

Opwervelend stof van wegen

ir. Jan Hooghwerff
dr. Gijsjan van Blokland
M+P – raadgevende ingenieurs
JanHooghwerff@mp.nl

Samenvatting

Bij het onderzoek naar mechanismen in de problematiek van fijn stof is er relatief weinig aandacht voor de bronnen die niet gerelateerd zijn aan de verbrandingsemissie. Door aanscherping van de eisen aan de emissie van voertuigen worden deze bronnen echter steeds belangrijker. Bij fijn stof van wegverkeer wordt vaak het aspect “opwerveling” genoemd als relevante bron. Dit artikel gaat na wat er inmiddels bekend is over de opwerveling van fijn stof en geeft de meest recente inzichten vanuit meerdere Nederlandse projecten waarbij (ook) aandacht is voor de opwerveling van fijn stof. Het blijkt dat er wel een aantal onderzoeken lopen, maar dat de resultaten van die onderzoeken nog slechts beperkt beschikbaar zijn.

Inleiding

De luchtkwaliteit rond wegen levert momenteel een belangrijke belemmering voor de voortgang van infrastructurele en ruimtelijke ontwikkelingen. Er wordt volop nagedacht over en geëxperimenteerd met maatregelen om deze problematiek te beperken. Zie bijvoorbeeld het IPL-programma voor het rijkswegennet (www.innovatieprogrammalucht.nl) en het SOLVE-programma van CROW (www.crow.nl). Deze maatregelen liggen zowel op het vlak van de “regelgeving” als op het vlak van de “technische oplossingen”. Wat betreft het laatste gaat het dan vooral om “verkeerskundige maatregelen” en maatregelen die gerelateerd zijn aan het beperken van de uitlaatemissie van voertuigen. Voorbeelden zijn de toepassing van roetfilters, snelheidsbeperkingen, beïnvloeding van rijgedrag, milieuzones, etc. De aandacht voor de niet-uitlaatgerelateerde emissiebronnen is op dit moment nog vrij gering. Toch is het belangrijk om daar meer aandacht aan te geven. Immers, als de bijdrage van andere bronnen door maatregelen reduceert, dan worden de niet-uitlaatgerelateerde emissiebronnen in verhouding belangrijker. Dit artikel vraagt daar aandacht voor en zoomt in op het onderwerp “opwerveling van fijn stof bij wegen”.

Uitlaat- en niet-uitlaatgerelateerde emissie

Ruwweg kan de concentratie van fijn stof in de lucht nabij een weg in de volgende bronnen verdeeld worden:

- de achtergrondconcentratie, waarvan de bronnen heel divers zijn en op grotere afstand liggen;
- de emissie van het lokale verkeer als gevolg van een verbrandingsmotor, meestal aangeduid als uitlaatgerelateerde emissie of verbrandingsemissie;

- de emissie van verkeer vanwege slijtage van bijvoorbeeld remvoering, banden, koppelingsplaten en wegdek;
- de opwerveling van allerlei deeltjes die zich op en nabij de weg bevinden.

De meeste aandacht gaat vooralsnog uit naar de uitlaatgerelateerde emissie. Dit blijkt o.a. uit het feit dat in veel overzichten van de totale emissie van verkeer alleen het uitlaatgerelateerde deel opgenomen wordt, zoals bijvoorbeeld bij de emissiefactoren zoals die door het CBS beschikbaar gesteld worden [1]. De inzichten voor deze bronnen zijn behoorlijk groot, omdat voor de meeste voertuigtypen gericht metingen uitgevoerd zijn van de emissie onder allerlei rijomstandigheden.

De kennis van de bijdrage aan de concentratie ten gevolge van slijtage is minder goed ontwikkeld. Dit blijkt bijvoorbeeld als een vergelijking gemaakt wordt van de bijdragen zoals die door verschillende emissiemodellen behandeld worden. Een overzicht hiervan is beschreven in het blad Lucht [2].

Voor het aspect van opwerveling van fijn stof als onderdeel van de concentratie ligt het anders. In Nederland is dit een onderwerp dat in het verleden weinig aandacht heeft gekregen, terwijl het internationaal als een relevant fenomeen wordt gezien.

De bijdrage van slijtage op de totale emissie van fijn stof door verkeer en vervoer wordt in Nederland geschat op tussen 15% en 30% (zie bijvoorbeeld [3]). Hierin zit behalve de slijtage van wegdek, banden en remvoeringen ook de slijtage van railverkeer, bijvoorbeeld van de rails en de bovenleidingen. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven hoe deze bijdrage zich verhoudt over een periode van 20 jaar. Wat opvalt is dat relatief de slijtage een groter aandeel aan de emissie gaat leveren, omdat met name de verbrandingsemissie van dieselmotoren de komende jaren fors zal afnemen.

Tabel 1: Emissie (in miljoen kg) van primair fijn stof van verkeer in Nederland [3]

	1990	1995	2000	2002	2003	2010
wegverkeer, verbrandingsemissie dieselvoertuigen	14	10	8	7	6	6
wegverkeer verbrandingsemissie overige voertuigen	4	4	4	4	5	3
slijtage	3	3	3	3	3	4
overig verkeer	2	3	2	2	2	0
totaal verkeer	23	20	17	16	16	13

Aandeel opwerveling in verkeersemissie

Behalve de directe emissie van niet-uitlaatgerelateerde bronnen is er ook het fenomeen van “opwerveling”, materiaal dat op de weg aanwezig is en door het verkeer opgewerveld wordt en in de lucht blijft. In Duitsland zijn in de afgelopen jaren diverse onderzoeken uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in het aandeel van slijtage en opwerveling ten opzichte van de totale emissie van de weg.

Voor stedelijke wegen is uit diverse onderzoeken bekend dat de bijdrage ten gevolge van opwerveling groter is dan van de uitlaatemissie. Een onderzoek in Berlijn meldt 65% door opwerveling en 35% vanuit de uitlaat. Een onderzoek in Hannover levert een verhouding op van 80% door opwerveling en 20% voor de uitlaat. Zie [4] t/m [6].

Voor snelwegsituaties zijn ons geen Nederlandse onderzoeken bekend die op deze vraag een antwoord geven. Rijkswaterstaat noemt in een document bij een prijsvraag een verdeling van 60% als gevolg van opwerveling en 40% vanwege uitlaatemissies [7]. Dit kan onderschreven worden met bijvoorbeeld Duitse metingen op de B10 bij Karlsruhe, waar de maximumsnelheid 100 km/h is. Daar blijkt ongeveer 50% van de emissie afkomstig uit de uitlaat en de andere 50% afkomstig van slijtagebronnen en opwerveling [8].

Het aandeel van de emissie dat gerelateerd is aan de slijtagebronnen (mogelijk inclusief opwerveling) zoals die bij luchtkwaliteitsberekeningen in Nederland in de emissiefactoren is opgenomen, bedraagt voor snelwegsituaties 25 tot 40% [9].

Een interessante vraag is verder of het fenomeen “opwerveling” afhankelijk is van het wegdektype. Licht er bij een dicht wegdek (zoals dicht asfalt beton) meer stof op het wegdek dat opgewerveld kan worden dan bij een poreus wegdek (bijvoorbeeld ZOAB)? Ons zijn vanuit het buitenland geen onderzoeken bekend, waar dit onderzocht is. Wel is bekend dat de opwerveling van fijn stof groter is naarmate er meer stof op de weg aanwezig is (de zogenaamde “Staubbeladung”). De wegen die in een slechte staat van onderhoud zijn (ruw, scheuren, los materiaal etc.) hebben een veel grotere stofbelading en daaraan gerelateerd hogere emissie ten gevolge van opwerveling. ZOAB kan gezien worden als een ruwer oppervlak dan DAB, zodat (afgezien van een mogelijke bufferwerking) de “stofbelading” van ZOAB groter is dan van DAB.

Niet-uitlaatgerelateerde emissie in modellen

Internationaal zijn er diverse modellen beschikbaar, waarin de “niet-uitlaatgerelateerde” emissie beschreven wordt, zoals het Amerikaanse EPA-model, een Zweeds model (SMHI), een Noors model (VLUFT) en een model dat in Duitsland gebruik wordt en dat gebaseerd is op modificaties van het EPA-model. De inzichten in de bijdragen van de verschillende niet-uitlaatgerelateerde bronnen zijn heel divers. De emissies ten gevolge van slijtage en opwerveling variëren van “in dezelfde orde van grootte als de uitlaatemissie” tot emissies die circa 10 keer zo hoog liggen. Belangrijke invloed op de opwerveling blijkt de toestand van de weg te zijn (onderhoudstoestand) en regen. Er zijn (nog) geen gerichte onderzoeken bekend naar het effect van het wegdektype op de opwerveling van fijn stof.

De verwachting is dat het wegdektype zeker van belang is, waarbij gedacht wordt aan het effect van de buffering van bijvoorbeeld poreuze wegdektypen ten aanzien van stofdeeltjes. Daarnaast speelt ook de onderhoudstoestand en het materiaal van het wegdek een rol: oudere “versleten” dichte wegdekken zouden bijvoorbeeld voor meer opwerveling kunnen zorgen.

Vergelijking van de emissiefactoren zoals die in Nederland gebruikt worden met buitenlandse emissiefactoren (bijvoorbeeld Duitsland) levert een aantal interessante gegevens op:

- in Nederland wordt wel het effect van slijtage in de emissie verwerkt, maar geen invloed van opwerveling;

- de emissiefactoren ten gevolge van verbranding liggen in Nederland veel hoger (bijna factor twee) dan bijvoorbeeld in het Duitse handboek voor emissiefactoren [10].

Het verdient aanbeveling om het aandeel “niet-uitlaatgerelateerde” emissie nog eens goed onder de loep te nemen, waarbij ook het aspect van opwerveling meegenomen wordt. Ter illustratie geeft tabel 2 een overzicht van emissiefactoren zoals die momenteel in Nederland gehanteerd worden voor fijn stof door slijtage van banden, remmen en voertuigen. Deze factoren worden vergeleken met de (gemiddelde) emissiefactoren zoals die voor een bepaalde voertuigcategorie gebruikt worden in het CAR-model voor snelwegsituaties. Het aandeel slijtage in de emissiefactoren blijkt voor snelwegsituaties in de orde van 25 tot 40% te liggen.

Tabel 2: Emissiefactoren in g/km zoals die in Nederland gehanteerd worden voor de slijtage van banden, remmen en wegdek [9,11]

	personenauto	vrachtauto	autobus
slijtage emissie			
slijtage van banden	0,0046	0,0248	0,018
slijtage van remmen	0,008	0,043	0,031
slijtage van wegdek	0,0073	0,039	0,028
totaal slijtage	0,020	0,107	0,077
totale emissie voor snelwegsituatie			
emissiefactoren voor 2002	0,050	0,302	0,280

Aan de andere kant bestaat er ook in Nederland het besef dat voor het hoofdwegenet het aandeel van fijn stof door slijtage van banden, wegdekken en remmen in de toekomst fors zal toenemen. Voor de komende 10 jaar wordt een toename geschat van 40% naar circa 70%. Dit is een gevolg van het steeds schoner worden van de uitlaatemissie van de voertuigen, terwijl de bronnen ten gevolge van slijtage en/of de opwerveling ten gevolge van het verkeer door de toenemende verkeersintensiteiten verder toenemen [12].

Experimenten en onderzoek in Nederland

De aandacht voor de niet-uitlaatgerelateerde bronnen is in Nederland fors toegenomen. In het afgelopen jaar heeft dat gerelateerd in diverse onderzoeken waarbij dit onderwerp aandacht krijgt. Helaas zijn op het moment van schrijven van dit artikel nog geen uitgebreide resultaten beschikbaar. Daarom wordt volstaan met een korte beschrijving van drie projecten die mogelijk meer inzicht gaan geven in de opwerveling van stof. Het gaat om de pilot “Nat reinigen in Nijmegen”, de projecten vanuit de prijsvraag “Schoner, stiller en homogener wegdek” en de uitgebreide meetcampagnes die in de proeftuin van het Innovatieprogramma Lucht worden uitgevoerd. Mogelijk kunnen tijdens het congres meer resultaten gepresenteerd worden.

Pilot Nat Reinigen in Nijmegen

In de zomer van 2006 heeft de gemeente Nijmegen samen met het Ministerie van Verkeer en Waterstaat een proef uitgevoerd op de Energieweg te Nijmegen. De proef heeft plaatsgevonden vanuit het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL). Het doel van de proef in Nijmegen was om te achterhalen wat het effect is van nat reinigen van het wegdek om het opwervelend fijn stof tegen te gaan. Er zijn metingen gedaan met verschillende reinigingsproeven op twee verschillende wegdektypen: dicht asfaltbeton en ZOAB.

De uitvoering van de proef en de meetcampagne bleek een uitdaging te zijn, onder andere doordat lokale bronnen in de omgeving van de proef de metingen verstoorden. De totale hoeveelheid metingen bleek daardoor nog te beperkt te zijn om harde conclusies te trekken. In het rapport [13] worden (met de nodige voorzichtigheid) de volgende conclusies getrokken:

- de emissie van fijn stof was bij het traject met (nieuw) ZOAB lager dan bij het traject met (oud) DAB;
- het reinigen van ZOAB met een ZOAB-cleaner heeft een gunstig effect op de emissie van fijn stof;
- het sproeien van water over het DAB had een positief effect op de emissie van fijn stof.

Het was door de aard van de proef niet mogelijk om uitspraken te doen over het effect op het jaargemiddelde of het aantal dagen dat de dagnorm wordt overschreden.

Interessant is de bevinding dat op het ZOAB-gedeelte de emissie van fijn stof veel lager is dan op het DAB-gedeelte. Omdat de uitlaatgerelateerde component niet anders zal zijn, lijkt de enige verklaring op het vlak te liggen van minder slijtage en/of opwerveling van stof door the bufferende werking van ZOAB. Bedacht moet worden dat de experimenten uitgevoerd zijn in een stedelijke omgeving, met lage verkeerssnelheden. De conclusies kunnen niet zonder meer toegepast worden op snelwegsituaties.



Figuur 1 Foto van het nat reinigen in Nijmegen en één van de meetopstellingen langs het experimenteerttraject. (bron: [13] en M+P)

Schoner, stiller en homogener wegdek

In 2006 heeft het Innovatieprogramma Lucht een prijsvraag gelanceerd, met o.a. als doel om een (reinigings)methode te bedenken waardoor de opwerveling van fijn stof wordt beperkt of voorkomen. De methode mag de doorstroming niet of nauwelijks belemmeren. De oplossing is bedoeld voor snelwegsituaties met een ZOAB verharding. Uit alle inzendingen zijn drie ideeën genomineerd om verder uit te werken en met experimenten te beproeven. Het gaat om de inzendingen SSH-1, Dura Vermeer en de combinatie van Heijmans en M+P.

De combinatie SSH-1 is een samenwerking tussen BAM Infra, Nido, Nedmag en KOAC-NPC. De oplossing bestaat uit het op de snelweg sproeien van een calciumchloride oplossing waardoor de opwerveling van fijn stof afneemt. Om de effectiviteit van de voorgestelde oplossing te kunnen bepalen, is samen met de Universiteit Delft een meettechniek ontwikkeld. Met behulp van deze meettechniek wordt het opgewervelde fijn stof per individueel gepasseerde auto bepaald.

De oplossing van Dura Vermeer is de “Twister”. De werking van de ‘Twister’ bestaat uit een aantal opeenvolgende processen, namelijk het opwervelen van stof, het geleiden van de luchtstroom met daarin de stofdeeltjes richting de filters en daarna het filteren van de luchtstroom.

Tenslotte, de combinatie van Heijmans en M+P heeft een reinigingsmethode bedacht, waarbij met dezelfde snelheid als het verkeer stof van de weg gezogen wordt: de Stofreiner. Het idee is uitgewerkt in twee verschillende machines.

In 2007 hebben alle partijen op een wegvak van de A50 (in de buurt van Apeldoorn) experimenten uitgevoerd. De resultaten van de experimenten zijn momenteel nog niet openbaar. Zie [14].

Proeftuin IPL

Vanaf juni 2007 worden, in een voor het project ingerichte Proeftuin, metingen uitgevoerd met bestaande en innovatieve schermen, waarvan in onderzoek is aangetoond dat deze een additioneel positief effect hebben op de luchtkwaliteit.



Figuur 2 Enkele meetopstellingen in de proeftuin van het IPL

Hoewel deze proeftuin in eerste instantie bedoeld is voor het bepalen van effecten van schermen op de luchtkwaliteit, zullen de metingen ook veel relevante informatie opleveren over de bijdragen van de weg aan de luchtkwaliteit. De proeftuin ligt langs de A28 in de gemeente Putten. Op in totaal 13 meetpunten worden uitgebreide continue metingen uitgevoerd van PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x en NO₂.

De uitvoering en analyse van de metingen is in handen van M+P. Het wegdek ter plaatse van de A28 is uitgevoerd met ZOAB. De metingen zullen inzicht geven in de bijdrage van de weg aan de fijn stof concentraties. Mogelijk dat hieruit ook meer inzicht komt ten aanzien van de bijdrage van opwerveling aan de fijn stof concentraties nabij autosnelwegen. Deze metingen lopen nog door tot eind 2008, voor informatie wordt verwezen naar [14].

Literatuur

- [1] Emissiefactoren wegverkeer in 2004 per bouwjaar en brandstofsoort, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen, 2006
- [2] Opwaaiend Stof, J. Hooghwerff en I.P.A. verstappen, Tijdschrift Lucht, juni 2006
- [3] Fijn stof nader bekeken, Buijsman, E., Beck, J.P., van Bree, L., Cassee, F.R., Koelemeijer, R.B.A., Matthijsen, J., Thomas, R., Wieringa, K., MNP-rapport 500037008, 2005
- [4] Auswertung der Messungen des Blume während der Abspülmassnahme am Abschnitt Frankfurter Allee 86, Lohmeyer rapport, december 2004
- [5] Feinstaub und Schadgasbelastungen in der Göttinger Strasse, Hannover, Lomeyer rapport 1847, april 2003
- [6] Auswertung der Messungen des Blues während der Abspülmassnahme im Bereich der Maessstation Neuenlander Strasse in Bremen, Lohmeyer rapport, december 2005
- [7] Nota van inlichtingen bij de prijsvraag Schoner, stiller en homogener asfalt, IPG-06.0027, juni 2006
- [8] Berechnung der KFZ-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen, Lohmeyer rapport, november 2004
- [9] Methoden voor de berekening van de emissies door mobiele bronnen in Nederland, rapportagereeks Milieumonitor nr. 13, Taakgroep Verkeer en vervoer, februari 2004
- [10] Handbook Emission Factors for Road Transport, UBA Berlijn, UBA Wenen, FOEFL Bern, 2004
- [11] Handleiding bij softwarepakket CAR II, versie 4.0, TNO-rapport, 2005
- [12] Bron van inspiratie, De bijdragen van het snelwegverkeer aan de emissies en concentraties NO₂ en PM₁₀, L.J. Kortmann et al., CE-rapport 05.4048.29, september 2005
- [13] IPL pilot nat reinigen Energieweg Nijmegen, RAP-07.0005, gemeente Nijmegen, Rijkswaterstaat, Vrijs Luchtonderzoek, april 2007
- [14] Op de website van het IPL, www.innovatieprogrammalucht.nl zijn de ontwikkelrapporten van de verschillende partijen beschikbaar

Na het congres *Geluid, Trillingen en Luchtkwaliteit 2007* zal de volledige presentatie en tekst op www.mp.nl beschikbaar zijn.