



Energy research Centre of the Netherlands

Nationaal onderzoeksprogramma vergroot kennis over fijn stof

J. Matthijsen

F. van Arkel

M. Schaap

E. Weijers

H. ten Brink

H. Denier van der Gon

Gepubliceerd in Tijdschrift Lucht, februari 2009, nummer 1, 8-12

NATIONAAL ONDERZOEKS- PROGRAMMA VERGROOT KENNIS OVER FIJN STOF

Fijn stof vormt een probleem voor de gezondheid. Om de negatieve effecten van fijn stof op de gezondheid tegen te gaan is op Europees niveau regelgeving vastgesteld. Nederland is in Europa een van de landen waar relatief hoge concentraties fijn stof voorkomen en grenswaarden worden overschreden. De bepaling van huidige fijnstofniveaus is onzeker en schattingen van niveaus in de toekomst al helemaal. Dit heeft nadelige gevolgen voor de uitvoering van het fijnstofbeleid. Begin 2007 is het Beleidsgericht Onderzoeksprogramma PM (BOP) gestart. Het programma richt zich op een vermindering van onzekerheden rond fijn stof ter ondersteuning van het fijnstofbeleid. Dit artikel geeft een beschrijving van het onderzoeksprogramma en een introductie op de te verwachten resultaten.

JAN MATTHIJSEN, FRITS VAN ARKEL,
MARTIJN SCHAAP, ERNIE WEIJERS,
HARRY TEN BRINK & HUGO DENIER
VAN DER GON*

Wie doen het onderzoek?

BOP staat voor Beleidsgericht Onderzoeksprogramma PM (*particulate matter*) en wordt door het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) gefinancierd. BOP is een breed opgezet onderzoeksprogramma dat zich richt op het verminderen van het aantal beleidsdilemma's op het gebied van fijn stof. De onderzoeksinstituten ECN, TNO, RIVM en PBL hebben gezamenlijk, in overleg met het ministerie van VROM, het programma opgezet en vastgesteld. Dezelfde instituten doen de uitvoering waarbij het PBL de coördinatie verzorgt. Verder is een aantal andere instellingen in de praktijk nauw betrokken: Wageningen Universiteit en Researchcentrum (WUR), Milieudienst

Rijnmond (DCMR), GGD Amsterdam en de gemeente Breda.

Wat is de aanleiding?

In 2005 zijn Europese luchtkwaliteitsgrenswaarden voor fijn stof (PM_{10}) in werking getreden. In Nederland is een situatie ontstaan waarbij enerzijds de regels kunnen leiden tot bijvoorbeeld het stilleggen van bouwplannen bij overschrijdingen van grenswaarden, terwijl anderzijds vaststelling van overschrijdingen en de meeste andere aspecten van het fijnstofdossier erg onzeker zijn. Daarnaast is de fijnere fractie van fijn stof ($PM_{2,5}$) het onderwerp van recente Europese wetgeving, terwijl er nog maar weinig bekend is over deze fractie. De onzekerheden bemoeilijken verdere ontwikkeling en uitvoering van robuust fijnstofbeleid. Met de publicatie 'Fijn stof nader bekeken' hebben het PBL en het RIVM in 2005 de feiten over fijn stof in samenhang gepresenteerd. Dit document

vormde het uitgangspunt bij het opstellen van BOP. Het fijnstofonderzoek is later uitgebreid op het gebied van $PM_{2,5}$ op basis van de eerste publicatie in de BOP-reeks in 2007: ' $PM_{2,5}$ in the Netherlands'.

Het onderzoeksprogramma

BOP is opgezet om de onzekerheden rond fijn stof te verkleinen waardoor het aantal beleidsdilemma's rond fijn stof kan worden verminderd. Het onderzoeksprogramma richt zich op zowel PM_{10} als $PM_{2,5}$ met de focus op situaties waarin grenswaarden worden overschreden. Overschrijdingen van de Europese grenswaarden voor PM_{10} vinden nu plaats in de stedelijke omgeving, in de buurt van snelwegen en andere plekken met hoge lokale uitstoot zoals havengebieden en gebieden met intensieve veehouderij.

Fijn stof is een verzamelterm en de concentratie ervan in de lucht kent zijn

oorsprong in een scala van bronnen en bestaat uit zeer veel verschillende chemische bestanddelen. De samenstelling en oorsprong van fijn stof is in algemene termen en gemiddeld voor Nederland redelijk bekend. Maar om de concentraties daar waar ze (te) hoog zijn adequaat aan te pakken, ontbreekt vaak nog de benodigde kennis. Bronnen zijn soms slecht bekend en ook metingen en modelberekeningen waarmee huidige en toekomstige fijnstofniveaus worden onderzocht, kennen een grote onzekerheidsmarge (Hafkenscheid en Van Zoonen, 2008; Diederiksen en Koelemeijer, 2008). Het onderzoeksprogramma is beperkt tot het verkleinen van onzekerheden op het gebied van de samenstelling, oorsprong en verspreiding van fijn stof. BOP gaat expliciet niet in op de onzekerheden rond de gezondheidseffecten van fijn stof.

De kern van BOP bestaat uit metingen gedurende één jaar waarmee daggemiddelde concentraties van PM_{10} , $PM_{2.5}$ en de chemische samenstelling van beide fracties zijn vastgesteld op verschillende plekken: straat, stedelijk gebied en landelijke omgeving. Dit onderdeel van BOP richt zich op kennisvergroting van de samenstelling van fijn stof en daarmee op bronherkenning. Daarnaast mikt het programma op de vermindering van onzekerheden rond een aantal specifieke onderwerpen zoals de trend in fijn stof, houtverbranding en concentraties in het stedelijk gebied.

De metingen, modelberekeningen en emissieschattingen zijn zo afgestemd dat ze elkaar versterken. Zo worden de meetgegevens modelmatig geverifieerd en vice versa. Ook worden nieuwe of herziene emissiebeschrijvingen getoetst aan modelberekeningen en metingen. Eerder is in Nederland op vergelijkbare schaal een fijnstofonderzoek uitgevoerd (zie bijvoorbeeld Visser et al., 2001 en Buringh en Opperhuizen, 2002). De resultaten uit dit onderzoek vormen de basis voor BOP. Sinds die tijd heeft de kennis rond fijn stof zich verder ontwikkeld, meettechnieken zijn

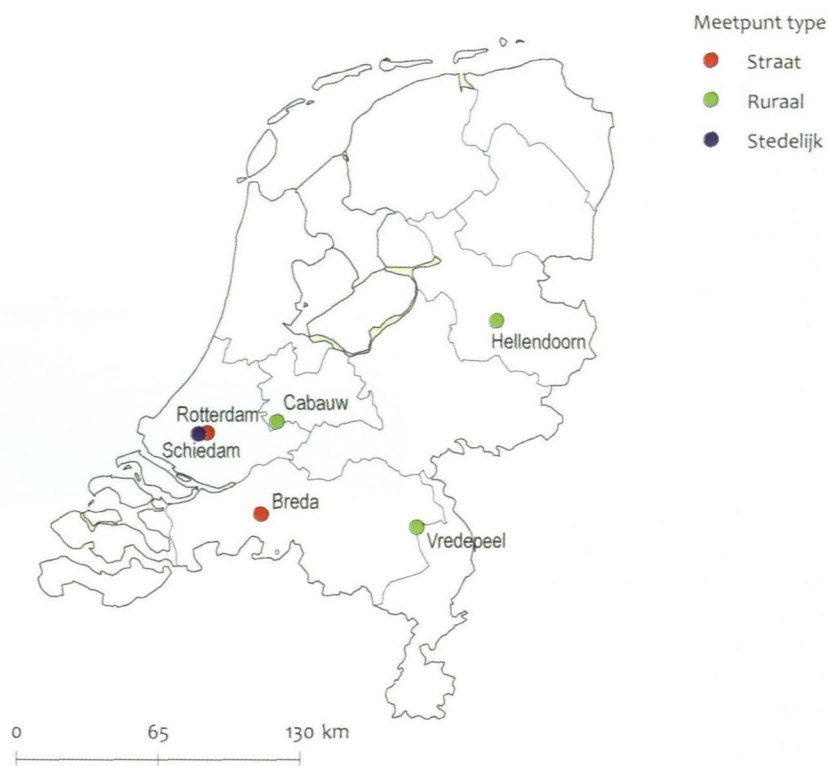
aangescherpt en modellen zijn verbeterd. Dit maakt dat de nieuwe informatie over fijn stof uit BOP op zijn plek is en BOP zal dan ook daadwerkelijk leiden tot een vermindering van het aantal onzekerheden rond fijn stof.

Samenstelling en massa

Op zes locaties worden metingen verricht naar de samenstelling en de totale massa van fijn stof (PM_{10} en $PM_{2.5}$). Figuur 1 geeft aan hoe de locaties zijn verdeeld over Nederland: een straatstation (Rotterdam), twee stadsachtergrondstations (Schiedam en Breda) en drie regionale achtergrondstations (Cabauw, Vredepeel en Hellendoorn). Op elk station staan voor zowel PM_{10} als $PM_{2.5}$ twee instrumenten opgesteld die meten volgens de Europese referentiemethode. Daarmee zijn de BOP-metingen direct bruikbaar en vergelijkbaar op Europees niveau; een belangrijke verbetering ten opzichte van eerder

onderzoek. Het vaststellen van de chemische samenstelling is gedaan door de bemonsterde filters te analyseren op de volgende onderdelen:

- koolstof: elementair koolstof ook wel roet (EC) en organisch koolstof (OC). Koolstof vormt een belangrijk bestanddeel van fijn stof in Nederland. Het komt als deeltje vrij bij verbrandingsprocessen en kan ook worden gevormd in de lucht uit vluchtige koolwaterstoffen, zoals toluen en terpenen. De eerste component is een stof door mensen gemaakt en de tweede komt vrij uit naaldbomen en is daarmee van natuurlijke oorsprong;
- secundair anorganisch aerosol: ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat. Deze stoffen zijn belangrijke bestanddelen van fijn stof in Nederland. Ze worden in de lucht gevormd uit de gassen zwaveldioxide, ammoniak en stikstofoxiden.



Figuur 1: BOP-metlocaties. Op deze locaties zijn fijnstofmetingen verricht om zowel de massa als de samenstelling van PM_{10} en $PM_{2.5}$ parallel te kunnen bepalen.

Vooral ammoniak en stikstofoxiden zijn in ruime mate voorhanden in Nederland;

- ongeveer dertig elementen, waaronder: arseen, calcium, kalium, natrium, magnesium, silicium, aluminium, koper en ijzer. De elementen zijn belangrijk bij bronherkenning en worden ook gebruikt voor de bepaling van de bijdrage van bijvoorbeeld zeezout (Na, Mg) en bodemstof (Si, Al, Ca) aan PM_{10} en $PM_{2,5}$.

Om de kennis rond bronnen, processen en de trend van fijn stof te verdiepen zijn, naast bovenstaande metingen, specifieke onderwerpen in detail onderzocht. Het gaat hierbij om onderzoek dat zich richt op de bijdrage, het gedrag en de onderliggende processen van slecht bekende bronnen van bijvoorbeeld zeezout en bodemstof en ook van bronnen buiten Europa. Verder is de uitstoot of bijdrage van een aantal antropogene, verbrandingsgerelateerde bronnen onder de loep genomen: houtverbranding, verkeer en scheepvaart. Het gedrag en verloop van fijnstofconcentraties in ruimte en tijd krijgen aandacht in deelstudies naar de opbouw van de stadsachtergrondconcentratie, de haalbaarheid van de nieuwe $PM_{2,5}$ -normen in de toekomst en de trend in fijn stof. Ook is onderzoek gericht op ammoniumnitraat, een complexe fijnstofcomponent met een relatief grote bijdrage.

Zeezout en bodemstof

Nederland rapporteert jaarlijks aan de Europese Commissie over de luchtkwaliteit op basis van berekeningen en metingen (Velders et al., 2008). Berekeningen worden gebruikt om metingen te extrapoleren. De resultaten zijn nogal onzeker, onder andere omdat een aantal belangrijke bronnen zoals zeezout en bodemstof niet is meegenomen in de berekeningen. Van zeezout is redelijk bekend wat jaargemiddeld de bijdrage aan PM_{10} is, voor $PM_{2,5}$ is dat veel minder duidelijk. Verder is het ontstaan en de verspreiding van zeezout in de lucht zeer onzeker. De bijdrage van bodemstof aan PM_{10} en $PM_{2,5}$,

en welke emissieoorzaken het meest relevant zijn, is slecht bekend. BOP richt zijn onderzoek op de beschrijving met modellen van zeezout en bodemstof. Resultaten worden geëvalueerd en geëvalueerd met metingen uit binnen- en buitenland.



Fijn stof van buiten Europa

De bijdrage van bronnen buiten Europa (zoals woestijnstof) aan fijnstofconcentraties in Europa is gemiddeld niet erg groot, naar schatting minder dan 1 microgram per kubieke meter. Hoe groot de bijdrage is van dag tot dag is minder goed bekend. Veranderingen op wereldschaal kunnen invloed hebben op fijnstofconcentraties in Nederland en Europa. Om deze invloed te kunnen onderzoeken is in BOP een koppeling gemaakt tussen het bestaande model-instrumentarium voor Nederland en Europa met een mondiaal luchtkwaliteitsmodel.



Houtverbranding

De bijdrage aan fijn stof door houtverbranding in kachels bij particulieren en bedrijven wordt verondersteld relatief klein te zijn in Nederland maar de onzekerheid is groot. Tevens wordt het fijn stof dat vrijkomt bij verbrandingsprocessen als gezondheidsrelevanter gezien dan bijvoorbeeld zeezout. In BOP

wordt de bijdrage van houtverbranding aan fijn stof onderzocht met metingen van Levoglucosan op een stadsachtergrondlocatie in Amsterdam.

Levoglucosan is een stofje dat vrij komt bij de verbranding van cellulose en geldt als een indicatorstof voor houtverbranding.

Verkeersuitstoot

Aansluitend op bovenstaand onderzoek is de uitstoot van koolstof (EC en OC) door verkeer met metingen onderzocht. Er zijn aanwijzingen dat de verhoogde fijnstofconcentraties in de stadsachtergrond ten opzichte van de regionale achtergrond het gevolg zijn van een verhoogde bijdrage door koolstof.

Verkeer is een belangrijke bron van koolstof maar er is relatief weinig bekend over de $PM_{2,5}$ -uitstoot van stedelijk verkeer in relatie tot snelheid en samenstelling van het wagenpark.

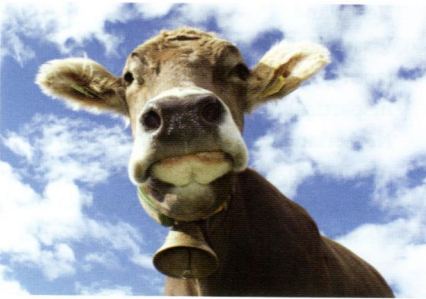
Scheepvaart

Binnenvaart en internationale zeescheepvaart vormen een belangrijke bron van PM_{10} en $PM_{2,5}$. De kennis over de uitstoot is de laatste jaren sterk in ontwikkeling geweest. Als onderdeel van BOP wordt de bestaande kennis geïnventariseerd en vastgelegd.



Stadsachtergrond

In het stedelijk gebied vallen hoge fijnstofconcentraties samen met hoge bevolkingsdichtheid. Fijn stof heeft hier dus extra gezondheidsrelevantie. De kennis over hoe PM_{10} - en $PM_{2,5}$ -concentraties zich gedragen in het stedelijk gebied is echter beperkt. In BOP is de variatie in tijd en ruimte van fijn stof in de stedelijke achtergrond onderzocht met twee gerichte meetcampagnes. PM_{10} en $PM_{2,5}$ zijn gemeten met



snelle optische metingen op een tiental punten rond de stad Rotterdam. Tegelijkertijd zijn mobiele fijnstofmetingen verricht tussen en rond de meetpunten.

PM_{2,5}-normen

In mei 2008 is de nieuwe Europese richtlijn luchtkwaliteit van kracht geworden. Hiermee is een aantal normen voor PM_{2,5} vastgesteld. Met de eerste BOP-publicatie (Matthijssen en Ten Brink, 2007) is de situatie rond PM_{2,5} en de haalbaarheid van de voorgestelde normen onderzocht. Gegeven de nieuwe omstandigheden, beschikbare informatie en voortschrijdende kennis over PM_{2,5} wordt een update gemaakt van deze analyse in Europese context.

PM-trend

Binnen Nederland en Europa lijkt er een mismatch te zijn tussen de bestaande kennis over de uitstoot van gasen en deeltjes en de resulterende fijnstofconcentraties. Volgens verschillende publicaties dalen de laatste jaren de emissies terwijl de concentraties volgens metingen juist stabiliseren (Harrison et al., 2008). Echter, bij gelijkblijvende omgevingsfactoren zouden

dalende emissies moeten resulteren in dalende concentraties. Deze ogenschijnlijke paradox wordt in BOP bestudeerd waarbij de mogelijke invloed van bijvoorbeeld meteorologische omstandigheden op de fijnstofconcentratie wordt verkend.

Ammoniumnitraat van uur tot uur

Ammoniumnitraat is in Nederland een belangrijk bestanddeel van fijn stof zowel bij PM₁₀ als PM_{2,5}. Ammoniumnitraat heeft als eigenschap dat het thermisch instabiel is waardoor kan verdampen of juist condenseren voor, tijdens of na het meetproces. Hierdoor draagt het in belangrijke mate bij aan de meetonzekerheid. Ammoniumnitraat wordt gevormd uit gasen: stikstofoxiden en ammoniak. De belangrijkste bron voor stikstofoxiden in Nederland is verkeer, voor ammoniak is dat de landbouw. Om de kennis over de variabiliteit in ruimte en tijd van ammoniumnitraat te vergroten zijn in BOP een jaar lang metingen verricht met behulp van de MARGA (ECN, 2006) op verschillende plekken in Nederland (Schiedam, Cabauw en Hoek van Holland). De MARGA is een meetinstrument dat door ECN is ontwikkeld

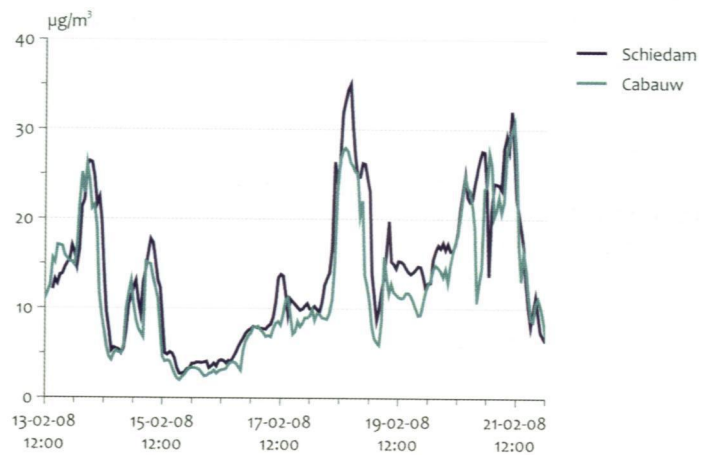
om de chemische samenstelling van de lucht te meten met een hoge tijdsresolutie (uur).

Daarnaast profiteert BOP zo veel mogelijk van de reguliere metingen uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM en uit de meetnetten beheerd door de DCMR en de GGD Amsterdam.

In BOP wordt een aantal modellen gebruikt en verder ontwikkeld. Het gaat hierbij om het LOTOS EUROS-model (Schaap et al., 2008) en het OPS-model (Van Jaarsveld, 2004). Er is een koppeling gemaakt met een mondiaal luchtkwaliteitsmodel, het TM5-model (Krol et al., 2005) om de bijdrage van buiten Europa te kwantificeren. Voor beleidsanalyses van PM_{2,5} is het GAINS-NL-model gebruikt (Aben et al., 2005).

Resultaten

Het beleidsgericht onderzoeksprogramma PM bevindt zich in de eindfase: metingen zijn verricht, modelontwikkelingen zijn afgerond en interpretatie en bevindingen worden nu in hun uiteindelijke vorm gegoten. De verkregen resultaten waaronder de BOP-database zullen zo veel mogelijk openbaar worden



Figuur 2: Uurgemiddelde metingen van nitraat op deeltjes voor de BOP-metlocaties Schiedam en Cabauw. De metingen met hoge tijdsresolutie zijn verricht met een MARGA (Monitoring Aerosol and Gases). Let op de hoogte van de concentraties en de verschillen tussen Cabauw en Schiedam en van uur tot uur.

gemaakt. Het grootste deel van de publicaties is Engelstalig, omdat het BOP ook voor landen buiten Nederland relevant is. De rapporten uit de BOP-serie zijn verschillend van karakter: deels technisch beschrijvend van aard over metingen en modelontwikkelingen, maar ook thematisch over de bijdrage van zeezout, mineraal stof, koolstof en secundair anorganisch aerosol en algemeen over bronherkenning en samenstelling. Omdat over de genoemde specifieke fijnstofonderwerpen veelal apart wordt gerapporteerd is voor beleidsmakers een samenvatting voorzien.

In 2007 is een verkennend onderzoek 'PM_{2.5} in the Netherlands' afgerond dat onderdeel uitmaakt van BOP. Het rapport presenteert een eerste inventarisatie van de kennis over PM_{2.5} in Nederland en bepaalde in hoeverre de nieuwe PM_{2.5}-normen kunnen worden gehaald in Nederland met de huidige wetgeving, waarbij de grote onzekerheden in het fijnstofdossier in ogenschouw waren genomen. Met deze BOP-publicatie heeft Nederland de Europese besluitvorming rond de nieuwe PM_{2.5}-normen kunnen ondersteunen.

Het BOP-onderzoek zal ertoe bijdragen dat problemen rond fijn stof bij de juiste bron kunnen worden aangepakt.

Referenties

- Aben, J.M.M., J-P. Hettelingh en W. Schöpp (2005). RAINS-NL: An Integrated Assessment model to support Dutch air quality policy making. In: Proc. 19th Intern. Conf. Informatics for Environmental Protection, pp. 513-517, Brno. Zie bijvoorbeeld http://www.mnp.nl/images/rainsnl_background_tcm60-21210.pdf.
- Buijsman, E., J.P. Beck, L. van Bree, F.R. Cassee, R.B.A. Koelemeijer, J. Matthijsen, R. Thomas, K. Wieringa (2005). Fijn stof nader bekeken, De stand van zaken in het dossier fijn stof. MNP-rapport 500037008, Milieu en Natuurplanbureau, Bilthoven, Nederland.
- Buringh, E. en A. Opperhuizen (2002). On health risks of ambient PM in the Netherlands. RIVM-rapport nr. 650010032, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Nederland.
- Diederer, H.S.M.A. en R.B.A. Koelemeijer (2008). Onzekerheden en Complexiteit van de Nederlandse Regelgeving voor Luchtkwaliteit, Een discussienotitie. MNP-rapport 500144001, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven, Nederland.
- ECN (2006). Het nieuwe wapen in de strijd tegen fijn stof heet MARGA. ECN nieuwsbrief, mei 2006 <http://www.ecn.nl/nl/nieuws/nieuwsbrief/archief-2006/mei-2006/>. Zie ook <http://www.applikon-analyzers.com/applikonanalyzer/images/pdf/marga-leaflet2.pdf>.
- Hafkenscheid, Th. en P. van Zoonen (2008). Meetonzekerheden in het Landelijke Meetnet Luchtkwaliteit. *Tijdschrift Lucht*, 4, nr. 5.
- Harrison, R.M., J. Stedman en D. Derwent (2008). New Directions: Why are PM₁₀ concentrations in Europe not falling? *Atmospheric Environment* 42, pp. 603-606.
- Krol, M., S. Houweling, B. Bregman, M. van den Broek, A. Segers, P. van Velthoven, W. Peters, F. Dentener en P. Bergamaschi (2005). The two-way nested global chemistry-transport zoom model TM5: algorithm and applications. *Atmos. Chem. Phys.*, 5(2):417-432.
- Van Jaarsveld, J.A. (2004). The Operational Priority Substances model, RIVM-rapport 500045001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Nederland (zie ook <http://www.mnp.nl/ops>).
- Matthijsen, J. en H.M. ten Brink (2007). PM_{2.5} in the Netherlands, Consequences of the new European air quality standards, Matthijsen en ten Brink (Eds.). MNP-rapport 500099001, Milieu en Natuurplanbureau, Bilthoven, Nederland.
- RAINS/GAINS (2007). Regional Air Pollution Information and Simulation/ Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies. Zie bijvoorbeeld <http://www.iiasa.ac.at/rains/gains/documentation.html>.
- Schaap, M., R.M.A. Timmermans, M. Roemer, G.A.C. Boersen, P.J.H. Bultjes, F.J. Sauter, G.J.M. Velders en J.P. Beck (2008). The LOTOS-EUROS model: description, validation and latest developments, *Int J Environ Pollut*, 32(2):270-90.
- Velders, G.J.M., J.M.M. Aben, W.F. Blom, J.D. van Dam, H.E. Elzenga, G.P. Geilenkirchen, P. Hammingh, A. Hoen, B.A. Jimmink, R.B.A. Koelemeijer, J. Matthijsen, C.J. Peek, C.B.W. Schilderman, O.C. van der Sluis en W.J. de Vries (2008). Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland. Rapportage 2008. MNP-rapport nr. 500088002, Milieu en Natuurplanbureau, Bilthoven, Nederland.
- Visser, H., E. Buringh en P.B. van Breugel (2001). Composition and origin of airborne particulate matter in the Netherlands, RIVM-rapport nr. 650010029, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Nederland.

* Jan Matthijsen is werkzaam bij het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Bilthoven/Den Haag.
Frits van Arkel is werkzaam bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven.
Martijn Schaap en Denier van der Gon zijn werkzaam bij de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek, Utrecht (TNO).
Ernie Weijers en Harry ten Brink zijn werkzaam bij het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), Petten.