddelden

meetpunt	jaargemiddelde	mediaan	98-percentiel	max. dagwaarde	percentage waarnemingen $>80 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Rotterdam (Keuringsdienst van Waren) (34)	108	98	243	316	63
Hoek van Holland (Radarpost Nieuwe Waterweg) (34)	95	77	270	747	45
Amsterdam-Noord (35)	87	83	190	219	53
Amsterdam-West (35)	78	65	200	229	32
Amsterdam-Centrum (35)	91	83	240	305	55
Haarlem (25)	74	62	210	226	29
Zaandijk (25)	80	69	190	215	34
Heemskerk (25) (duingebied)	76	71	200	202	42

(34) april 1971/maart 1972

(35) mei 1971/mei 1972

- 4 -

In Rotterdam nam het gewogen stofgehalte, zij het minder regelmatig dan het standaardrookgehalte, in de aangegeven meetperiode af met toenemende windsnelheid. Bij Hoek van Holland was bij windsnelheden kleiner dan 6m/sec. hetzelfde het geval, maar bij hogere windsnelheden nam de stofconcentratie weer toe. De metingen op dit punt worden namelijk sterk beïnvloed door opgewaaid zand en verstoven zeewater. De hoogste stofgehalten kwamen voor bij zuidwester storm.

Op de meetpunten in Amsterdam-Noord en Amsterdam-West was er een zwakke negatieve correlatie tussen het stofgehalte en de windsnelheid. De gemiddelde concentratie was hier, evenals op de meetpunten Amsterdam-Centrum, Haarlem, Zaandijk, Heemskerk en Hoek van Holland in de winter hoger dan in de zomer. Alleen te Rotterdam was er geen significant verschil tussen deze beide seizoenen.

In Nederland gemeten concentraties aan zwavelzuur

In de laatste jaren werden in het kader van een onderzoek naar het psychisch-chemisch gedrag van zwaveldioxide in de atmosfeer inleidende onderzoeken verricht naar het gehalte aan sulfaten en zwavelzuur in Nederland (36). Hierbij werd gebruik gemaakt van een meer selectieve bepaling van het gehalte aan zwavelzuur op basis van een scheiding tussen zwavelzuur en sulfaten met behulp van isopropanol. De tabellen 14, 15, 16 en 17 geven verwerkte overzichten van de gemeten concentraties. De gemiddelde waarden over de betreffende perioden voor de verschillende plaatsen waren voor zwavelzuur gelegen tussen ca. 0,2 en 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en de gemiddelde waarden voor sulfaten tussen ca. 8 en 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabel 1: Dagelijkse mortaliteit en morbiditeit (deviaties van het voortschrijdende 15-dagen gemiddelde) en dagelijkse concentraties zwaveldioxide in Londen in de winters 1958-1959, 1959-1960.

Zwaveldioxide 24-uursgemiddelde ³ in microgram per m ³	mortaliteit (alle doodsoorzaken)	morbiditeit (cardiorespiratoire aan- doeningen)
1,281 1,107 1,070 900 990 932	+ 7 + 41 + 60 (gem.+39,6) + 63 + 27	+ 21 + 29 + 3 (gem.+12,8) + 11 0
875 867 841 800-900 827 824 812	+ 26 + 20 + 2 (gem.+19,2) + 28 + 44 - 5	+ 22 + 3 + 11 (gem.+12,8) + 5 + 27 + 9
784 738 721 704 600-800 686 675 612 609 606	+ 12 + 47 + 27 + 33 (gem.+16,0) + 21 + 3 - 20 - 4 + 22	+ 3 + 32 + 4 0 (gem.+6,9) + 7 - 6 + 5 + 16 + 1
575 575 572 500-600 546 538 526	+ 21 + 12 + 47 (gem.+11,6) - 20 + 10 0	+ 11 + 2 + 21 (gem.+5,1) - 9 + 5 + 1
489 480 478 466 463 460 400-500 420 409	- 13 + 27 0 + 9 + 33 + 16 (gem.+9,0) - 5 + 15	+ 11 0 - 7 0 + 5 + 4 (gem.+2,2) - 5 0

Martin (1964) (8)

Tabel 2: Dagelijkse mortaliteit en morbiditeit (deviaties van het voortschrijdende 15-dagen gemiddelde) en dagelijkse concentratie rook in Londen in de winters 1958-1959, 1959-1960.

Rook 24-uursgemiddelde in microgram per m ³	mortaliteit (alle doodsoorzaken)	morbiditeit (cardiorespiratoire aan- doeningen)
1,510 1,433 1,350 1,310 1,308 1,162 1,140 > 1100	+ 60 + 39 + 44 + 10 (gem.+40,0) + 41 + 63 + 23	+ 3 + 22 + 27 + 5 (gem.+12,9) + 29 + 11 - 7
1,095 1,085 1,040 1,000 999 980 969 940 900-1100	+ 12 - 5 + 27 + 21 (gem.+15,6) + 26 + 21 + 3 + 20	+ 3 + 9 0 + 7 (gem.+4,9) + 22 + 1 - 6 + 3
770 760 740 736 730 730 720 708 700 700-900	- 21 + 33 + 22 + 21 - 4 (gem.+9,2) 0 + 25 - 20 + 27	- 5 + 5 - 12 + 11 + 16 (gem.+2,4) - 7 + 5 + 5 + 4
690 690 663 660 602 600 600-700	+ 16 + 12 + 15 (gem.+13,0) + 22 - 20 + 33	+ 2 + 2 0 (gem.-0,7) + 1 - 9 0
570 563 540 540 540 529 520 510 500 500-600	- 13 + 9 + 31 - 11 - 1 (gem.+5,2) + 16 + 6 + 34 - 24	+ 11 0 - 7 + 8 + 12 (gem.+3,2) + 4 - 10 + 7 + 4

Martin (1964) (8)

Tabel 3: Verandering in verontreiniging 1964-1968

Area	Smoke ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		SO ₂	
	1964	1968	1964	1968
Greenhill	97	48	123	94
Longley	230	141	181	166
Park	262	118	219	186
Attercliffe	301	169	275	253

Lunn et al. (1970) (12)

Tabel 4: Voorkomen van chronische bronchitis en asthma bij schoolkinderen in twee wijken van Rotterdam

Wijk	Chronische bronchitis	Asthma
meer verontreinigd	5,5 %	2,2 %
minder verontreinigd	1,0 %	1,7 %
P(chi-kwadraat)	0,05	0,05

Biersteker et al. (1970) (13)

Tabel 5: CARA-sterfte in Rotterdam en de 4 agrarische provincies bij mannen (per 100.000 personen per leeftijdsgroep per jaar)

Leeftijdsgroep	Periode 1950-1954	Periode 1965-1968
35-44 jaar	6 (6)	6 (3)
45-54 jaar	27 (18)	22 (16)
55-64 jaar	68 (42)	108 (66)
65-74 jaar	105 (95)	308 (138)
75+ jaar	241 (280)	528 (316)

() de cijfers voor de agrarische provincies.

nummers 241, 501, 502, 525, 526, 527 van de internationale classificatie van ziekten, verwondingen, doodsoorzaken van 1955.

Biersteker (1973) (18)

Tabel 6: Longkankersterfte in Rotterdam en de 4 agrarische provincies bij mannen (per 100.000 personen per leeftijdsgroep per jaar)

Leeftijdsgroep	Periode 1954-1955	Periode 1966-1967
35-44 jaar	9 (9)	12 (8)
45-54 jaar	64 (38)	69 (54)
55-64 jaar	175 (69)	286 (187)
65-74 jaar	222 (94)	612 (249)
75+ jaar	238 (87)	459 (183)

Biersteker (1973) (18)

- Tabel 7: -

Tabel 7: Depositie van deeltjes in luchtwegen van de mens

Diameter (μ)	neuskeelholte	grotere lucht- wegen	fijnste lucht wegen
0,01	1 %	18 %	70 %
0,1	2 %	8 %	55 %
1	25 %	5 %	25 %
10	85 %	5 %	9 %

Model van de Amerikaanse Atoom Energie Commissie

Tabel 8: Verschillen in vóórkomen van luchtwegaandoeningen per wijk

	leeftijd 5 jaar (1963-5)		leeftijd 11 jaar (1963-5)		leeftijd 9 jaar (1967-9)	
	Greenhill	Andere wijken	Greenhill	Andere wijken	Greenhill	Andere wijken
	%	%	%	%	%	%
Massale mucopuru- lente afscheiding	6,7	8,6	9,9	9,1	6,0	6,7
Meer dan 3x per jaar verkouden	34,0	43,0 ¹⁾	23,5	29,7 ¹⁾	19,8	23,7
Hardnekkige of veelvuldige hoest	22,4	35,2 ²⁾	11,4	20,3 ³⁾	12,3	11,5
Verkoudheid met longcomplicaties	30,7	40,7	19,8	22,9	27,9	33,3

1) $P < 0,05$ 2) $P < 0,01$ 3) $P < 0,001$
 Lunn et al. (1970) (12)

Tabel 9: Chronische niet-specifieke longziekten in een willekeurige groep kinderen van 8-12 jaar in Groningen

Totale bevolking in Groningen: 150.000		
Totaal aantal kinderen van 8-12 jaar: + 10.000		
Gebruikte methode: gewijzigd formulier van de "Medical Research Council"		
Jongens: 235	positief: 70 (= 29,8%)	Hoest en sputum: <u>5</u> Hijgen en dyspnoe: <u>44</u> Combinatie van hijgen en hoesten: <u>21</u>
	negatief: 165 (= 70,2%)	
Meisjes: 240	positief: 44 (=18,4%)	Hoest en sputum: <u>2</u> Hijgen en dyspnoe: <u>31</u> Combinatie van hijgen en hoesten: <u>11</u>
	negatief: 196 (= 81,6%)	

Knol (1965) (14)

Tabel 10: Enquête onder 10 huisartsen, 2 kinderartsen, 7 wijkverpleegsters in project Westerkwartier

Aantal onderzochte kinderen: 284	
Periode: eind 1968 tot maart 1970	
Chronische hoest	8,4 %
Periode van (toegenomen) hoest	13,8 %
Chronisch slijm	11,3 %
Hijgen of fluitende ademhaling	15,5 %
Aanvallen van kortademigheid met hijgen	2,4 %
Kinderen met "symptomen": 22,5 %	

Jancik et al. (1972) (15)

Tabel 11: Een vergelijking van 61 kinderen met symptomen, met 62 kinderen zonder symptomen in project Westerkwartier

Verschillen bij herhaald onderzoek:		
	χ^2	P
Hoesten 3 weken	10,6	0,005-0,001
Slijm 3 weken	13,9	0,0005
Piepende ademhaling	4,4	0,05

Jancik et al. (1972) (15)

Tabel 12: Te verwachten effecten van luchtverontreiniging op de gezondheid van geselecteerde bevolkingsgroepen¹⁾

Luchtverontreinigingscomponent	Oversterfte en ziekenhuisopnamen	Verslechtering van de conditie bij patiënten met longaandoeningen	Subjectieve en objectieve bevindingen bij bevolkingsonderzoek	Zichtvermindering en hinder bij mensen
Zwavel dioxide ^{a)}	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (daggemiddelde)	500-250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^{b)} (daggemiddelde)	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (rekenkundig jaargemiddelde)	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (geometrisch jaargemiddelde)
rook ^{a)}	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (daggemiddelde)	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (daggemiddelde)	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (rekenkundig jaargemiddelde)	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (geometrisch ^{c)} jaargemiddelde)

- 1) Het comité legde er zeer speciaal de nadruk op dat deze tabel niet los mag worden beschouwd van de begeleidende tekst
- a) Britse Standaard Procedure (Ministerie van Technologie, 1966). De waarden voor zwaveldioxide en zwevend stof zijn slechts geldig in relatie tot elkaar. Zij zullen wellicht moeten worden aangepast wanneer zij worden vertaald in termen van de resultaten verkregen met andere procedures
- b) Deze waarden vertegenwoordigen de verschillen in opvatting binnen het Comité
- c) Gebaseerd op "high volume samplers".
WHO-rapport nr.506 (1972) (26)

Tabel 13: Aanbevolen doelstellingen op lange termijn¹⁾

Contaminant en meetmethode	grenswaarde	
Zwaveloxiden ^{a)} - Britse standaard procedure ^{b)}	rekenkundig jaargemiddelde: ^{c)}	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	98% der waarnemingen onder:	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Standaardrook ^{a)} - Britse standaard procedure ^{b)}	rekenkundig jaargemiddelde: ^{c)}	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	98% der waarnemingen onder:	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- 1) Het Comité legde er zeer speciaal de nadruk op dat deze tabel niet los mag worden beschouwd van de begeleidende tekst
- a) De waarden voor zwaveldioxide en zwevend stof zijn slechts geldig in relatie tot elkaar
- b) De gebruikte methoden zijn niet noodzakelijkerwijs de aanbevolen methoden, maar geven aan waarop deze eenheden zijn gebaseerd. Bij gebruik van andere methoden kan aanpassing noodzakelijk zijn
- c) De toegestane 2% der waarnemingen boven deze grens hoeven niet te zijn verkregen op opeenvolgende dagen.
WHO-rapport nr.506 (1972) (26)

Tabel 14: Samenvatting van resultaten voor de winterperiode december 1971 maart 1972 (meetnet Arnhem)

	SO ₂ µg/m ³			SO ₄ (%)			H ₂ SO ₄ (%)			NH ₃ µg/m ³		
	n	x	s	n	x	s	n	x	s	n	x	s
Totaal	296	71,2	49,1	294	12,4	8,9	294	0,34	0,47	79	12,3	4,7
<u>Bemonsteringsperiode</u>												
04-10 h	73	72,7	48,9	72	12,2	6,9	72	0,31	0,30	19	13,5	7,9
10-16 h	74	83,9	55,8	74	11,0	6,9	74	0,30	0,31	20	11,1	5,1
16-22 h	76	65,5	44,8	75	12,4	9,1	75	0,34	0,32	20	8,4	5,2
22-04 h	73	62,6	44,2	73	14,2	11,8	73	0,42	0,78	20	13,4	9,7
<u>Relatieve vochtigheid</u>												
95-100 %	47	50,4	33,8	41	17,3	13,1	41	0,59	0,88	7	9,1	5,7
90- 94 %	66	62,7	38,7	63	13,1	8,3	63	0,28	0,28	13	12,5	6,2
80- 89 %	78	67,6	42,1	75	11,0	5,6	75	0,34	0,35	21	14,1	7,3
<80 %	86	98,1	57,0	85	8,5	5,4	85	0,22	0,19	38	11,6	3,5
<u>Windrichting</u>												
90-170°	129	99,6	48,5	128	8,7	8,7	128	0,22	0,18	20	12,6	3,7
180-270°	57	47,8	38,0	56	14,0	14,1	56	0,38	0,35	22	11,5	4,1

n = aantal monsters

x = gemiddelde waarde

s = standaardafwijking

Tabel 15: Samenvatting van resultaten voor de zomerperiode augustus september 1972 (meetpunt Arnhem)

	SO ₂ µg/m ³			SO ₄ (%)			H ₂ SO ₄ (%)			NH ₃ µg/m ³		
	n	x	s	n	x	s	n	x	s	n	x	s
Totaal	102	7,6	6,5	102	36,8	19,2	101	1,05	0,95	92	4,1	2,9
<u>Bemonsteringsperiode</u>												
04-10 h	25	8,2	4,9	25	32,6	19,0	25	1,44	0,65	21	4,8	3,3
10-16 h	26	12,8	8,3	26	27,2	10,3	25	0,75	0,82	24	4,2	2,8
16-22 h	26	5,2	3,4	26	37,4	20,8	26	0,63	0,92	24	3,5	3,3
22-04 h	25	3,6	3,0	25	49,3	24,9	25	1,40	1,99	23	3,8	2,7
<u>Relatieve vochtigheid</u>												
80-100 %	56	5,6	4,7	56	40,5	20,2	56	1,30	1,36	50	4,1	3,1
60- 79 %	41	10,1	8,6	41	31,0	14,3	41	0,80	0,83	37	3,8	2,8
40- 59 %	5	9,0	8,5	5	43,4	34,3	4	0,27	0,43	5	6,1	4,3
<u>Windrichting</u>												
90-170°	16	10,3	6,0	16	23,9	9,7	15	0,33	0,31	16	5,4	2,7
180-270°	18	12,2	11,8	18	30,5	13,3	18	0,19	0,22	18	5,3	2,9

- Tabel 16: -

Tabel 16: Een vergelijking van de resultaten verkregen op de meetpunten te Amsterdam en Arnhem (concentraties in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, verhoudingen in procent)

Plaats	SO ₂		H ₂ SO ₄		SO ₄		totaal SO ₄ totaal S	
	x	s	x	s	x	s	x	s
Amsterdam	79,7	63,4	0,45	0,48	14,2	7,4	18,5	18,9
Arnhem	91,3	49,9	0,42	0,64	11,0	5,3	8,8	4,0

x = gemiddelde, s = standaardafwijking.

(geldt voor gelijktijdige bemonstering op 20 dagen in de winterperiode december 1971 - maart 1972)

Tabellen 14, 15, 16: Elshout en Viljeer (1973) (36)

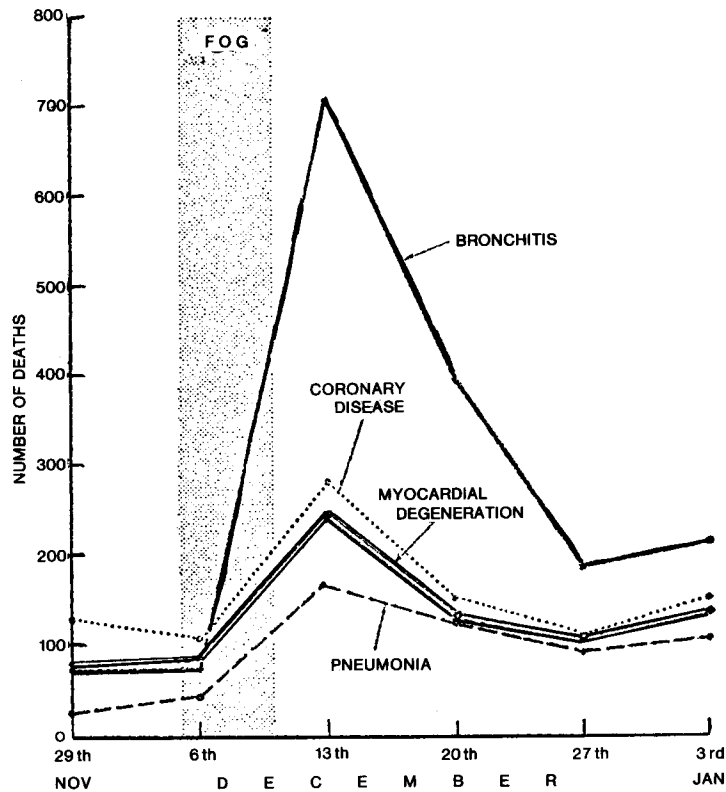
Tabel 17: Samenvatting resultaten (periode 17 september 9 november 1973; monsternemingstijd 11.00 - 15.00 uur)

	Concentratie $\mu\text{g}/\text{m}^3$			verhouding %	
	SO ₂	SO ₄ (H ₂ SO ₄)	SO ₄ (sulfaten)	H ₂ SO ₄ totaal S	SO ₄ totaal S
Arnhem					
n =	39	39	40	38	39
x =	42,8	0,64	12,3	1,78	33,8
s =	57,1	0,28	4,5	1,51	26,6
Rotterdam (Waalhaven)					
n =	28	30	30	23	23
x =	69,7	0,78	9,7	1,20	12,1
s =	47,6	0,66	3,4	1,68	12,2
Rotterdam (Keuringsdienst van Waren)					
n =		29	29	24	24
x =		0,94	9,9	1,42	12,6
s =		0,69	3,7	2,29	10,6

Viljeer (1974) (37)

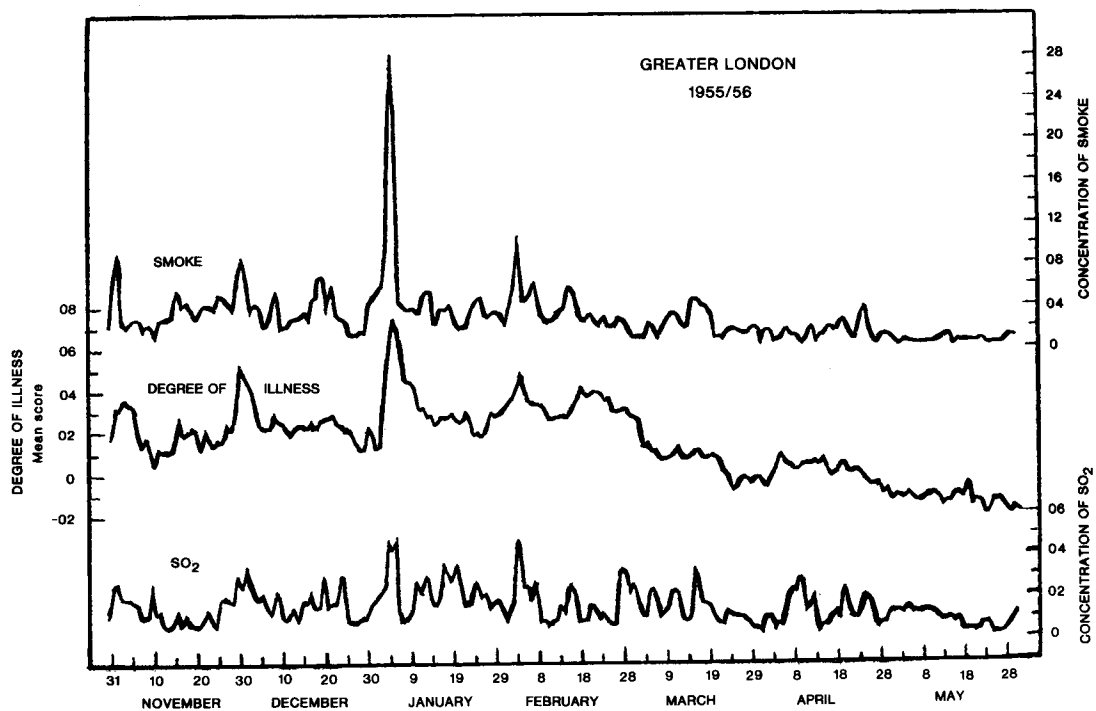
- 9 -

Figuur 1: Aantal sterfgevallen in Londen tijdens de beruchte smog van december 1952.



J. Roy. Coll. Phys. 4 (1970) (38)

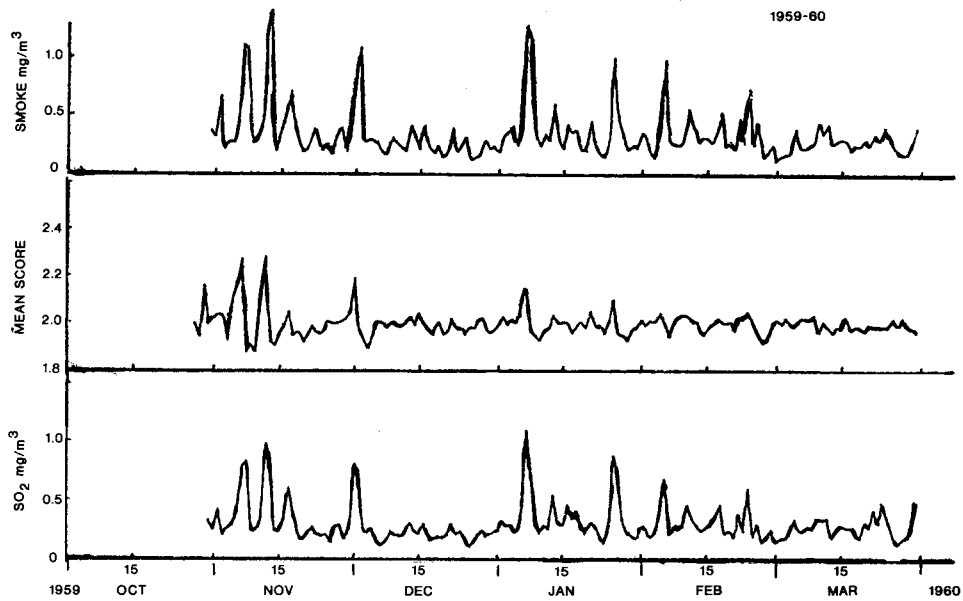
Figuur 2: Ernst van de ziekte en mate van luchtverontreiniging Londen 1955-56.



Lawther et al. (1970) (9)

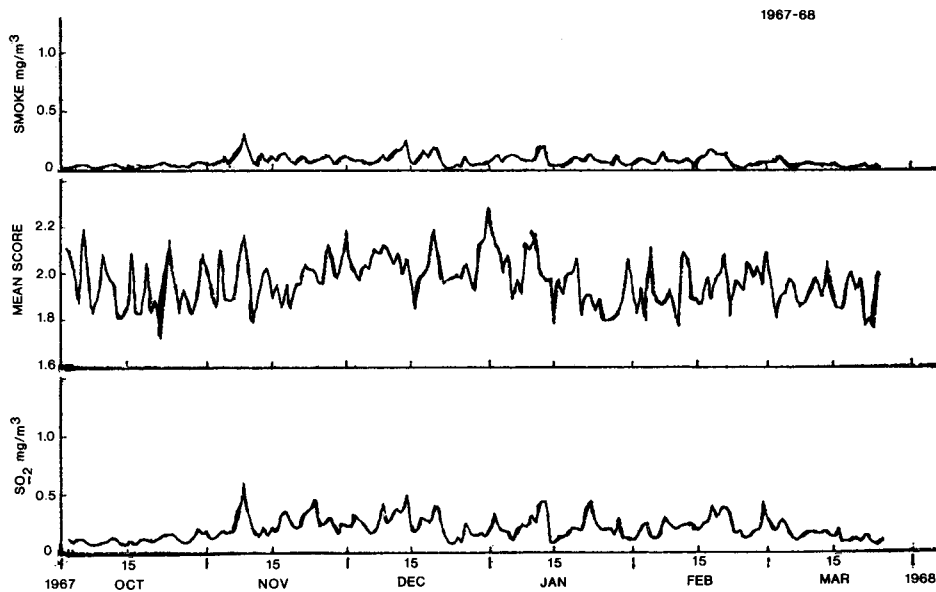
- 10 -

Figuur 3: Conditie van patiënten opnieuw uitgezet op basis van gemiddelde score. London 1959-60.



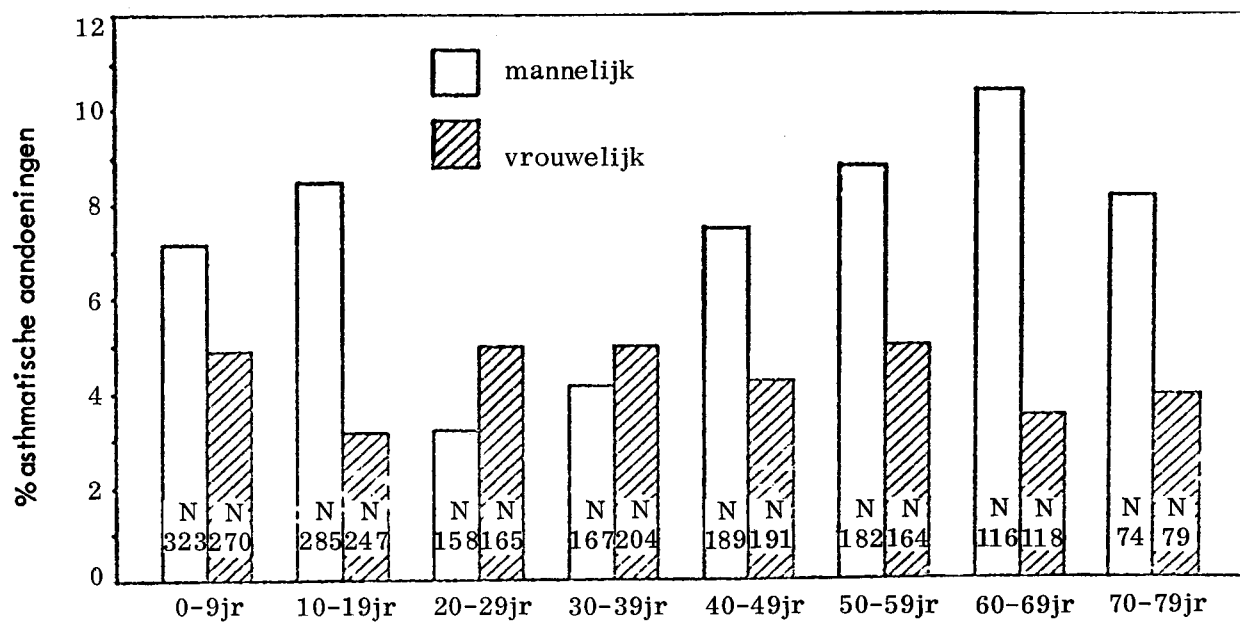
Lawther et al. (1970) (9)

Figuur 4: Conditie van de patiënten en concentraties van rook en zwaveldioxide. London 1967-68.



Lawther et al. (1970) (9)

Figuur 5: Frequentieverdeling van gevallen met "chronische bronchiale obstructie" (asthma, bronchitis, CNSLD) in een kleine landelijke stad (Non-selectie populatie)



Zuiderweg (1962) (1)

LITERATUUR

1. Zuiderweg, A.: Over het vóórkomen van asthma (chronische aspecifieke respiratoire aandoeningen) in een huisartsenpraktijk in Z.O.Groningen. Diss. 1962. N.V. Dijkstra's Drukkerij, v.h. Gebr. Hoitsema, Groningen.
2. Organization for Economic Co-operation and Development (O.E.C.D.) "Methods of Measuring Air Pollution", Paris, 1964, chapter II.
3. Keuringsdienst van Waren, Rotterdam, Onderzoek naar het gehalte aan stof, lood en ijzer in de buitenlucht van het Rijnmondgebied. Intern rapport. (1972)
4. Environmental Protection Agency, National Primary and Secondary Ambient Air Quality Standards. Federal Register, Vol. 36, No.84, part II April 30, 1971.
5. Air Pollution, proceedings of the symposium on the Physico-chemical transformation of sulphar compounds in the atmosphere and the formation of acid smogs. Paris, O.E.C.D. 1967, p.39-46. Paper 5: Commins, B.T. Some studies on the synthesis of particulate acid sulphate from the products of combustion of fuels and measurement of the acid in polluted atmospheres.
6. Mortality and morbidity during the London Fog of december 1952. London, H.M.S.O. 1954, p.38-42.
7. Scott, J.A. e.a., Medical Officer, 111(1954)327-330.
8. Martin, A.E. en Bradley, W.H., Monthly Bulletin of the Ministry of Health etc., 19(1960)56-72.
9. Lawther, P.J., Waller, R.E. en Henderson, M., Thorax, 25(1970)525-539.
10. Current Research in chronic respiratory disease, proceedings of the 11th Aspen Emphysema Conference. Washington D.C., U.S. Dept. Health, Educ.and Welfare, P.H.Service publ. 1879, 1969, p.249-252. Fletcher, C.M. e.a., A Five year prospective field study of early obstructive airway disease.
11. Lunn, J.E., Knowelden, J. en Handyside J., J.Soc.Prev.Medicine 21(1967) 7-16.
12. Lunn, J.E., Knowelden, J. en Roe J.W., J.Soc.Prev.Medicine 24(1970)223-228.
13. Biersteker, K. e.a., Air Pollution and Peak Flow Rates of Schoolchildren. Arch Environ Health, vol.20, March 1970, p.383.
14. Knol, K., Een klinisch en epidemiologisch onderzoek naar de betekenis van bronchiale hyperreactiviteit bij kinderen met chronische aspecifieke respiratoire aandoeningen (CARA) Diss.1965. Drukkerij van Denderen, Groningen.

15. Jancik, E., v.d. Weele, L.T.H., "Het Project Westerkwartier", in het Jaarverslag 1972 van de Med.Sociale Dienst van de Noordelijke Stichting tot bestrijding van Asthma en Bronchitis.
16. Selander, P., Asthmatic symptoms in the first year of life. Acta Paediatrica 49(1960)265.
17. Finklea, J.F., Persoonlijke Mededeling.
18. Biersteker, K., Biologische aspecten van de conventionele luchtverontreiniging. T.Soc.Geneeskunde. 51(1973)126.
19. Elfimova, E.V. e.a., Health Effects of low sulfar dioxide concentrations in air. Hygiëne and Sanitation 34(1) (1969)161-166.
20. Middleton, J.T., Darley, E.F. en Brewer, R.F., 1958; Damage to vegetation from polluted atmospheres. Journ. Air.Poll.Contr.Ass. 8, p.9-15.
21. Thomas, M.D., 1951, Gas damage to plants. Ann.Rev.Plant Physiol. 2, p.293-322.
22. Van Raay, A., 1969, Rapport inzake een onderzoek naar de oorzaak van een stofvormige bevulling van een boomgaard in de gemeente Waddinxveen. Intern IPO rapport 486.
23. Czaja, A.Th., 1962, Ueber das Problem der Zementstaubwirkung auf Pflanzen. Staub 22, p.228-232.
24. Czaja, A.Th., 1966, Ueber die Einwirkung von Stauben, speziell von Zementstoffstaub auf Pflanzen. Angew.Botan. 40, p.106-120.
25. Darley, E.F., 1966, Studies on the effect of cement-kiln dust on vegetation. Journ.Air Poll.Contr.Ass. 16. p.145-150.
26. W.H.O. Technical Report Series nr.506(1972)16 en 33.
27. Commissie Bodem, Water en Lucht-Rotterdam, Verslag 1971/1972 (1.1.1971-1.4.1972).
28. Instituut voor Gezondheidstechniek TNO, SO₂-metingen Nieuwe Waterweg; Deel F van de werkrapporten G 427 en G 464.
29. Instituut voor Gezondheidstechniek TNO, SO₂-metingen Westland; Deel F van de werkrapporten G 431 en G 467.
30. Centrale Coördinatiecommissie Luchtverontreiniging Noordzeekanaalgebied. Verslag van de metingen van zwaveldioxide, standaardrook en stof in het Noordzeekanaalgebied, periode 1 april 1971 tot 1 april 1972.
31. Mededeling G.G. en G.D., Amsterdam.
32. Mededeling Rijks Instituut voor de Volksgezondheid.
33. Mededeling Provinciale Waterstaat Zuid-Holland.

34. Keuringsdienst van Waren Rotterdam, rapport stofmetingen met behulp van high volume samplers, augustus 1972.
35. G.G. en G.D. Amsterdam, rapport over zwevend stof en de samenstelling ervan in Amsterdam, Haarlem, Zaandijk en Heemskerk, periode mei 1971 t/m mei 1972.
36. Elshout, A.J. en Viljeer, J.W., Een inleidend onderzoek naar het gehalte aan sulfaten en zwavelzuur in de atmosfeer in Nederland. Elektrotechniek 51(1973)566.
37. N.V. KEMA, Een voortgezet onderzoek naar het gehalte aan sulfaten en zwavelzuur in de atmosfeer in Rotterdam en Arnhem tijdens de periode van 1973.09.17-1973.11.09. Intern rapport (1974)
38. Air Pollution and Health. Royal College of Physicians, London 1970.
39. Waller, R.E., Air Pollution and Community Health. J. Roy. Coll. Phys. 5 (1971)362.