

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Weg wijzer bij knelpunten

Oplossingsrichtingen voor
betere luchtkwaliteit
rond snelwegen

Rapport

Delft, december 2003 (uitgegeven in 2005)

Opgesteld door: J.P.L. (Joost) Vermeulen
L.J. (Rens) Kortmann
J.M.W. (Jos) Dings
L.C. (Eelco) den Boer
H. (Hans) Erbrink (KEMA)



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

J.P.L. (Joost) Vermeulen, L.J. (Rens) Kortmann, J.M.W. (Jos) Dings, L.C. (Eelco) den Boer (allen CE), H. (Hans) Erbrink (KEMA)

Weg wijzer bij knelpunten

Aanknopingspunten voor het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit
Delft, CE, 2003

Luchtkwaliteit / Autowegen / Normen / Maatregelen / Inventarisatie

Publicatienummer: 05.4579.14

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE

Oude Delft 180

2611 HH Delft

Tel: 015-2150150

Fax: 015-2150151

E-mail: publicatie@ce.nl

Opdrachtgever: Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DGP.

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Joost Vermeulen.

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE is onderverdeeld in vijf secties die zich richten op de volgende werkterreinen:

- economie
- energie
- industrie
- materialen
- verkeer & vervoer

Van elk van deze secties is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij CE tel: 015-2150150. De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl

Voorwoord

Voor u ligt een rapport dat oplossingsrichtingen biedt voor het verbeteren van de luchtkwaliteit rond snelwegen, in het bijzonder voor die situaties waarin overschrijdingen van de normen uit het besluit Luchtkwaliteit bestaan of verwacht worden. Het rapport is vervaardigd in het kader van het Vooronderzoek Innovatieprogramma Luchtkwaliteit en biedt aanknopingspunten voor het opzetten van het Innovatieprogramma zelf.

Aan de inhoud van deze rapportage hebben CE en KEMA bijgedragen. CE draagt daarbij als hoofdaannemer de verantwoording over de conclusies en aanbevelingen en heeft tevens de eindredactie gevoerd. De specifieke bijdragen van KEMA bestaan uit een beschrijving van de gezondheidseffecten van NO₂ en PM₁₀ (samengevat in paragraaf 2.3) en een doorrekening van de effecten van een vijftal maatregelpakketten, zoals samengevat in paragraaf 4.6.

In deze rapportage verwijzen we op een enkele plaats naar de bijbehorende rapportage “Modellen onder de loep”. Dat rapport geeft een overzicht van de verschillen, overeenkomsten en voor- en nadelen van de meest gangbare Nederlandse computermodellen om de luchtkwaliteit rond snelwegen te bepalen. Die rapportage is hoofdzakelijk door KEMA opgesteld. CE draagt als onafhankelijke partij evenwel de verantwoordelijkheid voor de beoordeling van de modellen in dat rapport.

De totstandkoming van dit rapport is intensief begeleid door een commissie bestaande uit:

Dhr. L. Schlösser	Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Min. V&W
Mw. J. Veurman	Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Min. V&W
Mw. S. Houtman	Ministerie van V&W, DGP
Mw. I. Schrauwen	Ministerie van V&W, DGP
Dhr. D. Metz	Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. V&W
Dhr. P. van Breugel	Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. V&W
Mw. S. van den Berg	Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Min. V&W
Dhr. C. Kampfraath	Ministerie van V&W, DGG
Dhr. H. Nugteren	Ministerie van V&W, RWS-HK
Dhr. H. Verspoor	Ministerie van VROM, DGM
Dhr. A. Hoen	RIVM, Natuur en Milieu Planbureau
Dhr. R. van den Brink	RIVM, Natuur en Milieu Planbureau

Wij danken de leden van de begeleidingscommissie voor hun inspanningen. In het bijzonder zijn wij veel dank verschuldigd aan Anco Hoen en Robert van den Brink van het RIVM voor het leveren van een deel van de data waarop wij onze probleemanalyse baseren.

Ten slotte danken wij de deelnemers aan de workshops voor hun creatieve bijdragen.

Inhoud

Samenvatting	1
Summary	9
1 Inleiding	15
1.1 Aanleiding	15
1.2 Doel van dit rapport	17
1.3 Leeswijzer	17
2 Probleemanalyse	19
2.1 Inleiding	19
2.2 Schets van het probleem	19
2.3 Gezondheidsrisico's door luchtverontreiniging	20
2.3.1 Gezondheidseffecten van stikstofdioxide (NO ₂)	21
2.3.2 Gezondheidseffecten van fijn stof (PM _x)	23
2.3.3 NO ₂ versus PM _x en effecten van maatregelen	26
2.3.4 Effecten van uitstel van de NO ₂ -normen tot 2015	28
2.3.5 Onzekerheden in de gezondheidseffecten	29
2.4 Bijdragen van bronnen aan de concentraties	30
2.4.1 Een representatief voorbeeldknelpunt als indicatie	30
2.4.2 Beknopte uitleg van de schattingsmethodiek	32
2.4.3 NO ₂ -bijdrage van het snelwegverkeer op het knelpunt	32
2.4.4 NO ₂ -bijdrage van de achtergrondbronnen	34
2.4.5 PM ₁₀ -bijdrage van het snelwegverkeer op het knelpunt	35
2.4.6 PM ₁₀ -bijdrage van de achtergrondbronnen	36
2.4.7 Onzekerheden in de bronbijdragen	37
3 Inventarisatie, categorisatie en ordening van maatregelen	39
3.1 Inleiding	39
3.2 Inventarisatie aan de hand van bron-effect keten	39
3.3 Categorisatie van maatregelen	40
3.4 Eerste beoordeling van maatregelen op basis van criteria	41
4 Potentie en profiel van oplossingsrichtingen	43
4.1 Inleiding	43
4.2 Potentie van opties voor het snelwegverkeer op het knelpunt	43
4.3 Potentie van opties voor generiek beleid	44
4.4 Knelpuntspecifiek en generiek vergeleken	45
4.5 Analyse van voor- en nadelen van oplossingsrichtingen	47
4.6 Samenstelling en doorrekening van maatregelpakketten	51
4.6.1 Doelen en uitgangspunten	51
4.6.2 Beschrijving van de knelpunten (cases)	52
4.6.3 Beschrijving van de maatregelpakketten	53
4.6.4 Resultaten: concentraties en overschrijdingsafstanden	55
4.6.5 Resultaten: gezondheidseffecten	57
4.6.6 Conclusies	59

5	Conclusies en aanbevelingen	61
5.1	Inleiding	61
5.2	Belangrijkste bevindingen uit de probleemanalyse	61
5.3	Pro's en contra's van de oplossingsrichtingen	62
5.4	Aanbevelingen	64
5.4.1	Dichten van kennisleemtes	64
5.4.2	Wegnemen blokkades implementatie	65
5.4.3	Verbreiding geografische en tijdshorizon	65
	Referenties	67
A	Factsheets van maatregelsoorten	73
B	Eerste beoordeling van maatregelen	83
C	Bepaling van de bijdragen aan de concentraties	95
D	Resultaten en verslagen van de workshops	107
E	Details doorrekening maatregelpakketten	117

Samenvatting

Achtergrond

Het besluit Luchtkwaliteit van 11 juni 2001 is de Nederlandse uitwerking van de Europese richtlijn 1999/30/EG. Deze richtlijn stelt grenswaarden aan de luchtkwaliteit waaraan inwoners mogen worden blootgesteld. Om in het jaar 2010 aan de normen van het Besluit Luchtkwaliteit te voldoen zijn extra maatregelen voor delen van het Nederlandse rijkswegennet waarschijnlijk noodzakelijk. Het huidige generieke milieubeleid, voor het verkeer en voor andere sectoren, zal namelijk op een aantal knelpunten onvoldoende blijken om de luchtkwaliteit tijdig te laten voldoen aan de wettelijke grenswaarden die het besluit stelt.

In enkele rapportages is de laatste jaren geopperd om bouw van woningen en scholen te verbieden in gebieden waar normoverschrijdingen plaatsvinden en eventueel zelfs bestaande bebouwing te slopen - maatregelen die al snel miljarden kosten. Ook met grootschalige aanpassing van de infrastructuur, bijvoorbeeld door snelwegen verdiept of in tunnels aan te leggen, zijn grote bedragen gemoeid.

Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat bereidt daarom het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) voor. Het IPL heeft tot doel te bezien of er geen goedkopere en minder verstrekkende, kortom innovatieve manieren zijn om aan de normen te voldoen, en indien ja, om enkele van dergelijke maatregelen te implementeren.

Het onderzoek in dit rapport is een onderdeel van het *Vooronderzoek* Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (VIPL) en heeft een tweeledig doel:

- 1 Ten eerste wil het de problematiek met luchtkwaliteit rond snelwegen scherp analyseren zodat duidelijk wordt welke bronnen de voornaamste bijdragen leveren.
- 2 Ten tweede wil het een aantal oplossingsrichtingen voor deze problematiek onderzoeken op onder meer hun effectiviteit, kosten en haalbaarheid.

Probleemanalyse

Onze analyse van de problematiek met luchtkwaliteit rond snelwegen behandelt eerst de gezondheidseffecten van NO₂ en fijn stof. Daarbij zijn ook de kleinere fracties (PM_{2,5}) beschouwd. In het kort luiden de conclusies als volgt:

- NO₂ is wellicht het minst schadelijk (wel statistisch maar geen causaal verband tussen actuele concentraties en effecten);
- PM₁₀ is schadelijk (wel verband (ook mogelijk causaal) tussen actuele concentraties en effecten, geen drempelwaarde);
- PM_{2,5} is wellicht meest schadelijk (wel verband tussen actuele concentraties en effecten, geen drempelwaarde; relatief hoge "relative risks" gevonden).

Hoewel NO₂ op zichzelf niet erg toxisch is, blijft het erg zinvol om de emissies van deze component te reduceren. De NO₂-concentratie is namelijk indirect wel van belang, omdat het een precursor is van secundair PM_{2,5} en van ozon die wel directe gezondheidseffecten hebben.

De analyse naar de bijdragen van de verschillende bronnen aan de totale concentraties van NO₂ en PM₁₀ rond snelwegen beschouwt twee voorname

componenten: het verkeer op de snelweg die door het knelpunt loopt en de achtergrondbronnen (w.o. wegverkeer op overige wegen en niet-wegverkeer, industrie, buitenland, etc.). De som van beide bijdragen kan resulteren in een overschrijding van de grenswaarde rond snelwegen.

De analyse geeft voor een fictief, maar representatief geacht voorbeeldknelpunt een indicatie van de bijdragen van de verschillende typen bronnen. Zo wordt duidelijk waar de belangrijkste aangrijpingspunten liggen om met bronbeleid de luchtkwaliteit te verbeteren. In het kort luiden de bevindingen van de analyse als volgt:

NO₂

- Op het gebied van NO₂ blijkt dat gemiddeld *ruim de helft* van de concentratie op het voorbeeldknelpunt in 2010 (25 van de 45 µg/m³) te herleiden is van het Nederlandse wegverkeer. Hiervan is ruwweg 15 µg/m³ van het snelwegverkeer ter plekke en ruwweg 10 µg/m³ van de achtergrondconcentratie die door het Nederlandse wegverkeer wordt veroorzaakt;
- van de overige 20 µg/m³ komt ca. 14 µg/m³ uit andere Nederlandse bronnen en 6 µg/m³ uit het buitenland;
- de vrachtauto levert met afstand de grootste bijdrage aan de concentraties op knelpunten. Ongeveer 60% van de bijdrage van het wegverkeer, ofwel 15 µg/m³, komt van de vrachtauto (knelpunt plus achtergrond). In totaal is dit eenderde deel van de concentratie op het knelpunt;
- van het vrachtauto-aandeel komt in 2010 ruwweg een vijfde deel van Euro 2 en ouder (bouwjaar vóór 2001) en ruim de helft van Euro 3 en ouder (bouwjaar vóór 2006);
- naast de vrachtauto zijn ook de personenauto op diesel (ca. 10% van de totale concentratie op het knelpunt) en de bestelauto op diesel (ca. 5%) nog relevante bronnen.
- door de Nederlandse emissies van deze drie bronnen geheel te elimineren kan dus in principe de concentratie op het voorbeeldknelpunt met ongeveer de helft worden verminderd. Het geheel elimineren van deze drie bronnen in *het snelwegverkeer op het knelpunt* scheelt ongeveer eenderde in concentraties.

PM₁₀

Op het gebied van PM₁₀ heeft Nederland veel minder invloed en is het lokale verkeer veel minder van belang dan bij NO₂. Waar bij NO₂ het Nederlandse wegverkeer ruim de helft van de concentratie op knelpunten veroorzaakt is dit bij PM₁₀ iets meer dan 10% (3,8 van de 32 µg/m³). Bij PM₁₀ is in 2010 de personenauto op diesel de belangrijkste bron, daarna vrachtauto's, gevolgd door bestelauto's.

Inventarisatie, categorisatie en ordening van maatregelen

Om de luchtkwaliteitsproblematiek rond snelwegen het hoofd te bieden zijn er vele maatregelen denkbaar. In deze studie zijn er zo'n 130 geïnventariseerd tijdens een workshop waaraan een breed scala van maatschappelijke, politieke en wetenschappelijke organisaties deelnam. Vervolgens zijn deze maatregelen gecategoriseerd in oplossingsrichtingen. Binnen deze oplossingsrichtingen zijn de individuele maatregelen beoordeeld en gerangschikt aan de hand van een aantal criteria om de meest veelbelovende te identificeren.

Potentie en profiel van oplossingsrichtingen

In deze studie is de aandacht echter vooral gericht op de oplossingsrichtingen zelf. Het betreft dus geen individuele specifieke maatregelen maar ge-



clusterde sets van maatregelen. De oplossingsrichtingen zijn onderzocht en uitgewerkt in factsheets (zie bijlage A). Hieruit is het potentieel bepaald van de oplossingsrichtingen om de concentraties van NO₂ en PM₁₀ te verlagen. Ook is aandacht besteed aan de kosten en haalbaarheid van oplossingsrichtingen. We maken hierbij onderscheid tussen generieke oplossingen en knelpuntspecifieke oplossingen. Tabel 3 geeft een samenvatting van deze analyse.

Om meer gevoel te krijgen voor het potentieel van de diverse oplossingsrichtingen en maatregelen is een aantal maatregelen samengevoegd tot een viertal pakketten en doorgerekend met het NNM+ model voor twee cases. Deze pakketten zijn samengevat in de onderstaande Tabel 1. De gezondheidseffecten zijn samengevat in Tabel 2.

Tabel 1 Vier maatregelpakketten ter illustratie van de effecten van verschillende categorieën. De pakketten lopen op in 'ingrijpendheid' en elk pakket omvat naast de genoemde maatregelen tevens de maatregelen uit het voorgaande pakket

Pakket 1: 'Overschie' • Overschie-maatregelen: lagere snelheid (80 km/uur) en stringent handhaven	Categorie Homogeniseren en snelheidsverlaging
Pakket 2: pakket 1 plus afscherming Plaatsen van geluidsschermen van verschillende hoogtes: • 6 meter • 8 meter • 10 meter • 12 meter • 15 meter	Overdracht
Pakket 3: pakket 2 (10m -scherm) plus kosteneffectief vrachtautopakket • Alleen toelaten Euro5 vrachtauto's op knelpunten	Sneller schoner
Pakket 4: pakket 3 (10m -scherm) plus duur verkeerspakket • Weren van alle dieselverkeer - behalve autobussen	Volume

Tabel 2 Gezondheidseffecten van pakket 1 t/m 4 (percentages zijn indicatief!)

Pakket	Maatregelen	Emissiereductie op de knelpunten	Effecten pakket op de volksgezondheid			
			NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	Ozon
1	homogeniseren en snelheidsverlaging	- 25%	~0	+++	+++	+++
2	- pakket 1 - afscherming	- 25% - 10%*	~0	+++	+++	+++
3	- pakket 2 - alleen Euro5 toelaten	- 35% - 25%	~0	+++ plus ?	+++ plus ?	+++ plus ?
4	- pakket 3 - geen dieselauto's toelaten	- 60% - 10 a 20%	~0	+++ plus ?	+++ plus ?	+++ plus ?

* Geen emissiereductie, maar werkt concentratieverlagend door extra verdunning
+++ plus ? Dit wil zeggen dat er nog een additioneel gezondheidseffect is boven op die van pakketten 1 en 2, maar dat grootte en omvang van dit additionele effect moeilijk zijn in te schatten in dit project. In z'n algemeenheid geldt dat het effect twijfelachtig is wanneer pakketten 3 of 4 op slechts op 1 knelpunt worden toegepast en positiever wordt naarmate ze op meer knelpunten worden toegepast.

Tabel 3 Overzicht van de beoordeling van oplossingsrichtingen. Scores lopen van —(zeer slecht) tot ++ (zeer goed).

Oplossingsrichting	Effectiviteit	Maatschappelijke kosteneffectiviteit	Overheids-kosteneffectiviteit	Juridische/technische haalbaarheid	Rechtvaardigheid*	Opmerkingen
Generieke maatregelen						vaak weinig invloed uit te oefenen vanuit luchtkwaliteitsbeleid
A: Sneller schoner	+	+	+	+	+	kosteneffectieve maatregelen, bijvoorbeeld gedifferentieerde km-heffing, vaak moeilijk implementeerbaar
B: Volumebeperking	+	—	+	—	—	
C: Inzet op techniek	+/-	+/-	+/-	—	+/-	Nederland heeft maar beperkte mogelijkheden op het gebied van voertuigtechniek
D: Overig verkeer (trein, schip, etc.)	—	+	++	+	+	kan wel effectief zijn maar duurt in het algemeen lang
E: Overige bronnen (landbouw, huishoudens, buitenland)	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	kan wel effectief zijn maar duurt in het algemeen lang
F: Snelheidsbeperking en homogeniseren van de verkeersstroom	++	+/-	+	+	+	
Knelpuntspecifieke maatregelen						
A: Sneller schoner	++	+	+	+/-	++	scoort goed; werken aan 'filterstrategie' op knelpunten
B: Volumebeperking	++	—	+	+/-	+/-	gemakkelijker, maar ook botter en dus duurder instrument dan 'sneller schoner'
C: Inzet op techniek	?	+/-	— —	—	+/-	Nederland heeft maar beperkte mogelijkheden op het gebied van voertuigtechniek
F: Snelheidsbeperking en homogeniseren van de verkeersstroom	+	++	++	+	++	'tried and tested': Overschie
G: Passieve afscherming	++	—	—	++	+	kosteneffectiviteit nog niet erg helder
H: Actieve verdunning van concentraties	++	— ?	— ?	+ ?	+ ?	lijkt vooral tijdelijke oplossing
I: Vrijwaring / RO	++	—	— —	+	—	wordt al snel excessief duur
J: Relocatie	++	—	— —	+	—	
K: Gezondheidszorg	?	?	?	—	—	Geen oplossing voor de overschrijdingen

* Onder dit criterium verstaan we de mate waarin de oplossingsrichting voldoet aan het 'polluter pays principle'

Met de verschillende pakketten zijn de NO₂- (en in veel mindere mate de PM₁₀-) concentraties op de knelpunten uit de cases fors te verlagen. Van pakket 1 tot 4 kan in toenemende mate aan de jaargemiddelde NO₂-norm worden voldaan.

De effecten op de volksgezondheid van pakketten 3 en 4 hangen af van de schaal waarop deze maatregelen worden ingevoerd. Bij zeer kleinschalige invoering, bijvoorbeeld op één knelpunt, bestaat de kans dat negatieve effecten van omrijden sterker zijn dan positieve effecten van milieutechnische innovatie aan de bron. Bij invoering op meerdere knelpunten krijgt de maatregel een sterker generiek effect en gaat dit positieve effect zwaarder meewegen.

Het is daarbij belangrijk te realiseren dat de *juridische* normstelling niet gelijk op gaat met de gezondheidseffecten. Het juridische probleem concentreert zich op NO₂, terwijl volgens de nieuwste inzichten de gezondheid vooral negatief wordt beïnvloed door PM₁₀ en meer waarschijnlijk door de ultrafijne fractie hiervan. Dit maakt dat maatregelen wel de NO₂-concentraties kunnen verlagen, maar dat het effect op de gezondheid anders kan liggen en soms zelfs negatief kan uitpakken. Vooralsnog kan gesteld worden dat maatregelen die de NO₂-concentraties verlagen alleen een gezondheidsverbeterend effect hebben indien daarbij *ook de PM-emissie* wordt verlaagd.

Conclusies: pro's en contra's van de oplossingsrichtingen

Uit de analyse van potentie en profiel van de diverse oplossingsrichtingen komende volgende conclusies naar voren:

Generiek beleid

Allereerst een opmerking over generiek beleid. Hoewel generiek beleid in het verleden goed heeft gewerkt om luchtkwaliteit te verbeteren (Europese emissie-eisen!), vaak nevenvoordelen biedt buiten luchtkwaliteit en vaak zowel werkt op achtergrond- als knelpuntemissies, zijn er ook nadelen te noemen:

Ten eerste staat de besluitvorming rond generiek beleid vaak geheel los van de besluitvorming rond luchtkwaliteitsknelpunten. Daarmee is generiek beleid dus vaak een externe factor waar wel méé, maar niet óp kan worden gerekend bij het oplossen van luchtkwaliteitsknelpunten.

Ten tweede lijkt op het gebied van generiek beleid het laaghangende fruit grotendeels geplukt. Het is meestal ofwel een kwestie van hoge kosten (bijvoorbeeld sloopregelingen) ofwel maatschappelijke weerstand (bijvoorbeeld prijsbeleid) ofwel een heel lange adem (emissie-eisen voor nieuwe scheepsmotoren, waar grote effecten pas rond 2020 te verwachten zijn). Het lijkt dan ook moeilijk om grote emissiereducties in 2010 te bereiken *bovenop* het al vastgestelde beleid.

Snelheidsverlaging en homogenisering

Snelheidsverlaging en homogenisering op knelpunten lijken 'laaghangend fruit': effectief en uitvoerbaar, en tegen beperkte kosten. Er is wel behoefte aan meer inzicht in de optimale inzet van dit instrument (zowel technisch als organisatorisch).

Volumebeleid, sneller schoner en inzet op techniek

Verder blijkt binnen de 'verkeersmaatregelen' (volumebeleid, sneller schoner, inzet op techniek) de oplossingsrichting 'sneller schoner' aanzienlijke effecten te kunnen hebben tegen veel lagere kosten dan 'volumebeleid'. In concreto: alleen 'Euro5' vrachtauto's doorlaten is veel kosteneffectiever dan bijvoorbeeld 'alleen vrachtverkeer tot 12 ton doorlaten' omdat het vervangen van vuil door schoon materieel zeer waarschijnlijk veel goedkoper is dan het rijden met te klein materieel, of er zelfs helemaal niet door mogen. 'Slim filte-

ren' op een knelpunt, dus niet op basis van *voertuigcategorieën* maar op basis van *emissieprestatie*, biedt daarom perspectief. Wel is de handhaving van een dergelijke 'slimme filtering' vanzelfsprekend wat complexer. Bij dit alles is om redenen van effectiviteit een focus op vrachtverkeer zeer aan te bevelen, en daarna op personen- en bestelauto's op diesel.

Maatregelen bij de ontvanger / RO

Maatregelen in de sfeer van ruimtelijke ordening zijn al snel erg duur wanneer het grootschalige ingrepen betreft die alléén worden getroffen om redenen van luchtkwaliteit. Natuurlijk kunnen sommige kleinschaliger ingrepen, zoals het verplaatsen van scholen, in specifieke gevallen veel soelaas bieden. Ook kunnen dergelijke maatregelen toch te verkiezen zijn als de bijvoorbeeld samenvallen met herstructureringsprojecten of maatregelen ter vermindering van geluidhinder. Maatwerk lijkt hier dus eerder te verkiezen dan grootschalige sanering.

Aanbevelingen

Uit de ervaringen en resultaten die tijdens deze studie zijn verkregen doen we een aantal aanbevelingen. De meeste aanbevelingen kunnen aanknopingspunten bieden voor invulling van het IPL:

Dichten van kennisleemtes

In dit project hebben we geconstateerd dat op een aantal gebieden de kennis omtrent maatregelen – nog steeds – te kort schiet voor het trekken van scherpe conclusies. De volgende activiteiten kunnen worden verricht om deze leemtes te dichten:

- onderzoek naar korte-termijn technische haalbaarheid, kosten en (neven)effecten van meer 'exotische' oplossingsrichtingen zoals actieve verdunning van concentraties, katalytische wegoppervlakken e.d.;
- macro-economische (kentallen) kosten-batenanalyse of kosteneffectiviteitsanalyse voor maatregelen op individuele knelpunten of sets van knelpunten om de maatschappelijke kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen en oplossingsrichtingen beter te onderbouwen.

Wegnemen blokkades implementatie

Daarnaast hebben we op een aantal vlakken concrete obstakels aangetroffen die een snelle implementatie van maatregelen in de weg staan.

- 'Slim filteren'. In het project is duidelijk geworden dat het 'slim' filteren van verkeer op basis van emissiekenmerken (bijvoorbeeld Euroklasse, of misschien zelfs op afstand gemeten emissie) in principe maatschappelijk veel kosteneffectiever is dan het weren van bepaalde voertuigcategorieën. Maar het is nog niet helemaal duidelijk op welke manier zo'n filtering zou kunnen worden geïmplementeerd en gehandhaafd. Onderzoek naar mogelijkheden om zo'n filtering toe te passen zou dit obstakel kunnen wegnemen;
- Handhaving. Veel maatregelen, zoals het 'Overschie-pakket' of het selectief of generiek filteren van verkeer, vereisen flinke inspanningen in de sfeer van handhaving. De handhavingscapaciteit lijkt bijvoorbeeld één van de bottlenecks voor het snel invoeren van dergelijke maatregelen. Een studie naar de consequenties van de maatregelen voor de technische invulling en de organisatie van de handhaving lijkt gewenst.

Verbreiding geografische en tijdshorizon

Ten slotte is in de loop van het project duidelijk geworden dat er niet alleen implementatieblokkades zijn door gebrek aan inzicht omtrent kosten en effecten van maatregelen, maar ook, en wellicht nog meer, door gebrek aan inzicht in bestuurlijke verantwoordelijkheden en juridische consequenties

rond het luchtkwaliteitsdossier. Om hier meer duidelijkheid te scheppen zouden twee typen van perspectiefverbreding zinvol kunnen zijn:

- de eerste is een 'transatlantische' verbreding: leren van de ervaring in de Verenigde Staten met de Clean Air Act;
- de tweede is een verbreding in de tijdshorizon. In de toekomstige herzieningen van de docterrichtlijn 1999/30 over SO₂, lood, NO₂ en PM₁₀ zal naar alle waarschijnlijkheid de kosteneffectiviteit expliciet als evaluatiecriterium worden opgenomen. Dit benadrukt nogmaals het belang van dit criterium bij het treffen van toekomstige maatregelen, en maakt het tevens twijfelachtig of al vóór deze herziening moet worden besloten over maatschappelijk zeer dure maatregelen - met name dus in de sfeer van vrijwaringszones - om knelpunten op te lossen.

Summary

Background

The “decree on air quality” (Besluit Luchtkwaliteit) of 11 June 2001 is the Dutch legal elaboration of the EU directive 1999/30/EC. This directive sets limits to the air quality that people can be exposed to. In order to be able to meet the limits in the year 2010 additional action for parts of the Dutch motorway system are likely to be necessary. As it happens the current generic environmental policy for both transport and other economic sectors will prove to be insufficient to ensure that the air quality on a number of ‘problem sections’ will meet the limit values that the decree sets.

Some of the recent reports on this matter suggest to ban the building of houses and schools in areas where the limits are exceeded and to possibly remove existing buildings, options that will likely cost billions of euros. Large-scale adaptation of infrastructure, for example the construction of motorways below ground level or in tunnels, is also very expensive.

For these reasons the Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management is preparing the “Innovation Programme Air Quality” (Innovatieprogramma Luchtkwaliteit, IPL). The IPL aims at finding cheaper, less drastic, innovative options to meet the limits, and to implement some of those options.

The research in this study is part of the “Preliminary Investigation Innovation Programme Air Quality” (Vooronderzoek Innovatieprogramma Luchtkwaliteit, VIPL) and has two objectives:

- 1 To analyse the air quality situation around motorways in order to clarify which sources are the prime contributors to the problem.
- 2 To identify a number of strategies for solutions to this problem, and to test them on effectiveness, costs and feasibility.

Problem analysis

In our research we first analysed the air quality problem near motorways. Our analysis starts by discussing the effects on public health from high concentrations of NO₂ and particulate matter (PM₁₀, and the finer fraction PM_{2.5}). The main conclusions read:

- of the three investigated substances NO₂ is probably the least damaging to public health (there is a correlation, but no causal relation, between actual concentrations and health effects);
- PM₁₀ is a damaging substance (a correlation, and probably a causal relation, exists between actual concentrations and health effects; no threshold value was found);
- PM_{2.5} is probably the most damaging substance of the three (there exist a correlation between actual concentration levels and health effects, although no threshold value was found. Moreover, rather high ‘relative risk’ values were found).

Although NO₂ on it self seems not very toxic, we recommend continuing the reduction of its emissions. That is to say, the NO₂ concentrations bear importance since they are associated with, and indicate secondary PM_{2.5} and ozone. The latter two substances do show direct health effects. Therefore, reducing NO₂ indirectly improves public health.

The problem analysis continues with addressing two important contributions to the total concentrations of NO_2 and PM_{10} : traffic on the motorway 'problem sections' and the background sources (e.g. traffic on other roads, non-road traffic, industry, and sources from adjacent countries). The sum of both contributions can result in exceeding of the air quality limits.

The problem analysis gives an indication of the share of various sources in the concentration on an exemplary (fictitious) motorway problem section that we consider to be representative for real problem sections. By doing this it becomes clear what the most important options are to improve the air quality by means of source-oriented policies. In short the results of the analysis are:

NO_2

- On average, more than half of the NO_2 concentration on our exemplary motorway section in 2010 is contributed to by Dutch road traffic (25 of 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Of this contribution, approximately 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ originates from motorway traffic at the problem section itself, whereas about 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ stems from other road sources;
- the remaining 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is composed of contributions from other Dutch, non-road sources (14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) and from foreign sources (6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$);
- lorries have by far the largest share in the NO_2 concentrations at the problem sections. Approximately 60% of the contribution of road traffic (both on the motorway at the problem section and in the background), originates from lorries: 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Altogether, this amounts to one third of the overall concentration at the problem site;
- of the contribution by lorries in 2010, lorries of type Euro-2 and older (built before 2001) take one fifth, lorries of type euro-3 and older (built before 2006) cause more than half;
- beside lorries, also diesel-driven passenger cars and vans are relevant contributors: 10% and 5% of the total to NO_2 concentrations, respectively;
- in conclusion, elimination of the all emissions (both from the motorway problem section and from the background) from lorries, passenger cars and vans leads to a 50% reduction of the total NO_2 concentrations at the exemplary motorway problem section. Eliminating these emissions from just the motorway traffic at the problem section results in a reduction of about one third of the original concentrations.

PM_{10}

Regarding a reduction of PM_{10} concentrations Dutch policymaking is much less effective and local road traffic less important than with NO_2 . For instance, whereas Dutch road traffic contributed to about half of the NO_2 concentrations, to the PM_{10} concentrations they contribute only about 10% (3,8 of 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). The main contributors here are passenger cars on diesel followed by lorries and then followed by vans.

Assembling, categorising, and ranking measures

Many measures to improve air quality around motorways may be proposed. In our research 130 of them were assembled in a workshop to which members of a broad range of social, political, and scientific organisations attended. Thereafter, the measures were categorised in various solution strategies. In each category, the individual measures were assessed and ranked on a number of criteria to identify the most promising ones.

Potential and profile of solution strategies

Although individual measures were assessed in this study, we mainly focused on solution strategies, which consist of categorised sets of measures.

The solution strategies were investigated and elaborately described in fact sheets (appendix A, in Dutch). From the fact sheets we derived the potential of solution strategies to reduce the NO₂ and PM₁₀ concentrations at problem sections. In this process we paid attention to effectiveness of measures as well as their costs and feasibility. Moreover, we distinguished between generic solutions and solutions that apply to motorway problem sections in particular. Table 6 presents a survey of the assessment of the studied solution strategies.

To get a better grip on the potential of the various solution strategies and the individual measures, we composed four packages of measures. Of each package we calculated the effects on air quality and public health in two motorway problem sections using a model for air quality called NNM+. The four packages are presented in Table 4. Thereafter, the calculated effects on air quality and public health are summarised in Table 5.

Table 4 Four packages of measures aimed at improving air quality. The packages are composed of increasingly drastic measures. Note that each package contains, besides the measures mentioned, also the measures from the preceding package.

Package 1: 'Overschie' • Measures employed at the motorway A13 near Overschie: lower speed limits (80 km/h) and more stringent maintenance of rules.	Solution strategy Homogenising and speed reduction
Package 2: package 1 plus fencing Placing baffle boards of various heights: • 6 metres • 8 metres • 10 metres • 12 metres • 15 metres	Transfer
Package 3: package 2 (10m -board) plus cost-effective lorry package • Restricted access of lorries (only euro-5 lorries are admitted to motorway problem site)	Quicker cleaner
Package 4: package 3 (10m -board) plus expensive traffic package • Restrict access of all diesel-driven traffic (except busses)	Volume reduction

Table 5 Effects of package 1 to 4 on public health when applied to motorway problem site only. Note: percentages are indicative only.

Package	Measures	Reduction of emissions at problem sites	Effects package on public health			
			NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	Ozone
1	Homogenising and speed reduction	– 25%	~0	+++	+++	+++
2	- package 1 - fencing (baffle boards)	– 25% – 10%*	~0	+++	+++	+++
3	- package 2 - admit euro-5 only	– 35% – 25%	~0	+++ plus ?	+++ plus ?	+++ plus ?
4	- package 3 - restrict access of diesel-driven traffic	– 60% – 10 to 20%	~0	+++ plus ?	+++ plus ?	+++ plus ?

* No reduction of emissions. However, measures reduce concentrations by thinning.

+++ plus ? Indicates that there exists an additional effect besides those of packages 1 and 2. However, the estimation of the exact effect and its reach is hard. In general, the effect seems marginal when packages 3 and 4 are applied to one problem site only. However, wider application is considered to increase the additional effect.

Table 6 Survey of the assessment of solution strategies. Marks range from – – (worst) to ++ (best).

Solution strategy	Effectiveness	Macro-economic cost-effectiveness	Cost-effectiveness for the government	Juridical/technical feasibility	Justice*	Notes
Generic measures						Air quality is often of little concern when generic measures are taken.
A: Quicker cleaner	+	+	+	+	+	Comprises cost-effective measures, such as differentiated km-charging. Often hard to implement.
B: Volume reduction	+	–	+	–	–	
C: Application of techniques	+/-	+/-	+/-	–	+/-	The Netherlands only possess limited possibilities concerning vehicle techniques
D: Other traffic sources (rail, ship-ping, etc.)	–	+	++	+	+	May be effective, but measures generally have long time lag.
E: Remaining sources (e.g. agricul-ture, households, foreign sources).	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	May be effective, but measures generally have long time lag.
F: Speed reduction and homoge-nising the traffic flow	++	+/-	+	+	+	
Measures aimed at motorway problem sites specifically						
A: Quicker cleaner	++	+	+	+/-	++	Scores well; pay attention to 'filtering strategy' for problem sites.
B: Volume reduction	++	–	+	+/-	+/-	Easier to implement than measures from 'quicker cleaner'. However much more rigorous and expensive.
C: Application of techniques	?	+/-	– –	–	+/-	The Netherlands only possess limited possibilities concerning vehicle techniques
F: Speed reduction and homoge-nising the traffic flow	+	++	++	+	++	tried and tested; see measures on A13 motorway near Overschie
G: Passive fencing	++	–	–	++	+	Cost-effectiveness rather unclear.
H: Active thinning of concentrations	++	– ?	– ?	+ ?	+ ?	Well suited as temporary solutions to problem.
I: Safe-guarding zones / spatial planning	++	– –	– –	+	–	Easily excessively expensive
J: Demolition and relocation	++	–	– –	+	–	Easily excessively expensive
K: Public health care	?	?	?	–	–	No solution to increased concentrations

* This criterion indicates the extent to which the strategy meets the 'polluter pays principle'

Conclusions: pros and cons of different strategies

From the analysis of the potential and profile of the various strategies for a solution the following conclusions arise:

Generic policies

First of all we like to make a remark on generic policies. Although generic policies offer various advantages (they have worked well in the past to improve the air quality through European emission standards, they often offer additional advantages and they often affect both background and problem site emissions), they also have disadvantages:

Firstly, generic policy making is often detached from policy making for specific air quality problem sites. With that generic policies are a factor we can count with, but not count on, when solving air quality problem sites.

Secondly, it seems that in generic policy the low hanging fruits have mostly been picked. In general it is a matter of either high costs (e.g. scrapping schemes), social resistance (e.g. to pricing policies) or a long breath (e.g. emission standards for new ship engines, of which major effects are expected as late as 2020). It seems therefore hard to achieve significant emission reductions in 2010 on top of the already established policies.

Speed reduction and homogenising

Speed reduction and homogenising on problem sites appear to be 'low hanging fruits': it seems effective and feasible against limited costs. However there is a need to gain more insight into the optimal use of this instrument (both on the technical and organisational level).

Volume reduction, 'quicker cleaner', and application of techniques

Within the category of traffic measures (volume reduction, 'quicker cleaner', and application of techniques) the 'quicker cleaner' strategy appears to be effective against much lower costs than volume reductions. As an example: admitting only Euro5 lorries on the problem site is much more cost-effective than admitting only lorries under 12 tons GVW. This is because the replacement of 'dirty' by 'clean' equipment is likely to be cheaper than driving with lorries that are sub-optimal (too small) or not be able to pass through the problem section at all. Therefore 'smart filtering' on a problem section on the basis of emission performance instead of on vehicle category offers a perspective. Obviously, the enforcement of such a 'smart filtering' is more complex. For reasons of effectiveness we recommend to focus the 'smart filtering' on lorries and then on diesel passenger cars and vans.

Measures at the receptor / spatial planning

Measures that involve spatial planning usually become expensive when it concerns large-scale interventions that are only made for air quality reasons. Of course some small-scale interventions, such as the relocation of schools, can offer a solution in specific cases. Also, such measures can be preferable when they coincide with restructuring programmes of measures to reduce noise nuisance. In short, tailor-made solutions are to be preferred instead of large-scale redevelopment.

Recommendations

Based on the experiences and results that we gained during this study we give a number of recommendations. Most of these can give leads for the IPL:

Filling in the gaps in knowledge

In this project we have observed that in a number of areas the knowledge of measures does not come up to the mark where we can draw clear-cut conclusions. The following activities can be undertaken to fill in these gaps:

- research into the short-term technical feasibility, costs and (side)effects of more 'exotic' strategies for solutions such as active dilution of concentrations, catalytic road surfaces, etc.;
- macro-economic cost-benefit analyses or cost-effectiveness analyses of individual problem sections or sets of problem sections, in order to better underpin the social cost-effectiveness of various measures and strategies.

Removal of obstacles for implementation

Beside the gaps in knowledge we have identified obstacles that sit in the way of a quick implementation of measures.

- 'Smart filtering'. In the project it has become clear that 'smart filtering' of traffic on the basis of emission characteristics (e.g. Euro-class or even in-situ remotely sensed emissions) is in principle more cost-effective from a social point of view than excluding certain vehicle categories. However, it is not clear yet how such a filter could be implemented and enforced. Research into the possibilities to apply such a filtering could remove this obstacle.
- Enforcement. Many measures, such as the 'Overschie-package' (speed reduction, homogenising and strict enforcement), or the selective or generic filtering of traffic require large enforcement efforts. The enforcement capacity seems to be one of the bottlenecks for a quick introduction of such measures. A study into the consequences for the technical and organisational outline of the enforcement seems justified.

Broadening of the geographical and time horizon

Finally, in the course of the project it has become clear that there are not only obstacles in the implementation by a lack of insight into the costs and effects of measures, but also, and perhaps even more, by a lack of insight into administrative responsibilities and juridical consequences in the air quality dossier. In order to create clarity two ways of broadening the perspective could be worthwhile:

- the first way is a 'transatlantic' broadening: learning from the experience with the Clean Air Act in the United States;
- the second way is a broadening of the time horizon. In the future revision of daughter-directive 1999/30/EC on SO₂, lead, NO₂ and PM₁₀ cost-effectiveness will most likely be adopted as a evaluation criterion. This once again stresses the importance of this criterion for the implementation of future measures, and makes it questionable if we should decide on socially very expensive measures (such as safeguarding zones and relocation programmes) to solve problem sites before this revision is made.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Europese richtlijn 1999/30/EG stelt grenswaarden aan de luchtkwaliteit waaraan inwoners mogen worden blootgesteld¹. Deze grenswaarden zijn ontleend aan een advies van de World Health Organization van de VN en opgenomen in de richtlijn waarvan het Besluit luchtkwaliteit van 11 juni 2001 de Nederlandse uitwerking is. Het verkeer, in het bijzonder dat op de weg, is een belangrijke bron van stoffen die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid. Met name de uitstoot van stikstofoxiden (NO_x) en fijn stof (PM₁₀) hebben daarbij de aandacht omdat voor deze stoffen knelpunten dreigen waarbij niet aan de normen wordt voldaan.

Extra maatregelen noodzakelijk

Om in het jaar 2010 aan de normen van het Besluit Luchtkwaliteit te voldoen zijn extra maatregelen voor delen van het Nederlandse rijkswegennet waarschijnlijk noodzakelijk. Het huidige generieke milieubeleid voor het verkeer zal namelijk op een aantal knelpunten onvoldoende blijken om de luchtkwaliteit te laten voldoen aan de wettelijke grenswaarden die het besluit stelt.

Hoge kosten

Onlangs heeft het RIVM een globale raming gemaakt van de maatregelen die op de knelpunten moeten worden genomen en de daaraan verbonden kosten (RIVM, 2002). Deze raming komt uit op een kostenpost van 0,4 tot 1,7 miljard Euro tot 2010, wat een aanzienlijk beslag zou leggen op de budgettaire middelen. Het RIVM geeft echter aan dat dit een globale schatting is en verdere onderbouwing noodzakelijk is. Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat vindt de resultaten van de RIVM-studie een onvoldoende basis om beleid op te baseren. Om deze reden is het Ministerie van Verkeer en Waterstaat op zoek naar kosteneffectieve maatregelen alsook en maatregelen die goedkoper zijn om de knelpunten aan te pakken.

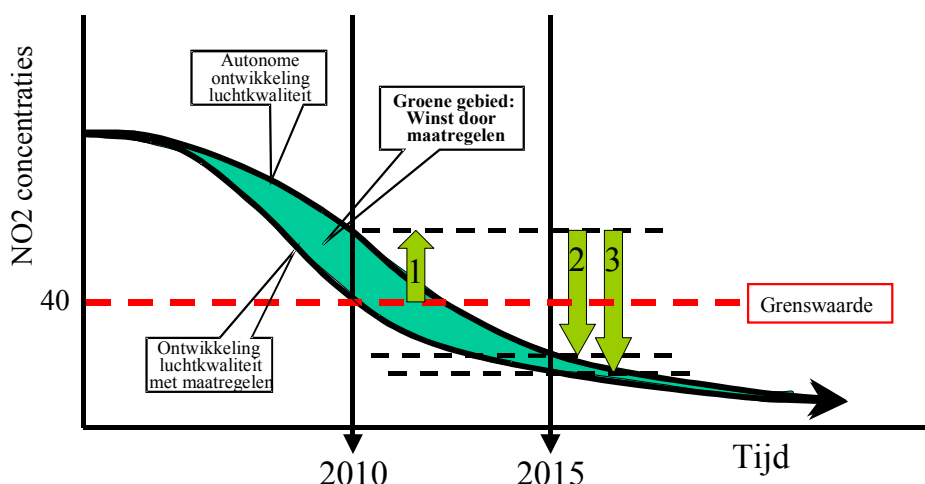
Op zoek naar alternatieven

Naast het zoeken naar alternatieve maatregelen probeert het Ministerie van Verkeer en Waterstaat samen met het Ministerie van VROM voor de NO₂-norm uitstel te krijgen tot 2015. De verwachting is namelijk dat tussen 2010 en 2015 de luchtkwaliteit zodanig verbetert door generieke maatregelen, dat er minder (dure) extra voorzieningen nodig zijn (Figuur 1).

Om het uitstel een kans te geven moet Nederland aantonen dat het serieuze inspanningen verricht om de problematiek op de knelpunten aan te pakken. Hiertoe wil V&W in 2004 het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) opstarten dat slimme, kosteneffectieve oplossingen moet gaan brengen voor de luchtkwaliteitsproblemen door het verkeer.

¹ Deze grenswaarden gelden voor plaatsen waar mensen verblijven. De werkplek is daarvan uitgezonderd, hiervoor geldt in principe de Arbo-wet. Ook verkeersdeelnemers zijn uitgezonderd, zij worden geacht bewust te hebben gekozen zichzelf bloot te stellen aan een slechte luchtkwaliteit.

Figuur 1 Het verwachte effect van bestaand beleid en extra maatregelen op de luchtkwaliteit



- 1=verwachte normoverschrijding in 2010
 2= verwachte luchtkwaliteit in 2015 zonder maatregelen
 3= verwachte luchtkwaliteit met maatregelen in 2015

Dit onderzoek

Voorafgaand aan het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit vindt een vooronderzoek plaats. Het uiteindelijke hoofddoel van dit Vooronderzoek Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (VIPL) is een goede basis te bieden voor het op te zetten Innovatieprogramma zelf. Daartoe kent dit project de volgende doelstellingen, die tezamen een eerste basiselement vormen voor de realisatie van het hoofddoel:

- 1 Het boven tafel en “tussen de oren” krijgen van de waarde, beperkingen, nauwkeurigheid en onzekerheden van bestaande meetmethoden en modellen voor de bepaling en voorspelling van de luchtkwaliteit rond verkeerswegen;
- 2 Het verkrijgen van een heldere analyse van de problematiek met luchtkwaliteit rond snelwegen. Daarbij ligt de aandacht bij stikstofdioxide (NO_2) en fijn stof (PM_{10})²;
- 3 Het onderzoeken van oplossingsrichtingen om de luchtkwaliteit rond verkeerswegen te verbeteren. Dit onderzoek heeft betrekking op de onder meer de effectiviteit, de kosten en de haalbaarheid van de oplossingsrichtingen.
- 4 Het verkrijgen van inzicht in de relatie tussen het wegverkeer en gezondheidseffecten, alsmede de gevolgen van een tijdelijke normoverschrijding voor NO_2 tussen 2010 en 2015.

Een tweede basiselement voor het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit is een overzicht van de te verwachten knelpunten. Dit overzicht is samengesteld door het RIVM en TNO in opdracht van DWW. De resultaten zijn samengevat in Tabel 7.

² In de bespreking van de gezondheidseffecten (hoofdstuk 2) wordt behalve naar PM_{10} ook gekeken naar de kleinere fracties zoals $\text{PM}_{2.5}$, vandaar ook wel de bredere aanduiding PM of PM_x voor fijn stof op enkele plaatsen in dit rapport.

Tabel 7 Overzicht van knelpunten rond snelwegen in 2010.

A10	Westlandgracht (Amsterdam)
A10	Overtoomseveld (Amsterdam)
A10	De Kolenkit – Sloterdijk (Amsterdam)
A20	Kleinpolder – Blijdorp – Bergpolder (Rotterdam)
A13	Overschie – Kleinpolder (Rotterdam)
A16	Viottakade – Zeehavenlaan – Wielwijk (Dordrecht)
A12	Voorburg
A9	Badhoevedorp
A12	Nieuw Hoograven (Utrecht)
A2	Waardenburg
A16	Het Lage Land – Prinsenland – 's Gravendeel (Rotterdam)

Bron: Metz, 2003, pers. comm.

1.2 Doel van dit rapport

Voor het vervullen van de eerste van de bovenstaande vier doelen is binnen het VIPL een aparte studie verricht door KEMA, onder coördinatie van CE. De resultaten van deze studie zijn verwoord in de separate rapportage “Modellen onder de loep” (KEMA en CE, 2003). De doelen twee en drie komen in deze rapportage aan bod. Voor het vierde doel is een apart paper in voorbereiding.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt ingedeeld:

In hoofdstuk 2 bepalen we de bijdragen van diverse types verkeer en achtergrondbronnen aan de concentraties luchtverontreinigende stoffen rond de knelpunten. We doen dit middels een kwantitatieve analyse voor een fictief voorbeeldknelpunt dat is ontleend aan prognoses voor een aantal reële knelpunten.

Vervolgens presenteren we in hoofdstuk 3 een uitgebreide lijst van maatregelen die de luchtkwaliteit kunnen verbeteren. Deze maatregelen worden beoordeeld op diverse criteria, zoals de effectiviteit, de kosten en de technische haalbaarheid van de maatregelen.

Op grond van de probleemanalyse en de beoordeling zijn verschillende soorten maatregelen geclusterd in oplossingsrichtingen. Hoofdstuk 4 bespreekt de potentie van deze oplossingsrichtingen voor wat betreft effect, kosten, etc. Dit resulteert in een overzicht van de pro's en contra's van de verschillende oplossingsrichtingen.

De conclusies van deze studie geven we in hoofdstuk 5.



2 Probleemanalyse

2.1 Inleiding

Alvorens we ons verdiepen in mogelijke maatregelen om de luchtkwaliteit bij knelpunten te verbeteren geven we in dit hoofdstuk eerst een korte schets van de problematiek. Deze schets werken we daarna op twee vlakken uit:

- 1 Een beknopt overzicht van de gezondheidseffecten en -risico's van stikstofdioxide (NO_2) en fijn stof (PM_{10}).
- 2 Een kwantitatieve analyse van de bijdragen van de verschillende (verkeers)bronnen aan de concentraties van deze stoffen rond knelpunten.

De kwantitatieve analyse is louter gericht op herkomst van emissies en levert een eerste indicatie op van de mate waarin de verschillende (verkeers)bronnen bijdragen aan de luchtkwaliteit op een voorbeeldknelpunt. We krijgen op deze wijze een beter idee op welke bronnen de focus zou moeten liggen indien we de knelpunten met bronbeleid willen aanpakken en wat het potentieel is van maatregelen die op deze bronnen aangrijpen. In hoofdstuk 3 zullen we overigens zien dat er naast bronbeleid ook andere aangrijpingspunten voor maatregelen zijn.

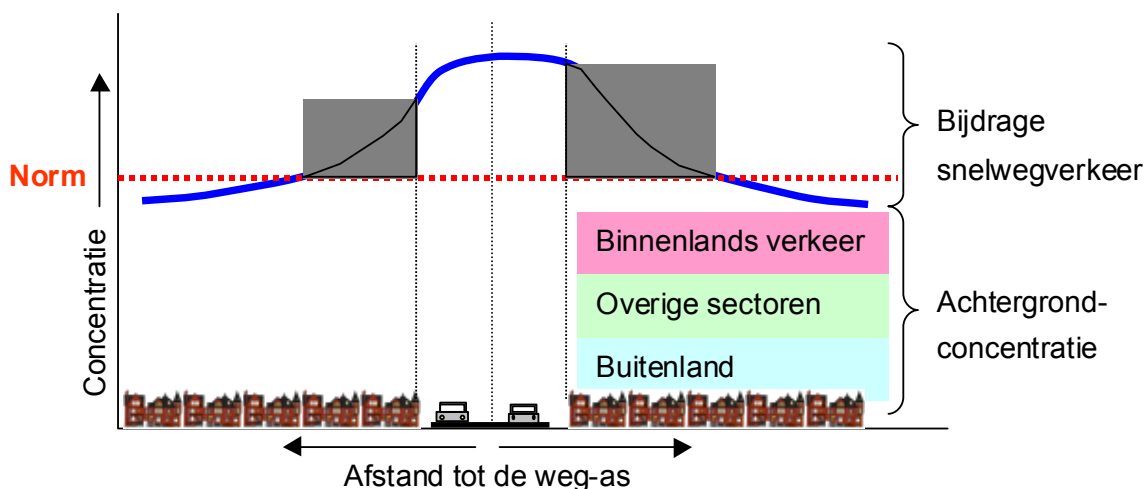
2.2 Schets van het probleem

De bronnen die bijdragen aan de luchtkwaliteit rond snelwegen kunnen we voor deze studie opdelen in de volgende drie broncategorieën:

- 1 De bijdrage van het snelwegverkeer ter plaatse.
- 2 De bijdrage van het overige binnenlandse verkeer in de achtergrondconcentratie.
- 3 De bijdrage van de overige economische sectoren in ons land en de bijdrage van buitenlandse bronnen (inclusief verkeer).

In de onderstaande Figuur 2 hebben we deze bijdragen schematisch weergegeven voor een willekeurig knelpunt.

Figuur 2 Geschematiseerd concentratieverloop dwars op het wegprofiel met daarbij de bijdragen van het snelwegverkeer en de achtergrondbronnen



De bijdrage van verkeer op lokale of provinciale wegen nabij het knelpunt wordt geacht zich in de achtergrondconcentratie te bevinden. De verkeers-emissies op deze wegen, evenals andere lokaal belangrijke bronnen zoals industrie, kunnen bij specifieke knelpunten de achtergrondconcentratie echter significant verhogen.

In de bovenstaande figuur zijn de probleemgebieden gearceerd. In deze gebieden is de totale concentratie hoger dan de norm die het Besluit luchtkwaliteit voorschrijft. Dit kan gezondheidsrisico's met zich meebrengen. Door de concentraties te verlagen wordt het gebied waarin overschrijdingen plaatsvinden verkleind en daarmee meestal ook het aantal overschrijdingen (woningen blootgesteld boven de norm). De daling van het aantal overschrijdingen is afhankelijk van drie factoren:

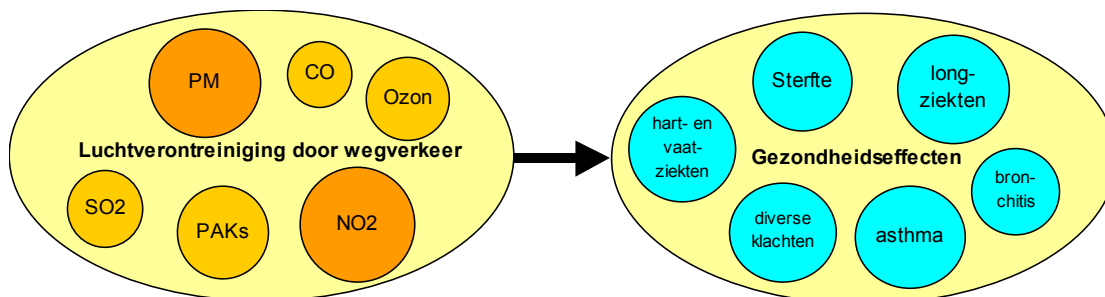
- 1 De daling van de concentraties.
- 2 De woningdichtheid.
- 3 De plaats van de woningen (dicht bij de weg of juist ver).

Om de bijdragen van de hiervoor genoemde broncategorieën beter in beeld te krijgen, pogen we in paragraaf 2.4 een indicatie te krijgen van hun omvang door ze te kwantificeren voor een voorbeeldknelpunt. Dit voorbeeldknelpunt baseren we op gegevens van bestaande, representatieve, knelpunten. Allereerste geven we in paragraaf 2.3 echter een beknopt overzicht van de gezondheidseffecten en -risico's van NO₂ en PM₁₀.

2.3 Gezondheidsrisico's door luchtverontreiniging

Tal van luchtverontreinigende componenten zijn mede afkomstig van het wegverkeer (zie Figuur 3). De emissies van lood (Pb) en zwaveldioxide (SO₂) door het verkeer vormen op dit moment al nauwelijks meer een probleem. De verkeersemissies van verschillende koolwaterstoffen (PAK's) en koolmonoxide (CO) nemen in dermate snel tempo af, dat daar voor de overheid geen prioriteit ligt. De effecten van ozon blijven nog een serieus probleem. Echter, om dit aan te pakken zijn vooral maatregelen op Nationaal en Europees niveau nodig, in plaats van lokaal en regionaal waarop de focus van deze studie ligt. Deze studie zoomt in op NO₂ en fijn stof (PM₁₀). Deze twee componenten hebben een sterke invloed op de verwachte gezondheidseffecten als gevolg van verkeersgerelateerde emissies.

Figuur 3 Gezondheidseffecten worden veroorzaakt door meerdere emissies. De focus in deze studie ligt op NO₂ en in mindere mate op PM₁₀.



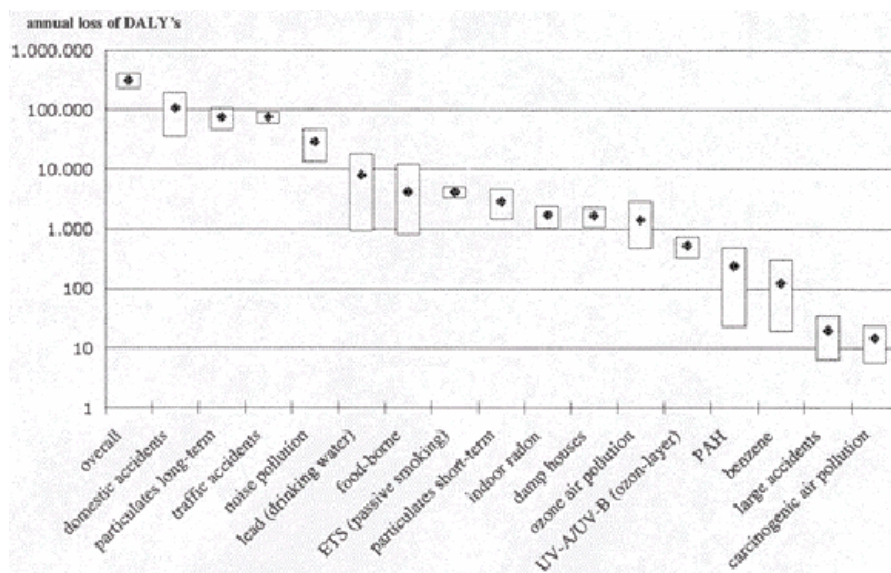
Voor het in kaart brengen van de relatie tussen verkeersemissies en de effecten ervan op de gezondheid, is gebruik gemaakt van het vele werk dat recent in binnen- en buitenland is verricht.

In het algemeen worden de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging uitgedrukt in aantal ziekenhuisopnames of aantal voortijdige sterftes. Op zich zijn dit cijfers die maar een zeer beperkte waarde hebben, omdat ze niet de ernst en de duur van de ziekenhuisopname weerspiegelen en in geval van sterfte niets zeggen over het aantal dagen dat de levensverwachting is bekort. Als maat voor de effecten schieten de aantallen dus te kort. Hetzelfde probleem doet zich voor bij effecten van andere milieufactoren zoals geluidshinder, verkeersongelukken, straling etc.

Er was dus behoefte aan een maat waarin levensverwachting, kwaliteit van leven en aantal betrokken mensen is geïntegreerd. Vanuit deze behoefte is de "DALY" (Disability Adjusted Life Years) ontwikkeld (geïnspireerd door een eerdere versie van de DALY heeft RIVM deze verder uitgewerkt (de Hollander, 1999)). Deze maat maakt het mogelijk de gezondheidseffecten van verschillende milieufactoren te vergelijken (bijvoorbeeld ten behoeve van prioritering) en is daardoor bruikbaar bij de evaluatie van efficiëntie van beleid. RIVM heeft ten behoeve van de Nationale Milieuverkenning 4 de DALY's berekend van een groot aantal milieufactoren.

Uit Figuur 4 is op te maken dat de lange-termijneffecten van fijn stof ongeveer even groot is als dat van verkeersongelukken en dat de effecten van ozon bijna twee ordegrottes lager liggen. Het zou goed zijn als bij berichten in de media over de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging naast aantal sterftegevallen en ziekenhuisopnames ook het jaarlijks verlies aan DALY's wordt vermeld samen met die van andere effecten zoals van roken. Op deze manier ontstaat een beter beeld van de werkelijke impact en is het in een breder perspectief te plaatsen.

Figuur 4 Jaarlijks verlies aan "Disability Adjusted Life Years" (DALY's)



Bron: de Hollander, 1999

2.3.1 Gezondheidseffecten van stikstofdioxide (NO₂)

In vergelijking tot andere luchtverontreinigende stoffen is nog weinig bekend over de effecten van NO₂, dat diep kan doordringen in de luchtwegen. Uit in-vitro studies is wel bekend dat het kan leiden tot geïrriteerd longweefsel en het weefsel ook kan beschadigen, waardoor er een grotere kans is op long-infectie. Het kan astma en allergische reacties verergeren en er wordt aan-

genomen dat bij herhaalde blootstelling NO₂ ook astma kan veroorzaken. Door NO₂ verslechtert het afweermecanisme van de longen tegen bacteriën, virussen en andere verontreinigingen zoals ozon en kankerverwekkende deeltjes (Acid Rain, 2001; Brunekreef et al., 2002). Echter; meestal zijn bij deze studies concentraties gebruikt die vele malen hoger liggen dan de gangbare buitenlucht concentraties. Het geeft daarom onvoldoende inzicht over de effecten van in de buitenlucht optredende NO₂-concentraties.

Epidemiologische studies duiden op nadelige gevolgen van NO₂-concentraties die in de buitenlucht optreden. Uit een studie op basis van ziekenhuisopnames in Nederland (Vonk en Schouten, 2001) blijkt, dat er een significante (statistische) relatie bestaat tussen ademhalingsziekten en NO₂-concentraties. De meest significante RR-waarden³ zijn gevonden voor 65-plussers (range RR=1,03-1,08 bij een toename van de daggemiddelde concentratie met 39 µg/m³).

Uit een recente publicatie van een meta-analyse (Stieb et al., 2003) waarin de resultaten van een groot aantal studies is samengevat en waarbij voor een deel van deze studies de statistische analyse opnieuw is uitgevoerd met verbeterde software, blijkt eveneens dat er een verhoogde kans is op vroegtijdig overlijden tijdens blootstelling aan NO₂-concentraties. De RR-waarde voor alle doodsoorzaken is 1,034 (bij een toename van de concentratie met 48 µg/m³), zie Tabel 8. Het is echter moeilijk om deze effecten echt aan NO₂ toe te schrijven omdat hogere NO₂-concentraties samenlopen met andere concentraties luchtverontreiniging. In een recente studie van Hoek (Hoek et al, 2002) wordt betwijfeld of verhoogde NO₂-concentraties (nabij verkeerswegen) werkelijk leiden tot vervroegde sterfgevallen; gewezen wordt op de NO₂-concentraties ten gevolge van koken op gas die veel hoger zijn dan verkeersgerelateerde concentraties.

Tabel 8 Schatting voor de effecten van NO₂ op het aantal sterftegevallen

Meta-analyse van Stieb et al. (2003)		
Toename in het aantal sterftegevallen bij een toename van 48 µg/m ³ NO ₂ (resultaten na hercalculatie)	3,4% (CI: 2,5-4,2)	Bij een toename van 10 µg/m ³ NO ₂ neemt het aantal sterftegevallen met 0,7% toe

Uit de recente review door de WHO (WHO, 2003) wordt erop gewezen dat NO₂ een sterke indicator is voor alle verkeersgerelateerde emissies en reactieproducten zoals ozon en PM. Door de complexe relatie tussen NO₂ en de andere luchtverontreinigende componenten kan een effect dat gevonden wordt voor NO₂, niet met redelijke zekerheid aan deze component worden toegeschreven. De WHO is daarom terughoudend om resultaten van epidemiologische studies voor NO₂ bij kwantitatieve risicoschattingen te gebruiken.

De review heeft geen nieuw wetenschappelijk bewijs opgeleverd dat aanscherping van de WHO richtlijnen voor deze component zou rechtvaardigen. De keuze voor de huidige richtlijn van de jaargemiddelde concentratie (40 µg/m³) is in het verleden al niet wetenschappelijk onderbouwd, het is een

³ Het is gebruikelijk om in epidemiologische studies de resultaten van de statistische analyses te presenteren in de vorm van Relative Risk (RR). De RR-waarde geeft uitdrukking aan het aantal extra ziekenhuisopnames of sterfgevallen dat is te verwachten bij een bepaalde toename van de daggemiddelde concentratie van een luchtverontreinigende component. (Is de RR=1,07, dan zal het aantal ziekenhuisopnames 7% hoger worden. Bij een RR<1 zal het aantal ziekenhuisopnames afnemen.)



min of meer arbitraire grenswaarde. Wel bleek uit studies dat er een verband was met longfunctie en ademhalings symptomen, echter bij veel hogere concentraties dan in de buitenlucht optreden. De WHO citerend:

“although there is no particular set of studies that clearly support the selection of a specific numerical value for an annual average guideline the database nevertheless indicates a need to protect the public from chronic nitrogen dioxide exposure”.

De motivatie voor het handhaven van de bestaande grenswaarde wordt vooral gevonden in het ontbreken van bewijs om een andere (lagere) waarde te introduceren:

“The new evidence does not provide sufficient information to justify a change in the guideline value. Given the role of NO₂ as a precursor of other pollutants and as a marker of traffic related pollution, there should be health benefits from meeting the current guidelines”.

Samenvattend kunnen we voor de gezondheidseffecten van NO₂ concluderen dat:

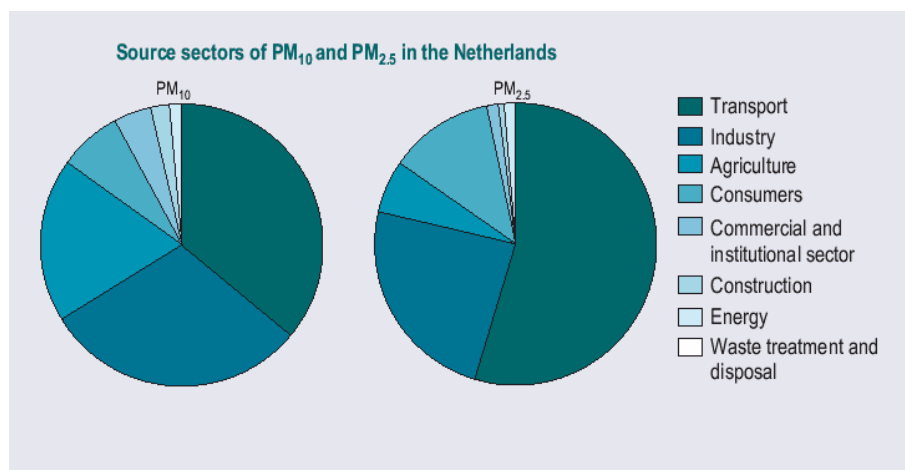
- er studies zijn waarin geconcludeerd wordt dat (hoge) NO₂ nadelige gevolgen voor de gezondheid heeft, al is de verwachting dat de effecten bij de actuele buitenluchtconcentraties moeilijk wetenschappelijk aangetoond kunnen worden;
- er geen overtuigend wetenschappelijk bewijs bestaat, dat (tijdelijke) overschrijding van de richtlijn voor de jaargemiddelde NO₂-concentratie een significante toename van de gezondheidsschade tot gevolg zal hebben;
- NO₂ een precursor is voor ozon en fijn stof (PM) en een indicator voor verkeersgerelateerde emissies waarvan wel duidelijke effecten op de gezondheid zijn aangetoond, zodat het stellen van grenswaarden aan NO₂-concentraties toch zinvol is. Reductie van de NO₂ concentratie zal bij de meeste maatregelen betekenen dat ook de hoeveelheid PM wordt gereduceerd;
- de huidige richtlijn van de jaargemiddelde concentratie (40 µg/m³) een tamelijk arbitraire norm is. Nieuwe informatie over de gezondheidseffecten van NO₂ heeft niet geleid tot aanscherping (of versoepeling) van de WHO-richtlijnen.

2.3.2 Gezondheidseffecten van fijn stof (PM_x)

Fijn stof is een van de meest zorgwekkende luchtverontreinigingscomponenten op nationaal en Europees niveau. In Figuur 5 is te zien dat de transportsector (wegverkeer, scheepvaart, vliegverkeer, etc.) de belangrijkste bronsector voor (antropogeen) PM is. De antropogene emissies van PM₁₀ (stofdeeltjes ruwweg < 10 µm) zijn voor meer dan 1/3 afkomstig van de transportsector, voor PM_{2,5} (stofdeeltjes ruwweg < 2,5 µm) is dit meer dan de helft. Uit epidemiologische studies over de gehele wereld blijkt dat er significante verbanden zijn tussen gezondheid en PM₁₀ en PM_{2,5}. Het vermoeden bestaat dat de ultrafijne fractie (< 0,1 µm) de meeste effecten veroorzaakt.

In de literatuur wordt onderscheid gemaakt tussen korte-termijneffecten (effecten na episodes van enkele dagen) en lange-termijneffecten (effecten na blootstelling gedurende meerdere jaren).

Figuur 5 Bronnen van PM₁₀ en PM_{2,5}-emissies in 1998 in Nederland



Bron: RIVM, 2002b

Korte-termijn effecten

Een tweetal grote studies heeft belangrijk bijgedragen aan betere schattingen voor de effecten van fijn stof:

- in Europa was dat de APHEA-studie (Air Pollution and Health, an European Approach), waarbij data van 21 steden is gebruikt. Bij een toename van de hoeveelheid PM₁₀ met 10 µg/m³ bleek het aantal sterftegevallen met 0,6% te stijgen. Ziekenhuisopnames voor astma en bronchitis van 65-plussers waren 1% hoger.
- in de Verenigde Staten is de National Mortality, Morbidity and Air Pollution Study (NMMAPS) uitgevoerd. In deze studie is data gebruikt van 20 grote steden in de VS. De resultaten waren vergelijkbaar met die in Europa (zie Tabel 9).

Tabel 9 Schattingen voor de effecten van PM₁₀ op het aantal sterfte gevallen en ziekenhuisopnames

Effect	APHEA2	NMMAPS	Meta-analyse
Toename in het aantal sterftegevallen per 10 µg/m ³ PM ₁₀ (oorspronkelijke resultaten)	0,6% (CI: 0,4-0,8)	0,44% (CI: 0,3-0,6)	
Toename in het aantal sterftegevallen per 10 µg/m ³ PM ₁₀ (resultaten na her-calculatie)	0,34 % (CI: 0,23-0,44)	0,25% (CI: 0,1-0,4)	0,4
Toename ziekenhuisopnames van 65+ voor bronchitis (APHEA2: bronchitis+ astma)	1% (CI: 0,4-1,5)	1,5 (CI: 1,0-1,9)	

Nieuwe schattingen van het aantal sterfgevallen, na her-analyse van deze studies waarbij de meest recente modellen zijn gebruikt, resulteren in beduidend kleinere effecten (RIVM, 2002b; EPA, 2002). Ook uit de meta-analyse (Stieb et al., 2003) waarin de data van een groot aantal studies opnieuw geanalyseerd is, blijkt dat de effecten kleiner zijn dan oorspronkelijk gedacht.

Lange-termijneffecten

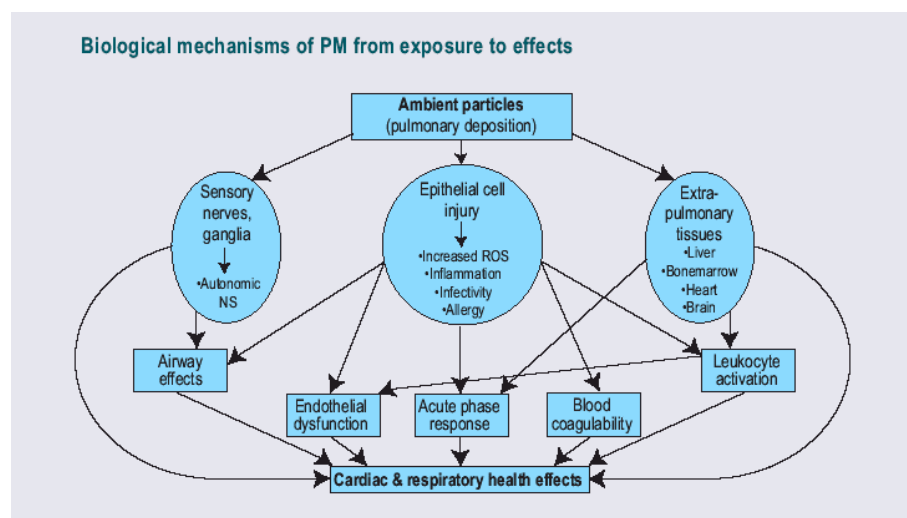
De schattingen voor de effecten van lange-termijnblootstelling zijn aanzienlijk hoger dan voor de korte termijn. In Künzli et al.(2000) zijn de resultaten gepubliceerd van een studie naar de verkeersgerelateerde effecten van PM₁₀ op de gezondheid in Oostenrijk, Frankrijk en Zwitserland. De geschatte toename van het aantal sterfgevallen per 10 µg/m³ PM₁₀ is 4,3% (95% be-

trouwbaarheidsinterval (CI) 2,6-6,1). Dit is dus bijna 10 keer zo hoog dan bij de korte-termijneffecten. Voor ziekenhuisopnames (ademhalingsziekten, hart- en vaatziekten) is de geschatte toename 1,3%. Ook in de VS en Canada zijn effecten van PM op longfunctie en bronchitis gevonden. Blootstelling aan PM wordt ook in verband gebracht met vertraagde groei van de longfunctie bij kinderen.

Epidemiologische studies voor zowel lange als korte termijn duiden op serieuze effecten van PM. Tot op heden kan dit echter niet met het biologische werkingsmechanisme worden onderbouwd. Aan de hand van veld- en laboratorium studies met dieren en mensen ontstaat wel meer inzicht, maar er is absoluut nog geen zekerheid over de verschillende mechanismen. Wel zijn er steeds meer aanwijzingen dat geïnhaleerd fijn stof effecten veroorzaakt die ontstekingen van de luchtwegen tot gevolg hebben.

Begrijpen hoe fijn stof het risico van hart en vaatziekten vergroot is veel lastiger. Er zijn veronderstellingen dat door de ontstekingen in de longen als gevolg van fijn stof, een cascade aan fysiologische reacties in gang wordt gezet, welke direct of indirect invloed heeft op het hart-longsysteem. Zo kunnen bijvoorbeeld bloedstolsels ontstaan, het centraal zenuwstelsel kan worden aangetast en er kunnen hartritme-stoornissen optreden (Acid Rain, 2001). Ook zijn er studies die een relatie leggen met longkanker. Figuur 6 geeft schematisch weer hoe fijn stof dat in de longen is achtergebleven, tot effecten op de gezondheid kan leiden.

Figuur 6 Werkingmechanismen van fijn stof



Bron: RIVM, 2002b.

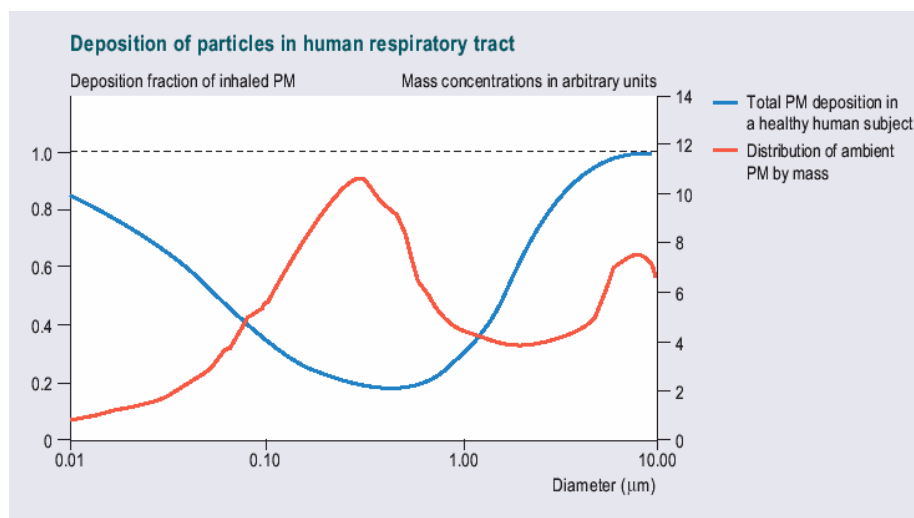
Het inzicht in causale factoren laat nog zeer te wensen over, maar er zijn aanwijzingen dat niet zozeer de massa per m^3 , maar *het aantal deeltjes*, *het oppervlak* en *chemische samenstelling* van belang zijn. De verwachting is dat de ultrafijne fractie ($<0.1\mu m$) afkomstig van verbrandingsprocessen de meeste effecten veroorzaken. De reden hiervoor is tweeledig:

- de fijne fractie kan verder doordringen in het longstelsel (waar de gas-uitwisseling plaats vindt) en kan doordringen tot in het longweefsel;
- het specifieke oppervlak van de ultrafijne fractie is veel groter, waardoor toxische stoffen gemakkelijker kunnen vrijkomen en dus de toxische werking sterk toeneemt.

Om deze redenen is het waarschijnlijk dat niet zozeer de massa fijn stof per m^3 maatgevend is voor gezondheidseffecten, maar eerder het aantal deeltjes per m^3 . In Figuur 7 is te zien dat het aantal deeltjes in de buitenlucht en ook het aantal dat in de longen achterblijft, snel toeneemt bij kleiner worden de diameters.

Uit studies is gebleken dat het aantal ultrafijne deeltjes een betere indicator is voor effecten op de gezondheid dan de massa van de deeltjes (ECN, 2001). Een indicator voor fijn stof op basis van het aantal deeltjes per m^3 wordt daarom genoemd als aanvulling of alternatief voor PM_{10} in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De fijne fractie ($<2,5 \mu\text{m}$) en vooral de ultrafijne fractie ($<0,15 \mu\text{m}$) neemt dan sterk in belang toe.

Figuur 7 Depositie van PM in het ademhalingssysteem en de verdeling ervan in de buitenlucht op basis van massa en aantal



Bron: RIVM, 2002b

Samenvattend zijn de conclusies met betrekking tot fijn stof (PM):

- de transportsector (scheepvaart, spoor- en wegverkeer, vliegverkeer, etc.) is in Nederland de belangrijkste bron van antropogeen PM;
- recente studies naar de effecten van PM op de gezondheid hebben het bestaande beeld dat PM ernstige gezondheidsschade kan veroorzaken versterkt;
- lange-termijneffecten zijn dominant, dus de jaargemiddelde concentratie is de belangrijkste graadmeter;
- op grond van nieuwe informatie heeft de WHO de richtlijnen voor PM aangescherpt;
- niet zozeer NO_2 , maar eerder PM kan verantwoordelijk worden gehouden voor de schadelijke gevolgen van verkeersgerelateerde emissies op de gezondheid;
- er is voor PM geen drempelwaarde waaronder geen gezondheidsschade verwacht hoeft te worden;
- het aandeel van verkeer in gezondheidsschade lijkt groter dan op grond van het aandeel in de PM_{10} -concentraties verwacht mag worden.

2.3.3 NO_2 versus PM_x en effecten van maatregelen

Uit voorgaande paragrafen is op te maken dat niet zozeer NO_2 , maar eerder PM verantwoordelijk moet worden gehouden voor de gezondheidseffecten

van verkeersgerelateerde emissies. Er worden in epidemiologische studies weliswaar verbanden gevonden tussen NO_2 en gezondheid, maar gezien de grote correlatie van NO_2 - met PM_{10} -concentraties, zijn in dergelijke analyses de effecten van NO_2 en PM_{10} niet goed te onderscheiden. Bovendien zijn de effecten van NO_2 bij buitenluchtconcentraties niet duidelijk aangetoond, terwijl dit bij PM_{10} wel het geval is. Verder behoort de verkeersgerelateerde PM tot de kleinere fractie ($< \text{PM}_{2,5}$ waaronder ook Black Smoke -roet- valt) en zoals eerder is aangegeven is het juist de fijnere fractie die de meeste effecten lijkt te veroorzaken. Dit is gebaseerd op het toenemende inzicht in de route waarlangs $\text{PM}_{2,5}$ biologische effecten kan veroorzaken.

NO_2 wellicht minst schadelijk (wel statistisch maar geen causaal verband tussen actuele concentraties en effecten);
 PM_{10} schadelijk (wel verband (ook mogelijk causaal) tussen actuele concentraties en effecten, geen drempelwaarde);
 $\text{PM}_{2,5}$ wellicht meest schadelijk (wel verband tussen actuele concentraties en effecten, geen drempelwaarde; relatief hoge relative risks gevonden).

Ook als we kijken naar de relatieve verhoging van de concentraties nabij wegen, zien we dat dit voor Black Smoke veel groter is dan voor NO_2 :

- de toename van de jaargemiddelde NO_2 -concentratie nabij een hoofdweg is in Hoek et al.(2002) 11 en $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ binnen respectievelijk 100 en 50 m, terwijl de achtergrondconcentratie gemiddeld over Nederland zo'n $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is;
- de toename van de jaargemiddelde BS-concentratie nabij een hoofdweg is in Hoek et al.(2002) 4,4 en $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ binnen respectievelijk 100 en 50 m, terwijl de achtergrondconcentratie gemiddeld over Nederland zo'n $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is.

Zoals al eerder opgemerkt heeft de WHO aangegeven tegen het gebruik te zijn van resultaten van epidemiologische studies bij kwantitatieve risicoschattingen als het gaat om NO_2 .

Maatregelen ter reductie van de NO_2 -concentratie *langs* het rijkswegennet kunnen vaak ook de lokale PM-concentraties doen afnemen als een meelift-effect.

Rekening houdend met de vormingsmechanismen van NO_2 uit NO_x en ozon (omzetting maximaal 50%), kunnen we stellen dat een reductie van bijvoorbeeld 10% in de NO_2 -concentratie een minstens dubbele *relatieve* reductie van de hoeveelheid PM kan betekenen bij sommige maatregelen! Maar omdat het aandeel PM_{10} van verkeer veel geringer is dan het aandeel NO_2 van verkeer, is de absolute PM_{10} reductie veel kleiner dan van NO_2 . Daarentegen kan het aandeel ultrafijne deeltjes *zowel relatief en absoluut* door deze maatregelen weer veel sterker afnemen. Het effect is overigens sterk afhankelijk van *de aard* van de maatregel.

Uit het voorgaande blijkt, dat het feitelijk beter is de effecten van maatregelen te schatten op basis van de verwachte reductie in de PM_{10} (liever nog $\text{PM}_{2,5}$) concentratie. Tabel 10 geeft de RR-waarden die eventueel te gebruiken zijn voor de schatting van de effecten van maatregelen. De maatregelen zijn er op gericht om op korte termijn (2010) de concentraties en daarmee de effecten van verkeersemissies te verlagen.

Indien men wil focussen op de korte-termijneffecten, dan dient men voor de berekening van het aantal vroegtijdige sterftegevallen de RR-waarde

voor korte-termijneffecten te hanteren (waarde afkomstig uit de meta-analyse). Indien men wil focussen op de langetermijneffecten, dan dient men voor de berekening van het aantal vroegtijdige sterftegevallen de RR-waarde voor lange-termijneffecten te hanteren. Anders gezegd: lange-termijneffecten zijn tien keer ernstiger. Maatregelen gericht op korte-termijneffecten laten sneller resultaat zien maar zijn tien maal minder effectief.

Tabel 10 Relative risk-waarden van PM₁₀ voor de schatting van de effecten van maatregelen

Effect	RR-waarden PM ₁₀	referentie	Opmerkingen
Vroegtijdige sterfte t.g.v. kortdurende piekconcentraties	0,4%	Stieb et al.(2003)	per 10 µg/m ³ toename in PM ₁₀ concentratie
Vroegtijdige sterfte t.g.v. lange-termijneffecten	4,3 %	Künzli et al. (2000)	per 10 µg/m ³ toename in PM ₁₀ concentratie
Ziekenhuisopnames	1%	WHO (2003)	per 10 µg/m ³ toename in PM ₁₀ concentratie APHEA2

Reductie NO₂-emissies toch zinvol

Afgezien van het feit dat NO₂ op zichzelf niet erg toxisch is, blijft het zoals al eerder is opgemerkt erg zinvol om de emissies van deze component te reduceren. De NO₂-concentratie is namelijk indirect wel van belang, omdat het een precursor is van secundair PM_{2,5} en van ozon.

2.3.4 Effecten van uitstel van de NO₂-normen tot 2015

In de recent uitgebrachte notitie van RIVM (RIVM, 2003) zijn berekeningen gemaakt van NO₂-concentraties langs de snelwegen in Nederland voor 2001, 2010 en 2015. De verwachting is dat tussen 2001 en 2010 de concentraties langs de snelwegen aanmerkelijk zullen dalen door lagere achtergrondniveaus en lagere uitstoot door het verkeer. Tussen 2010 en 2015 is slechts een geringe verdere daling te verwachten. Op basis van nu bekende maatregelen zal een verdere verlaging van de emissiefactoren van verkeer worden gecompenseerd door de toename van de intensiteit van het wegverkeer. Doordat ook de achtergrondconcentratie nog licht daalt (ca. 2 µg/m³), is in deze periode toch nog een kleine verbetering te verwachten.

Er zijn voor zowel 2010 als 2015 twee scenario's gebruikt waarbij in elk scenario een boven- en een ondermarge is aangegeven. Afhankelijk van het scenario komt RIVM tot resultaten voor 2010 en 2015 met een forse spreiding (zie Tabel 11).

Tabel 11 Ontwikkeling in belangrijkste grootheden

Grootheid	2001	2010	2015
NO ₂ -totaal [µg/m ³]	±55	38-41	36-39
NO ₂ -achtergrond [µg/m ³]	±37	26-29	25-28
NO ₂ -wegbijdrage [µg/m ³]	±20	13	12-13
aantal woningen in overschrijdingsgebieden	> 300.000	100-3000	15-1500
km's snelweg met overschrijding op 25 m	500	120-220	90-160

Bron: RIVM, 2003



Uit de getallen de bovenstaande tabel blijkt dat het aantal woningen in overschrijdingsgebieden in 2010 is gereduceerd tot minder dan 1% van het huidige aantal woningen, uitgegaan van het minst gunstige scenario. Als gevolg van bekende maatregelen is dit in 2015 minder dan 0,5%. Zouden de jaar-gemiddelde concentraties in 2010 een paar $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lager uitvallen, dan kan wellicht aan de richtlijnen worden voldaan.

Vanuit de wetenschap dat de NO_2 -concentraties binnenshuis door koken veel hoger kunnen oplopen dan de concentraties als gevolg van het verkeer, en bovendien geen of slechts geringe effecten zijn aangetoond bij concentraties die vele malen hoger liggen dan de buitenluchtconcentraties, zal een verdere verlaging van de NO_2 -concentratie op zich geen significante verbetering van de gezondheidseffecten te zien geven. Wel kunnen er gezondheidseffecten optreden doordat geassocieerde (secundaire) PM-concentraties ook afnemen.

Reduceren van de NO_2 -emissies is waarschijnlijk pas effectief (vanuit gezondheidsoogpunt gezien) indien daardoor ook de PM-concentratie daalt.

Daarnaast hangt het af van het type maatregelen dat wordt getroffen of er verbetering zal optreden voor de volksgezondheid. Maatregelen op knelpunten door bijvoorbeeld het slopen van woningen, schermen te plaatsen of wegen in tunnels te leggen, zullen relatief weinig winst opleveren. De maatregelen geven immers geen emissiereducties maar verplaatsen de emissies naar elders (als daar minder mensen worden blootgesteld, kan dit toch een positief effect opleveren). Zijn de maatregelen echter gericht op het terugdringen van de emissies (bronbeleid) in plaats van het verschuiven ervan, dan is er meer winst voor de volksgezondheid te verwachten.

Lokale maatregelen zonder emissiereductie (zoals afscherming) *verplaatsen* de immissies; alleen als de blootstelling daarmee ook afneemt (er worden minder mensen blootgesteld) is hier een positief gezondheidseffect van te verwachten.

Al met al kunnen we concluderen dat uitstel van de normering voor NO_2 van 2010 naar 2015, ook rekening houdend met de onzekerheden op dit moment, volgens de huidige inzichten alleen van invloed is op de volksgezondheid, wanneer de maatregelen gericht zijn op emissiereductie en dan vooral indien de PM-concentraties gelijktijdig afnemen.

2.3.5 Onzekerheden in de gezondheidseffecten

De berekende gezondheidseffecten zijn geen harde getallen; de onzekerheden in dit soort studies zijn groot. Afgezien van meetfouten bij de bepaling van de NO_2 - en PM_{10} -concentraties, worden de onzekerheden in de effecten vooral bepaald door:

- onzekerheden in de "Relative Risk" waarden;
- onzekerheden in de verspreidingsmodellering;
- onzekerheden in de berekening van het aantal blootgestelden boven normconcentraties.

Onzekerheden in de "Relative Risk" waarden

Belangrijke factoren die mede bepalend zijn voor de uitkomst van de schatting voor de RR-waarden zijn o.a.:

- kwaliteit van de medische data;
- lengte van de gebruikte tijdreeks;

- herkennen en uitfilteren van de cruciale “confounders” (variabelen als griep epidemieën, temperatuur etc. die eveneens van invloed zijn op de gezondheid en de invloed van luchtverontreiniging kunnen vertroebelen);
- toegepaste statistische methodiek;
- lokale situatie, meteorologisch en ten aanzien van de mix van luchtverontreinigende componenten.

Verschillende studies duiden wel vrijwel allemaal op effecten, maar de onderlinge verschillen kunnen aanzienlijk zijn. De eerder genoemde “Meta-Analysis” (Stieb et al., 2003) laat een spreiding zien die soms aanzienlijk is. Ook aan het betrouwbaarheidsinterval van grootschalige studies als APHEA2 en NMMAPS (zie Tabel 9) is te zien dat de waarden niet erg “hard” zijn. De gegeven risicofactoren zijn de beste schattingen op dit moment, maar lenen zich niet voor nauwkeurige effectberekeningen.

Onzekerheden in de verspreidingsmodellen

In het bijbehorende deelrapport “Modellen onder de loep” (KEMA/CE, 2003) is uitgebreid op de onzekerheid van de rekenmodellen ingegaan. Er kan gesteld worden dat de verspreidingsmodellen, vooral door onzekerheid in de invoerparameters, een onzekerheid in de uitkomsten zullen kennen van enige tientallen procenten. Dat betekent dat indien een jaargemiddelde concentratie van bijvoorbeeld $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is berekend, er geen zekerheid is dat het werkelijke jaargemiddelde hoger zal zijn dan $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Daarvoor zijn lokale factoren te veel bepalend voor wat in werkelijkheid gebeurt. Te denken valt aan lokaal afwijkende samenstellingen van verkeersstromen, invloeden van bebouwing of aanwezige andere lokale bronnen zoals scheepvaart.

Onzekerheden in de berekening van het aantal blootgestelden boven norm-concentraties

Het aantal blootgestelden wordt dikwijls bepaald door het aantal woningen te vermenigvuldigen met een aangenomen gezinssamenstelling. Lokale afwijkingen van bewonersdichtheden vormen een bron van onzekerheid. Daarnaast is de bevolkingssamenstelling ook van belang: het risico op gezondheidseffecten is in het algemeen afhankelijk van diverse kenmerken van de bevolkingssamenstelling (bijvoorbeeld naar leeftijd).

2.4 Bijdragen van bronnen aan de concentraties

De totale concentratie van NO_2 en PM_{10} is samengesteld uit de bijdragen van het snelwegverkeer op het knelpunt en die van de achtergrondbronnen (snelwegverkeer buiten het knelpunt, wegverkeer op overige wegen, overig verkeer, industrie, etc.). In deze paragraaf presenteren we een gekwantificeerde schatting van beide bijdragen. Hieronder leggen we kort uit op welke wijze deze schatting tot stand komt. In bijlage C behandelen we de methodiek stap voor stap.

2.4.1 Een representatief voorbeeldknelpunt als indicatie

Als eerste stap in de kwantificering van de bijdragen van de hiervoor besproken broncategorieën definiëren we hier een representatief voorbeeldknelpunt. We maken daarbij gebruik van gegevens over drie bestaande knelpunten. Dit zijn:

- de A9 bij Badhoevedorp;
- de A12 bij Voorburg;
- de A13 bij Overschie.

In de onderstaande tabel zijn voor deze knelpunten de berekende concentraties van NO₂ en PM₁₀ op 50 en 200 van de weg-as samengevat. De concentraties voor de A9 en A12 gelden voor het zichtjaar 2010 en zijn door TNO berekend met behulp van het TNO verkeersmodel (Metz, 2003, pers.comm). De gegevens voor de A13 zijn ontleend aan metingen door TNO in het jaar 2002 (TNO, 2003).

Tabel 12 Concentraties van NO₂ en PM₁₀ (in µg/m³) naar functie van de wegafstand bij 3 knelpunten. De positieve afstanden gelden ten oosten van de weg, de negatieve voor de westkant. Aangegeven is ook de bijdrage (in %) van het snelwegverkeer in de totale concentratie. Deze is bepaald uit het verschil van de afstandsafhankelijke concentratie met de achtergrondconcentratie

Knelpunt	Achtergrondconcentratie (µg/m³)	Concentratieniveau's (µg/m³)				Bijdrage snelwegverkeer (%)			
		-200m	-50m	50m	200m	-200m	-50m	50m	200m
NO ₂									
A12 Voorburg	31,2	34,5	39,1	41,8	35,8	10	20	25	13
A9 Badhoevedorp	34,2	37,7	41.6	43.6	38.7	9	18	22	12
A13 Overschie	32			54	42			41	24
PM ₁₀									
A12 Voorburg	31,6	32.0	33.3	33.6	32.1	1	5	6	2
A9 Badhoevedorp	31,5	32.2	33.3	33.8	32.4	2	5	7	3
A13 Overschie	28			35	29			20	3

Bron: TNO, 2003 en Metz, 2003, pers. comm.

Uit de tabel blijkt dat bij Voorburg en Badhoevedorp de bijdrage van het snelwegverkeer in de totale NO₂-concentratie varieert van ca. 10 µg/m³ vlak naast de snelweg tot ca. 4 µg/m³ op 200 m afstand van de weg-as. Voor PM₁₀ verloopt dit van ca. 2 µg/m³ vlak naast de snelweg tot ca. 0,7 µg/m³ op 200 m afstand van de weg-as.

Overschie blijkt een nijpend knelpunt. Daar is de bijdrage van het verkeer aan de NO₂-concentraties ca. 2 maal hoger (op afstanden van 50 en 200 m ten oosten van de weg-as, voor de westelijke kant ontbreken meetgegevens). Voor PM₁₀ is het verschil op 50 vanaf de weg-as zelfs een factor 3. Op 200 m afstand is de bijdrage van het verkeer aan de PM₁₀-concentratie echter vergelijkbaar met die bij Voorburg en Badhoevedorp.

We moeten echter niet vergeten dat in het jaar 2010 de situatie bij Overschie naar alle waarschijnlijkheid minder nijpend is doordat het verkeer in de tussentijd schoner is geworden door generiek beleid (strengere Europese emissienormen). De groei van het verkeersvolume in de tussentijd kan dit effect overigens weer deels tenietdoen.

Op basis van de bovenstaande drie knelpunten hanteren we daarom de volgende eigenschappen voor ons voorbeeldknelpunt (zie Tabel 13). We benadrukken nogmaals dat het hier gaat om een rekenvoorbeeld om gevoel te krijgen voor de bijdragen van de verschillende bronnen. We beschouwen hier niet de andere eigenschappen van knelpunten zoals ligging van de weg, aanwezigheid van schermen en de locatie van woningen.

Tabel 13 Eigenschappen van het voorbeeldknelpunt dat gebruikt wordt voor de kwantificering van de bijdrage van bronnen en de potentie van maatregelen die deze bronnen aanpakken

Eigenschappen van het voorbeeldknelpunt	Concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	NO ₂	PM ₁₀
Achtergrondconcentratie	30	29
Bijdrage snelwegverkeer	15	3
Totale concentratie op knelpunt (50 m vanaf de weg-as)	45	32
Grenswaarde Besluit Luchtkwaliteit (2010)	40	20 (indicatief)
Overschrijding van de grenswaarde	5	12

De achtergrondconcentratie van 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor PM₁₀ is daarbij ontleend aan RIVM (2002b), welke deze schatting geven als prognose voor het jaar 2010.

In de volgende paragrafen presenteren we de gekwantificeerde bijdragen van de broncategorieën uit paragraaf 2.2 aan de NO₂- en PM₁₀-concentraties op ons voorbeeldknelpunt. Voor het verkeer splitsen we deze bijdrage uit naar voertuigtype en milieuklasse. Dit zijn namelijk belangrijke onderscheidingscriteria voor maatregelen die aangrijpen op de bron (het wegverkeer).

2.4.2 Beknopte uitleg van de schattingsmethodiek

De schatting van de bijdragen van het snelwegverkeer op het knelpunt en die van de achtergrondbronnen is in grote lijnen als volgt opgebouwd:

- de bijdragen van de verschillende hoofdcategorieën van bronnen (verkeer, industrie, huishoudens, buitenland, etc.) zijn rechtstreeks ontleend aan inschattingen door het RIVM voor het jaar 2010 voor deze bijdragen. Voor NO₂ staan deze bijdragen vermeld in Tabel 34 en voor PM₁₀ in Tabel 36 van bijlage C;
- de bijdragen van de verschillende voertuigcategorieën binnen de categorie wegverkeer zijn gebaseerd op de per bouwjaar geprognosticeerde *emissies* van de verschillende voertuigtypen. Deze prognoses zijn door het RIVM gebruikt t.b.v. de herziene referentieraming en aan ons beschikbaar gesteld (Hoen, 2003, pers. comm.). Vervolgens hebben we de emissiegegevens per bouwjaar omgerekend naar emissies per milieuklasse alsmede verdeeld over emissies op de snelweg en overige wegen.

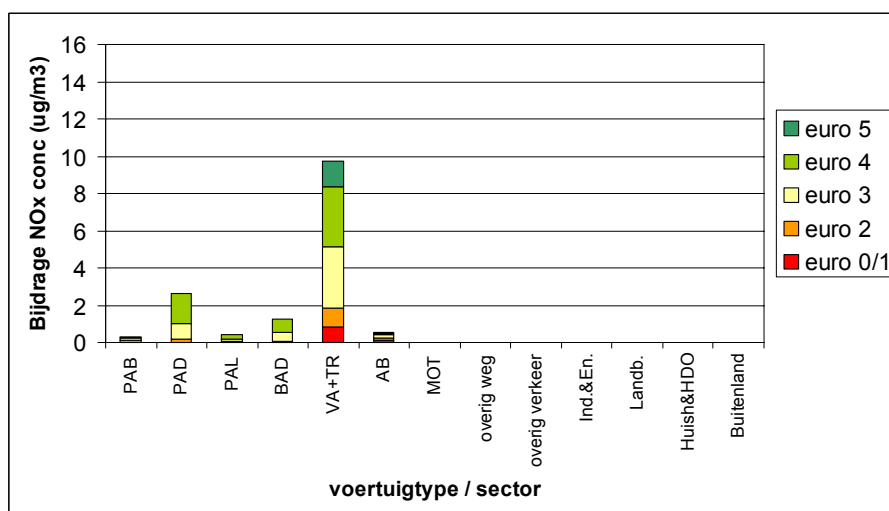
Het kernpunt is vervolgens dat we aannemen dat de bijdragen aan de *concentraties* van NO₂ en PM₁₀ op dezelfde manier verdeeld zijn als de aandelen in de emissies. Als bijvoorbeeld een bepaald type voertuig voor 20% deel heeft aan de totale NO_x-emissie, dan veronderstellen we dat dit type voertuig ook voor 20% bijdraagt aan de concentratie van NO₂ in het knelpunt (zie Tabel 13).

Bijlage C licht de berekeningen verder toe. Het zij nogmaals vermeld dat deze kwantificering een indicatief karakter heeft.

2.4.3 NO₂-bijdrage van het snelwegverkeer op het knelpunt

Als eerste beschouwen we de bijdrage van het snelwegverkeer op ons voorbeeldknelpunt aan de totale NO₂-concentratie op dat knelpunt. Deze bijdrage is gevisualiseerd in Figuur 8.

Figuur 8 Bijdrage van snelwegverkeer op het voorbeeldknelpunt aan de totale concentratie van NO₂ bij dat knelpunt (in µg/m³).



Legenda:

PAB = personenauto op benzine; PAD = personenauto op diesel; PAL = personenauto op LPG; BAD = bestelauto op diesel; VA = vrachtauto; TR = trekker; AB = autobus; MOT = motor; Ind.& En. = industrie en energievoorziening; landb. = landbouw; Huish.& HDO = huishoudens en Handel, diensten en overheid. Zie ook bijlage C voor bronnen.

Het blijkt dat van de 15 µg/m³ die het snelwegverkeer op ons voorbeeldknelpunt bijdraagt aan de totale concentratie van NO₂ (zie Tabel 13) ongeveer tweederde voor rekening komt van het vrachtverkeer (VA+TR)⁴. Een vijfde deel daarvan (ca. 2 µg/m³) is daarbij afkomstig van vrachtauto's die (in het zichtjaar 2010) 10 jaar of ouder zijn (Euro 0 t/m 2). Naast het vrachtverkeer blijken vooral personenauto's en bestelauto's op diesel (PAD en BAD) bij te dragen aan de NO₂-concentratie. In het bovenste deel van Tabel 14 zijn deze cijfers na te lezen.

⁴ Op specifieke knelpunten kan het aandeel van vrachtverkeer, maar ook andere voertuigen, afwijken. Analyse van de samenstelling van het verkeer ter plaatse kan hierin aanvullend inzicht verschaffen. Ons 'standaard' knelpunt geeft een landelijk gemiddelde weer.

Tabel 14 Bijdrage van snelwegverkeer op het voorbeeldknelpunt(bovenste deel) en achtergrondbronnen (onderste deel, dit bevat voor de wegvoertuigen de bijdrage door emissies op alle binnenlandse wegtypen) aan de totale concentratie van NO₂ bij dat knelpunt (alles in µg/m³)

NO ₂	PAB	PAD	PAL	BAD	VA+TR	AB	MOT	overig weg	overig verkeer	Ind.&En.	Landb.	Huish&H DO	Buiten- land
Bijdrage van snelwegverkeer aan concentratie													
Euro 0/1	0,03	0,03	0,03	0,01	0,85	0,14		0,00					
Euro 2	0,10	0,18	0,05	0,03	1,0	0,12		0,00					
Euro 3	0,11	0,80	0,09	0,50	3,3	0,16		0,00					
Euro 4	0,07	1,6	0,25	0,70	3,2	0,08		0,00					
Euro 5					1,4	0,04		0,00					
totaal	0,31	2,6	0,42	1,2	9,7	0,53	0,04	0,13					
totaal gen.								15					0
Bijdrage aan de achtergrondconcentratie (voor wegverkeer: door emissies op alle wegtypen)													
Euro 0/1	0,04	0,02	0,02	0,01	0,47	0,11		0,00					
Euro 2	0,15	0,15	0,03	0,03	0,56	0,10		0,00					
Euro 3	0,16	0,68	0,06	0,40	1,8	0,12		0,00					
Euro 4	0,10	1,4	0,17	0,56	1,8	0,06		0,01					
Euro 5					0,73	0,03		0,00					
totaal	0,45	2,2	0,28	0,99	5,3	0,42	0,05	0,27	4,4	2,0	5,3	2,7	5,7
totaal gen.								10					20

NB: voor uitleg van gebruikte afkortingen zie de legenda onder Figuur 8. Voor toelichting op de berekening en bronvermelding zie bijlage C.

2.4.4 NO₂-bijdrage van de achtergrondbronnen

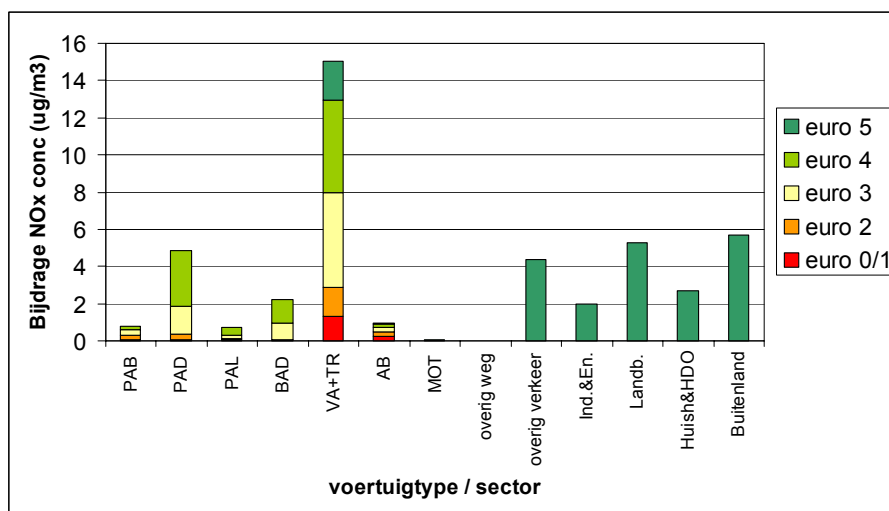
Naast het snelwegverkeer leveren ook achtergrondbronnen een belangrijke bijdrage aan de totale concentratie van NO₂ op een knelpunt. Bij ons voorbeeldknelpunt bedraagt deze bijdrage in totaal 30 µg/m³ (zie Tabel 13). In paragraaf C.4.1 wordt uiteengezet dat een derde (dus ca. 10 µg/m³) van deze bijdrage afkomstig is van het binnenlands wegverkeer. Dit is dus de bijdrage die afkomstig is van de emissies van het wegverkeer op *alle* wegtypen (snelweg, stad en overige wegen). De overige 20 µg/m³ is afkomstig van het overige verkeer (scheepvaart, spoor, etc.), industrie, landbouw, huishoudens en het buitenland (incl. verkeer in het buitenland).

Met generieke maatregelen is in principe op twee fronten winst te halen:

- 1 Bij het binnenlands wegverkeer in het algemeen (max. 15 µg/m³), en
- 2 het snelwegverkeer op het knelpunt (max 10 µg/m³).

Het theoretisch maximaal potentieel (als we alle wegverkeer in ons land stopzetten) bedraagt bij ons voorbeeldknelpunt 15+10 = 25 µg/m³. In Figuur 9 is dit totaal (achtergrondbijdrage verkeer + bijdrage snelwegverkeer op het knelpunt) aangegeven. Dit betreft dus de som van het bovenste deel en het onderste deel van Tabel 14.

Figuur 9 Som van de bijdrage van snelwegverkeer op een knelpunt en de bijdrage van de achtergrondconcentratie (waarin de bijdrage van alle binnenlands wegverkeer op alle wegtypen) aan de totale concentratie van NO₂ bij dat knelpunt (alles in µg/m³)

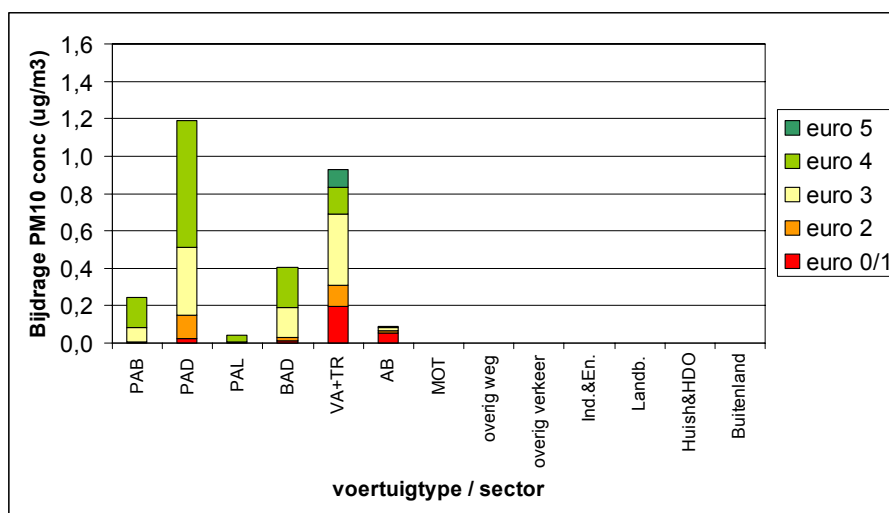


NB: voor uitleg van gebruikte afkortingen zie de legenda onder Figuur 8

2.4.5 PM₁₀-bijdrage van het snelwegverkeer op het knelpunt

De bijdrage aan de totale PM₁₀-concentratie van het snelwegverkeer op ons voorbeeldknelpunt is uitgesplitst naar voertuigtype en Euro-klasse en afgebeeld in Figuur 10.

Figuur 10 Bijdrage van snelwegverkeer op een knelpunt aan de totale concentratie van PM₁₀ bij dat knelpunt (in µg/m³)



NB: voor uitleg van gebruikte afkortingen zie de legenda onder Figuur 8

Het blijkt dat van de 3 µg/m³ die het totale snelwegverkeer bijdraagt aan de concentratie op ons voorbeeldknelpunt (zie Tabel 13) ongeveer 40% voor rekening komt van de personenauto op diesel (PAD). Het vrachtverkeer

(VA+TR) draagt ca. 30% bij. Overigens blijkt het aandeel van oude vrachtauto's (Euro 0 t/m Euro 2) groter dan dat van de oude diesel-personenauto. De cijfers staan samengevat in Tabel 15.

Tabel 15 Bijdrage van snelwegverkeer op het voorbeeldknelpunt (bovenste deel) en achtergrondbronnen (onderste deel, dit bevat voor de wegvoertuigen de bijdrage door emissies op alle binnenlandse wegtypen) aan de totale concentratie van PM₁₀ bij dat knelpunt (alles in µg/m³)

PM ₁₀	PAB	PAD	PAL	BAD	VA+TR	AB	MOT	Overig weg	overig verkeer	Ind.&En.	Landb.	Huish&H DO	Buiten- land
Bijdrage van snelwegverkeer op knelpunt aan concentratie													
Euro 0/1	0,00	0,03	0,00	0,01	0,20	0,05		0,00					
Euro 2	0,01	0,13	0,00	0,02	0,11	0,01		0,00					
Euro 3	0,07	0,36	0,01	0,16	0,38	0,02		0,00					
Euro 4	0,16	0,68	0,03	0,21	0,14	0,00		0,00					
Euro 5					0,10	0,00		0,00					
totaal	0,24	1,2	0,04	0,41	0,93	0,09	0,08	0,02					
totaal gen.								3					0
Bijdrage aan de achtergrondconcentratie (voor wegverkeer: door emissies op <i>alle</i> wegtypen)													
Euro 0/1	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,01		0,00					
Euro 2	0,00	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00		0,00					
Euro 3	0,02	0,10	0,00	0,06	0,07	0,01		0,00					
Euro 4	0,05	0,18	0,01	0,07	0,03	0,00		0,00					
Euro 5					0,02	0,00	0,04	0,00					
totaal	0,07	0,32	0,01	0,14	0,18	0,03	0,04	0,02	0,50	0,50	1,1	0,60	7,6
totaal gen.								0,8					10

NB: Bij de totalen van de achtergrondconcentratie (het onderste deel in de bovenstaande tabel) dient het deel van de achtergrondconcentratie dat wordt veroorzaakt door de niet-antropogene bronnen (18 µg/m³) te worden opgeteld om tot de totale achtergrondconcentratie van ca. 29 µg/m³ te komen (dus 18+10,3+0,8 = 29). Voor uitleg van gebruikte afkortingen zie de legenda onder Figuur 8. Voor toelichting op de berekening en bronvermelding zie bijlage C.

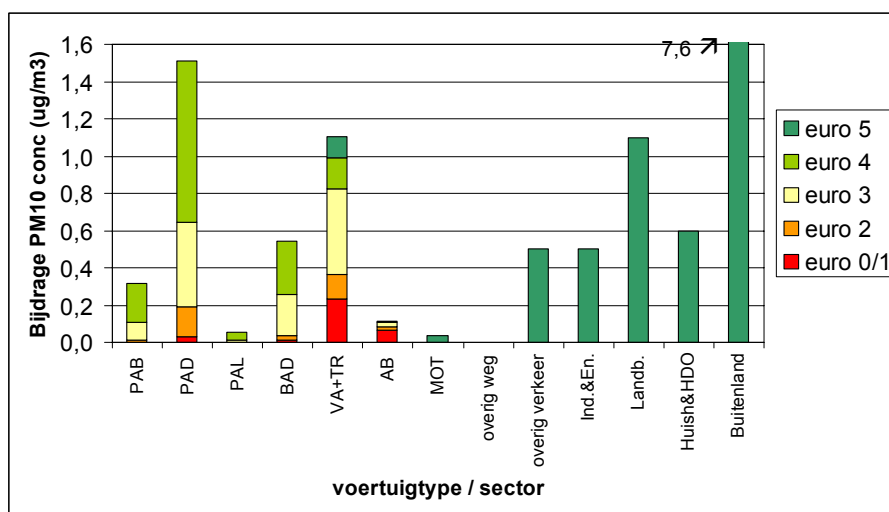
2.4.6 PM₁₀-bijdrage van de achtergrondbronnen

De achtergrondbronnen blijken een zeer belangrijke bijdrage te leveren aan de totale concentratie PM₁₀ op het voorbeeldknelpunt (ca. 29 µg/m³; zie Tabel 13). Het leeuwendeel van de achtergrondconcentratie (ca. 18 µg/m³) bestaat uit de bijdrage van niet-antropogene (natuurlijke) bronnen. Van de antropogene bronnen (in totaal ca. 11 µg/m³) is 7,6 µg/m³ afkomstig uit het buitenland.

In paragraaf C.4.2 wordt uiteengezet dat slechts ca. 0,8 µg/m³ afkomstig is van het binnenlands wegverkeer. Het overige binnenlandse verkeer (scheepvaart, spoor, etc.) draagt nog eens 0,5 µg/m³ bij. De rest wordt bijgedragen door de overige binnenlandse economische sectoren (industrie, landbouw, huishoudens etc.).

We zien dus dat we met generieke maatregelen bij het binnenlands wegverkeer in theorie maximaal 3,8 µg/m³ van de totale concentratie op ons voorbeeldknelpunt kunnen afhalen. In Figuur 11 is dit totaal (achtergrondbijdrage + bijdrage snelwegverkeer) aangegeven. Dit betreft dus de som van het bovenste deel en het onderste deel van Tabel 15.

Figuur 11 Som van de bijdrage van snelwegverkeer op een knelpunt en de bijdrage van de achtergrondconcentratie (waarin de bijdrage van alle binnenlands wegverkeer op alle wegtypen) aan de totale concentratie van PM₁₀ bij dat knelpunt (alles in µg/m³)



NB: voor uitleg van gebruikte afkortingen zie de legenda onder Figuur 8.

2.4.7 Onzekerheden in de bronbijdragen

In bovenstaande berekeningen is een aantal aannames gebruikt. Deze aannames introduceren de volgende onzekerheden in de uitkomsten.

- Er bestaan grote variaties in knelpunten. Hierboven berekenden we de bijdragen van verschillende bronnen aan de concentraties in één voorbeeldknelpunt. Daarbij pasten we een voor 2010 verwachte landelijk gemiddelde verkeerssamenstelling toe. Lokaal kan de samenstelling echter sterk afwijken (bijvoorbeeld een groter aandeel vrachtverkeer op belangrijke distributieroutes). Ook kunnen lokale en regionale bronnen (industrie) de achtergrondconcentratie lokaal sterk beïnvloeden.
- Voor de berekeningen nemen we aan dat de bijdrage van een voertuig aan de concentratie van NO₂ gelijk is aan zijn aandeel in de emissies van NO_x. De verhouding NO/NO₂ in de uitlaatgassen van voertuigen kan echter variëren. Uit recent onderzoek (Hoen, 2003, pers. comm.) blijkt dat er bij dieselauto's met een oxidatiekatalysator (personen- en bestelauto's) veel meer (ca. 30-50%) NO₂ geëmitteerd wordt dan tot nu toe werd aangenomen (5%).
- Bij de verdeling van de landelijke emissies over achtergrond- en snelwegemissies bestaan onzekerheden. Deze zitten in de verdeling van de verkeersprestatie van voertuigen over de verschillende wegtypen, maar ook in een verschil in leeftijdsopbouw van het verkeer op snelwegen: snelwegverkeer bestaat over het algemeen uit nieuwere (en dus schonere) voertuigen dan het gemiddelde wagenpark.
- Bij de afbeelding van bouwjaren op Euro-klassen is een aantal aannames gedaan. Deze leiden tot onzekerheden die beschreven zijn in bijlage C. De aannames zijn echter zo gekozen dat de onzekerheden beperkt worden tot een minimum.

Samenvattend zien we een aantal onzekerheden in de berekende bijdragen van verschillende bronnen aan de concentraties van NO₂ en PM₁₀ op het voorbeeldknelpunt. In de werkelijkheid kunnen deze bijdrages op andere

knelpunten verschillen van die op het voorbeeldknelpunt. Het voorbeeldknelpunt dient daarom niet als de unieke representatie van alle bestaande knelpunten, maar als een representatief voorbeeld. De berekeningen vormen daarom een indicatie van hoe de luchtkwaliteit op knelpunten wordt beïnvloed.

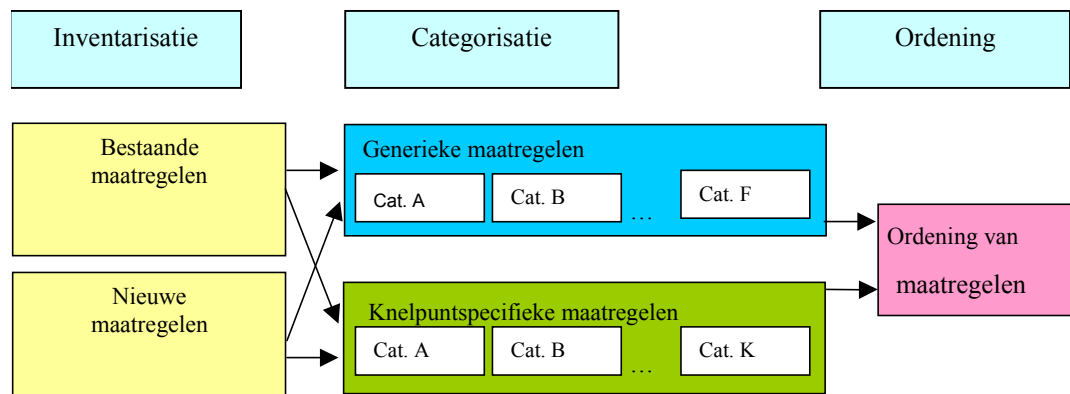


3 Inventarisatie, categorisatie en ordening van maatregelen

3.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk hebben we een beeld gekregen van de bijdragen van de verschillende bronnen aan de luchtkwaliteit bij knelpunten rond snelwegen. In dit hoofdstuk presenteren we een inventarisatie, categorisatie en ordening van maatregelen om de luchtkwaliteit te verbeteren. Tijdens een workshop in het kader van dit onderzoek is een groot aantal mogelijke maatregelen naar voren gekomen (zie bijlage D.2). Het proces van inventarisatie, categorisatie en ordening van maatregelen wordt samengevat in het schema in Figuur 12.

Figuur 12 Schematisch overzicht van het proces van inventarisatie, categorisatie en ordening van maatregelen

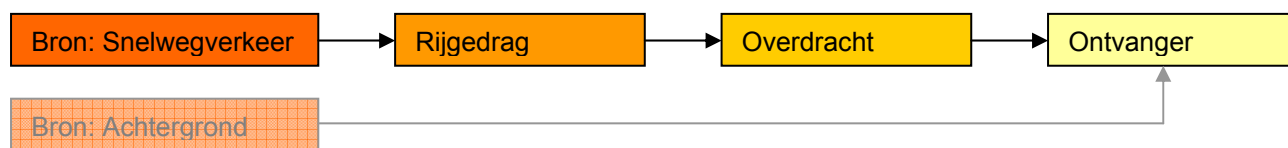


3.2 Inventarisatie aan de hand van bron-effect keten

Een belangrijk doel van het VIPL is het verkrijgen van een zo volledig mogelijk overzicht van mogelijke maatregelen om de luchtkwaliteit rond verkeerswegen te verbeteren. Naast bestaande overzichten van maatregelen en de inbreng van AVV, DWW en CE/KEMA, hebben we ook de kennis en het voorstellingsvermogen van een brede groep betrokkenen en experts benut om een breed palet aan maatregelen te verkrijgen. Hiertoe is onder andere een speciale workshop gehouden.

Tijdens deze workshop concentreerden we ons in twee brainstormsessies op het genereren van zoveel mogelijk nieuwe (innovatieve) maatregelen om de luchtkwaliteit rond verkeerswegen te verbeteren. Daarbij zijn we uitgegaan van de broneffect keten. De onderstaande Figuur 13 vat deze samen.

Figuur 13 Schematisch weergave van de broneffectketen



De broneffectketen geeft de schakels weer vanaf de bronnen van de luchtverontreiniging tot aan de ontvanger. Elk van de schakels in die keten kan dienen als aangrijpingspunt voor maatregelen. Zo zijn er maatregelen te bedenken die de omvang en sterkte van bronnen aanpakken, maar ook die het snelwegverkeer, eenmaal op het knelpunt rijdend, zo 'schoon' mogelijk laten rijden door een verandering van het rijgedrag te bewerkstelligen. Verderop in de keten kunnen maatregelen de overdracht van snelwegemissies richting de ontvanger (de omwonenden) bemoeilijken of de ontvanger uit de gevaarzone (ver)plaatsen. Naast de blootstelling aan de emissies van het snelwegverkeer via de bovenstaande broneffectketen ondervindt de ontvanger ook de gevolgen van de heersende achtergrondconcentratie. In Figuur 13 is dit ook aangegeven.

In totaal resulteerde de workshop in een lijst van ongeveer 130 maatregelen ter verbetering van de luchtkwaliteit langs snelwegen (zie bijlage B). Om enige orde in deze lijst aan te brengen en daarmee de beoordeling en vergelijking van maatregelen te vergemakkelijken hebben we deze ondergebracht in categorieën.

3.3 Categorisatie van maatregelen

Op basis van de hiervoor besproken broneffectketen is een aantal categorieën opgesteld waarbinnen de maatregelen naar soort onder te brengen zijn. Elke categorie vertegenwoordigt een oplossingsrichting, en als zodanig, een handvat voor beleidsmakers. Inzicht in de voor- en nadelen en potentie van deze oplossingsrichtingen biedt verder inzicht in de wenselijkheid bepaalde categorieën verder uit te werken of te onderzoeken (in het IPL). Hoofdstuk 4 gaat hierop nader in.

Eerst maken we onderscheid tussen generieke maatregelen, die in het hele land gelden, en knelpuntspecifieke maatregelen. Vervolgens worden zes generieke en negen knelpuntspecifieke categorieën geïdentificeerd. In de onderstaande Tabel 16 zijn deze samengevat. De cursief gedrukte soorten zijn uitgewerkt in een factsheet (bijlage A).

Tabel 16 Categorieën van maatregelen gebaseerd op de aangrijpingspunten in de bron-receptor keten van verkeersemisies en ingedeeld naar generieke en knelpuntspecifieke maatregelen. De cursief gedrukte soorten zijn uitgewerkt in een factsheet (bijlage A)

Aangrijpingspunt	Soorten van generieke maatregelen	Soorten van knelpuntspecifieke maatregelen
Bron wegverkeer	<i>A: Sneller schoner</i> <i>B: Volumebeperking</i> <i>C: Inzet op techniek</i>	<i>A: Sneller schoner</i> <i>B: Volumebeperking</i> C: Inzet op techniek
Bron overig	<i>D: Overig verkeer (trein, schip, etc.)</i> E: Overige bronnen (landbouw, huishoudens, buitenland)	–
Rijgedrag	<i>F: Snelheidsbeperking en homogeniseren van de verkeersstroom</i>	<i>F: Snelheidsbeperking en homogeniseren van de verkeersstroom</i>
Overdracht	–	G: <i>Passieve afscherming</i> H: Actieve verdunning van concentraties
Receptor	–	I: Vrijwaring / RO J: Relocatie K: Gezondheidszorg

3.4 Eerste beoordeling van maatregelen op basis van criteria

Na categorisering van de maatregelen bleek de verscheidenheid aan maatregelen binnen elke categorie nog behoorlijk groot. Om ordening aan te brengen in de maatregelen binnen elke categorie hebben we de individuele maatregelen daarom een eerste beoordeling gegeven. Het doel hiervan was met name om het kaf van het koren te scheiden en de meest veelbelovende maatregelen naar voren te halen.

Expert judgement

De beoordeling is verricht met het expert judgement van CE, AVV en DWW, aangevuld met inzichten van RIVM, KEMA en deelnemers aan de workshops. Hoewel dit expert judgement soms gebaseerd is op studieresultaten uit het verleden, komt er ook enige mate van *fingerspitzengefühl* bij kijken. De beoordeling kan om deze reden dan ook niet meer zijn dan een eerste inschatting, maar in onze ogen voldoende om de meest belovende maatregelen aan te kunnen geven.

Beoordelingscriteria

De beoordeling is opgesteld aan de hand van een aantal criteria. Deze criteria zijn door CE, AVV en DWW opgesteld. Bij het samenstellen van de set van criteria is ook gebruik gemaakt van de input van de deelnemers aan de workshops. Hiertoe is in de eerste workshop aan de deelnemers gevraagd een eigen top-5 en bottom-5 samen te stellen uit alle naar voren gebrachte maatregelen. Daarbij hebben de deelnemers de selectiecriteria genoteerd die aan de hand waarvan zij de top/bottom-5 hebben samengesteld. De top- en bottom-5 werden tijdens de eerste workshop met behulp van het plakken van stickers door de deelnemers aangegeven. In bijlage C zijn de resultaten van deze stikkersessie samengevat. Tevens zijn daar de criteria en overwegingen die voor de deelnemers een rol speelden gepresenteerd.

De gehanteerde beoordelingscriteria zijn:

- Effect. We bedoelen hiermee de (mate van) reductie van de concentraties van NO₂ en PM₁₀. Dit criterium is in onze ogen leidend, immers wanneer een maatregel niet of nauwelijks effect heeft, dan hoeft deze niet verder onderzocht of overwogen te worden.

- Kosten. In de beoordeling is zoveel mogelijk uitgegaan van een inschatting van de macro-economische kosten. Dit zijn de totale maatschappelijke kosten, inclusief factoren als reistijdverlenging.
- Kosteneffectiviteit. Dit is de prijs per hoeveelheid gereduceerde concentratie. Na de effectiviteit is dit een belangrijk selectie criterium dat aangeeft of een maatregel 'waar voor z'n geld' biedt.
- Technische haalbaarheid. Is de maatregel in technisch opzicht te realiseren? Bestaat de vereiste techniek naar verwachting in 2010, etc.
- Handhaving. De moeite (en kosten) die gemoeid zijn met het handhaven van de maatregel.
- Juridische haalbaarheid. Is het wettelijk toegestaan om de maatregel te treffen?

Naast de bovenstaande criteria is in een tweede workshop in twee groepen een score gegeven op de volgende twee aspecten:

- Gezondheidseffect. In een groep van experts is gepoogd de effecten van (soorten van) maatregelen verder te vertalen naar gezondheidseffecten.
- Maatschappelijke haalbaarheid. Wat is de te verwachten steun van maatregelen in de samenleving? De score op dit aspect is gegeven door vertegenwoordigers van maatschappelijk organisaties.

Alle maatregelen zijn beoordeeld op de bovengenoemde criteria door het toekennen van scores tussen 1 (zeer ongunstig) en 5 (zeer gunstig). Hierna zijn de maatregelen geordend naar hun effect. Het resultaat van deze scores is per groep aangegeven in bijlage B.

4 Potentie en profiel van oplossingsrichtingen

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk pogen we de potentie van oplossingsrichtingen te bepalen door na te gaan wat de specifieke voor- en nadelen van de diverse categorieën maatregelen (Tabel 16) zijn ten opzichte van elkaar. Voor de bronmaatregelen speelt daarbij de probleemanalyse uit hoofdstuk 2 een belangrijke rol in het bepalen van de mogelijke potentie van maatregelsoorten. Per maatregelsoort is een beknopte factsheet opgesteld waarin op overzichtelijke wijze de belangrijkste effecten samengevat zijn. Deze factsheets zijn omwille van de leesbaarheid van dit rapport opgenomen in bijlage A.

Tevens pogen we de potentie van maatregelen verder te concretiseren door pakketten samen te stellen van maatregelen uit de verschillende categorieën. De effecten van deze pakketten worden met behulp van een luchtkwaliteitsmodel doorgerekend voor een tweetal knelpunten.

4.2 Potentie van opties voor het snelwegverkeer op het knelpunt

Deze paragraaf geeft een beknopt overzicht van de potentie van maatregelen die zijn gericht op het snelwegverkeer op een knelpunt in het verlagen van de concentraties van NO_2 en PM_{10} op dat knelpunt. Een uitgebreidere toelichting op de bepaling hiervan staat in de factsheets in bijlage A.

Aan de schattingen ligt een aantal aannamen ten grondslag, ten dele gerelateerd aan de probleemanalyse (zie hoofdstuk 2), ten dele aan effectschattingen die zijn gebaseerd op de literatuur (zie bijlage A). Tabel 17 vat de potentie van knelpuntspecifieke maatregelen samen. Hierin geven wij twee maten:

- 1 De geschatte absolute daling van de concentratie van NO_2 en PM_{10} , en
- 2 Het geschatte percentage van de overschrijdingen in ons voorbeeldknelpunt dat weggenomen wordt na uitvoeren van de maatregelen.

De getallen in de tabel zijn een indicatie van de potentie van oplossingsrichtingen, maar kunnen afwijken van de specifieke effecten van specifieke maatregelen. Tevens merken wij op dat de potentiële effecten van verschillende oplossingsrichtingen niet zondermeer bij elkaar kunnen worden opgeteld. Een maatregel uit één oplossingsrichting vermindert namelijk vaak het potentiële effect van maatregelen uit een andere oplossingsrichting doordat de effecten deels overlappen.

Tabel 17 Indicatie van potentie van knelpuntspecifieke maatregelen voor het verlagen van de concentraties van NO₂ en PM₁₀ op het voorbeeldknelpunt (zie tabel 2). Opgenomen zijn zowel de absolute reductie als het percentage van de overschrijding dat weggenomen wordt door de maatregelen (op het voorbeeldknelpunt)

Maatregelsoort	Potentie NO ₂		Potentie PM ₁₀	
	absoluut (µg/m ³)	Als % van overschrijding	absoluut (µg/m ³)	Als % van overschrijding
A: Sneller schoner	1,5 (0-2,5)	30% (0-50%)	0,3 (0-0,6)	2,5% (0-5%)
B: Volumebeperking	2,5 (0-5)	50% (0-100%)	0,4 (0-0,7)	3% (0-6%)
C: Inzet op techniek	Onbekend (max.15) ⁵	Onbekend (max. 300%)	Onbekend (max.3) ³	Onbekend (max. 25%)
F: Snelheidsbeperking en homogenisering	2 (0-4)	40% (0-80%)	0,5 (0-1)	4% (0-8%)
G: Passieve afscherming	3 (bandbreedte onbekend)	60%	0,6 (bandbreedte onbekend)	5%
H: Actieve verdunning	Onbekend	Onbekend	onbekend	Onbekend
I: Vrijwaring / RO	0 ⁶	0%	0	0%
J: Relocatie	0 ⁴	0%	0	0%
K: Gezondheidszorg	0 ⁴	0%	0	0%

Uit de tabel blijkt dat maatregelen die de snelheid beperken en de doorstroming homogeniseren de concentraties van NO₂ met enkele procenten kan laten afnemen.

Maatregelen die Euro0, 1 en 2 voertuigen versneld uit het wagenpark verwijderen kennen een soortgelijk effect. De effecten op de PM₁₀-concentraties zijn wat lager doordat de bijdrage van het snelwegverkeer aan de totale concentratie kleiner is dan bij NO₂.

Inzet op techniek kan in principe alle emissies op het knelpunt wegnemen indien gekozen wordt het snelwegverkeer op een lopende band te zetten of met een trein door het knelpunt heen te transporteren. Dit zijn echter zeer dure maatregelen. Meer realistische maatregelen zijn naar verwachting het nathouden van het wegdek of het aanbrengen van absorberende en katalyserende oppervlakken op het wegdek of (geluids)scherm. Over de effecten van dergelijke technieken is echter vrijwel niets bekend.

4.3 Potentie van opties voor generiek beleid

Hieronder volgt een beknopt overzicht van de potentie van generieke maatregelen in het verlagen van de concentraties van NO₂ en PM₁₀ op een knelpunt. De potentie is uitgerekend als de som van de effecten op de achtergrondconcentratie en op het knelpunt zelf. Een uitgebreidere toelichting op de bepaling hiervan staat in de factsheets in bijlage A.

⁵ Wanneer door technische oplossingen alle emissies van het snelwegverkeer op het voorbeeldknelpunt worden weggenomen, dan betekent dat een reductie van 15 µg/m³ NO₂ en 3 µg/m³ PM₁₀.

⁶ Vrijwaring van zones langs snelwegen, relocatie (bijvoorbeeld van scholen), of verbeterde gezondheidszorg verlagen op zichzelf niet de concentraties van NO₂. Wel kunnen dergelijke maatregelen ervoor zorgen dat de ontvanger niet meer wordt blootgesteld aan verhoogde concentraties. In het voorbeeld van ons voorbeeldknelpunt kan dus een bewoner die voorheen was blootgesteld aan 45 µg/m³ NO₂ na relocatie slechts blootgesteld worden aan de achtergrondconcentratie (30 µg/m³), een afname van 100% van de overschrijding. Voor PM₁₀ bedraagt de maximale daling ca. 3 µg/m³ (van 32 naar 29 µg/m³).

Tabel 18 Potentie van generieke maatregelen voor het verlagen van de concentratie op het voorbeeldknelpunt. Opgenomen zijn zowel de absolute reductie als het percentage van de overschrijding dat weggenomen wordt door de maatregelen (op het voorbeeldknelpunt)

Maatregelsoort	Potentie NO ₂		Potentie PM ₁₀	
	Absoluut (µg/m ³)	Als % van de overschrijding	absoluut (µg/m ³)	Als % van de overschrijding
A: Sneller schoner	2 (0-4)	40% (0-80%)	0,4 (0-0,7)	3% (0-6%)
B: Volumebeperking	3 (0-5,5)	60% (0-110%)	0,5 (0-0,8)	4% (0-7%)
C: Inzet op techniek	1,5 (0-2,5)	30% (0-50%)	0,2 (0-0,3)	2% (0-3%)
D: Overig verkeer	1 (0-1,5)	20% (0-30%)	Onbekend	Onbekend
F: Snelheidsbeperking en homogenisering	2 (0-4,5)	40% (0 – 90%)	0,5 (0-1)	4% (0-8%)

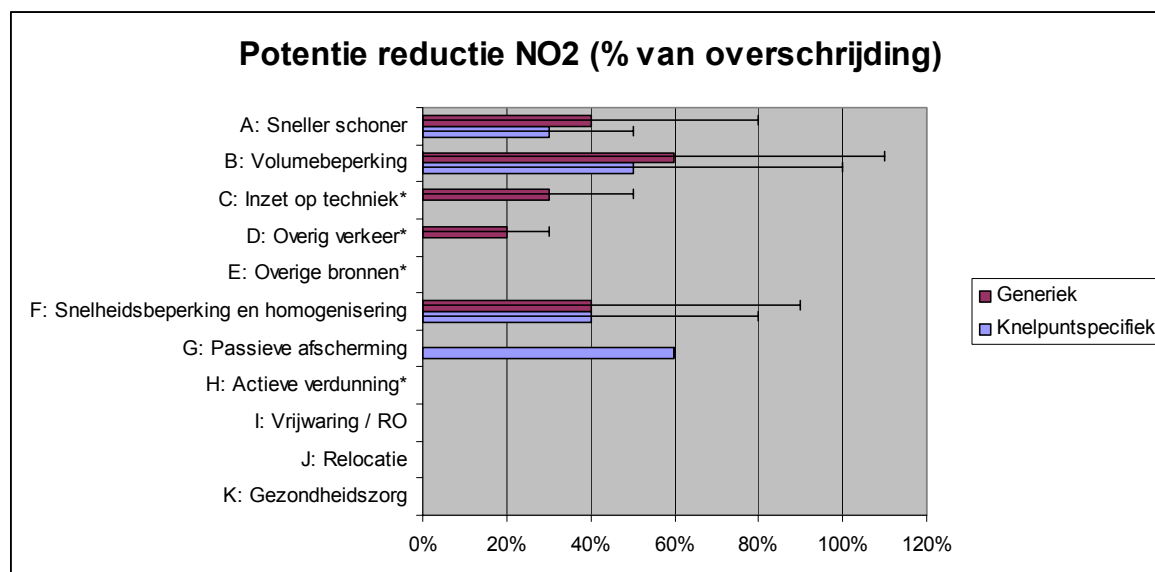
Uit de tabel blijkt dat voor NO₂ generieke maatregelen om het voertuigpark versneld schoner te krijgen (versneld uitfasen van Euro2 en ouder) via de achtergrondconcentratie een bijdrage kunnen leveren die van vergelijkbare grootte-orde is als de toepassing van dergelijke maatregelen bij alleen het snelwegverkeer op een knelpunt. Hier zien we dus de dubbele werking van generieke maatregelen. Voor PM₁₀ is de potentie veel kleiner, doordat het verkeer een zeer gering aandeel heeft in de achtergrondconcentratie.

4.4 Knelpuntspecifiek en generiek vergeleken

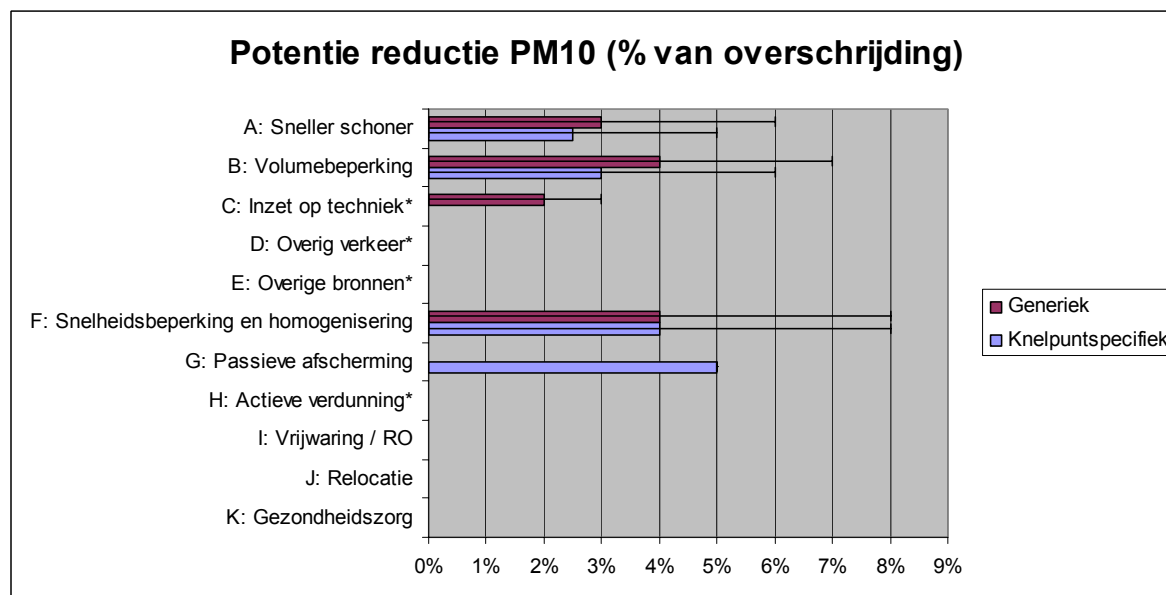
Om knelpuntspecifieke en generieke soorten maatregelen te vergelijken zijn de resultaten uit Tabel 17 en Tabel 18 naast elkaar gezet. Figuur 14 toont de potentie van verschillende soorten maatregelen voor de reductie van de concentratie van NO₂.

Figuur 15 toont hetzelfde voor PM₁₀. NB let op de verschillende schalen op de horizontale assen.

Figuur 14 De potentie in het reduceren van de concentratie van NO₂ door verschillende soorten maatregelen als percentage van de normoverschrijding op het voorbeeldknelpunt (hoofdstuk 2). NB van maatregelsoorten gemarkeerd met een asterisk (*) zijn niet alle gegevens bekend



Figuur 15 De potentie in het reduceren van de concentratie van PM₁₀ door verschillende soorten maatregelen als percentage van de normoverschrijding op het voorbeeldknelpunt (hoofdstuk 2). NB van maatregelsoorten gemarkeerd met een asterisk (*) zijn niet alle gegevens bekend



Uit de figuren blijkt dat generieke maatregelen over het algemeen een hogere potentie hebben dan knelpuntspecifieke maatregelen. Volumebeperking en passieve afscherming hebben de hoogste potentie. Dit houdt overigens niet in dat deze maatregelsoorten zonder meer te prefereren zijn boven andere soorten. Belangrijke criteria, zoals de kosteneffectiviteit, zijn in bovenstaande tabellen en figuren namelijk niet opgenomen. In de volgende para-

graaf volgt daarom een analyse van de verschillende oplossingsrichtingen waarin deze criteria op hoofdlijnen worden beschouwd.

4.5 Analyse van voor- en nadelen van oplossingsrichtingen

Op basis van de probleemanalyse en de factsheets hebben we de verschillende oplossingsrichtingen kwalitatief beoordeeld op een set van criteria. Deze criteria bestaan uit het gebruikelijke trio criteria voor beleidsevaluatie:

- 1 Effectiviteit.
- 2 Doelmatigheid (= maatschappelijke kosteneffectiviteit).
- 3 Rechtvaardigheid.

Aanvullende criteria zijn:

- 1 Kosteneffectiviteit voor de overheid.
- 2 Technische/juridische haalbaarheid.

Deze set is gepresenteerd in Tabel 19. De daarna volgende analyse licht deze tabel verder toe.

Op basis van de potentie van de diverse maatregelsoorten en kennis van de specifieke voor- en nadelen ervan, maken we hieronder op hoofdlijnen een analyse.

Generiek versus knelpuntspecifiek

Een voordeel van generieke maatregelen is dat ze in principe dubbel kunnen doorwerken: in de achtergrondconcentratie én op het knelpunt. Als we er bijvoorbeeld in slagen de emissiefactor voor trucks met 10% te verlagen, betekent dit zowel een verlaging van de achtergrondconcentratie als verlaging van de piekconcentratie op het knelpunt.

Een ander belangrijk voordeel is dat generieke maatregelen de totale luchtkwaliteitssituatie verbeteren, ook op plekken die aan de normen voldoen. In potentie betreft het dus een belangrijke categorie maatregelen. De probleemanalyse wijst uit dat effectieve emissiereducties met name kunnen komen van het vrachtverkeer over de weg en van de binnenvaart. De binnenvaart is overigens met name in de Rotterdamse regio een belangrijke bron van NO₂.

Generieke maatregelen scoren op een paar punten echter ook minder goed:

- ten eerste moeten landelijk gezien relatief grote kosten worden gemaakt in relatie tot het probleem van de luchtkwaliteitsknelpunten. Dit geldt overigens vooral voor NO₂, waar de problematiek sterk lokaal van aard is. Daarom is de kosteneffectiviteit van generieke maatregelen op dit punt bijna per definitie niet erg hoog. Wel kan natuurlijk de kosteneffectiviteit voor *emissiereductie* op zich prima zijn;
- ten tweede komen de kosten van generieke maatregelen óók terecht bij partijen die nauwelijks aan de knelpuntenproblematiek bijdragen, zoals Friese automobilisten. En ten derde liggen de bestuurlijke verantwoordelijkheden voor luchtkwaliteitsknelpunten en generiek beleid op verschillende niveaus: lokaal/regionaal/nationaal respectievelijk nationaal/Europees.

Tabel 19 Overzicht van de beoordeling van oplossingsrichtingen. Scores lopen van —(zeer slecht) tot ++ (zeer goed).

Oplossingsrichting	Effectiviteit	Maatschappelijke kosteneffectiviteit	Overheids-kosteneffectiviteit	Juridische/technische haalbaarheid	Rechtvaardigheid*	Opmerkingen
Generieke maatregelen						vaak weinig invloed uit te oefenen vanuit luchtkwaliteitsbeleid
A: Sneller schoner	+	+	+	+	+	kosteneffectieve maatregelen, bijvoorbeeld gedifferentieerde km-heffing, vaak moeilijk implementeerbaar
B: Volumebeperking	+	—	+	—	—	
C: Inzet op techniek	+/-	+/-	+/-	—	+/-	Nederland heeft maar beperkte mogelijkheden op het gebied van voertuigtechniek
D: Overig verkeer (trein, schip, etc.)	—	+	++	+	+	kan wel effectief zijn maar duurt in het algemeen lang
E: Overige bronnen (landbouw, huishoudens, buitenland)	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	kan wel effectief zijn maar duurt in het algemeen lang
F: Snelheidsbeperking en homogeniseren van de verkeersstroom	++	+/-	+	+	+	
Knelpuntspecifieke maatregelen						
A: Sneller schoner	++	+	+	+/-	++	scoort goed; werken aan 'filterstrategie' op knelpunten
B: Volumebeperking	++	—	+	+/-	+/-	gemakkelijker, maar ook botter en dus duurder instrument dan 'sneller schoner'
C: Inzet op techniek	?	+/-	— —	—	+/-	Nederland heeft maar beperkte mogelijkheden op het gebied van voertuigtechniek
F: Snelheidsbeperking en homogeniseren van de verkeersstroom	+	++	++	+	++	'tried and tested': Overschie
G: Passieve afscherming	++	—	—	++	+	kosteneffectiviteit nog niet erg helder
H: Actieve verdunning van concentraties	++	— ?	— ?	+ ?	+ ?	lijkt vooral tijdelijke oplossing
I: Vrijwaring / RO	++	—	— —	+	—	wordt al snel excessief duur
J: Relocatie	++	—	— —	+	—	
K: Gezondheidszorg	?	?	?	—	—	Geen oplossing voor de overschrijdingen

* Onder dit criterium verstaan we de mate waarin de oplossingsrichting voldoet aan het 'polluter pays principle'

'Sneller schoner' op knelpunten

Deze categorie maatregelen kan worden gekarakteriseerd als het ontmoedigen van 'vuil' verkeer op knelpunten en juist het aanmoedigen van 'schoon' verkeer. Deze categorie maatregelen is in potentie erg effectief, gegeven het feit dat in 2010 een 'schone' Euro5-vrachtauto tienmaal minder NO_x-uitstoot en tientallen malen minder PM₁₀ dan een 'vuile' Euro0-truck. Een relativering is dat er in 2010 nauwelijks meer 'Euro0'-vrachtauto's rondrijden. Niettemin laat de probleemanalyse zien dat het zeer effectief kan zijn om op knelpunten alleen de schonere categorieën vervoermiddelen door te laten.

De goede score op kosteneffectiviteit heeft zijn achtergrond in de flexibele sturing die dit instrument kan bieden. Niet het vrachtverkeer wordt verboden, of dieselauto's, maar alleen de vuilere typen. Dit stimuleert marktgedreven vervroegde aanschaf van schonere voertuigen. De kosteneffectiviteit wordt overigens theoretisch maximaal als er geen *verboden* worden uitgevaardigd maar gedifferentieerde heffingen op de knelpunten, zodat bijvoorbeeld iedere vrachtauto betaalt naar rato van zijn NO_x-emissie⁷.

Een implementatievraag is wat de meest eenvoudige en zekere manier is om 'schone' van 'vuile' voertuigen te onderscheiden. En verder vereist dergelijk beleid natuurlijk handhavingscapaciteit. Ten slotte lijkt een kosten-batenanalyse van verschillende uitvoeringsvormen van dergelijke maatregelen heel nuttig.

Volumebeleid op knelpunten

Gedeeltelijk is dit spoor al in de bespreking van het vorige cluster aan de orde gekomen. Volumebeleid kan zeer effectief zijn en is relatief eenvoudig: op het knelpunt mogen bepaalde voertuigcategorieën (bijvoorbeeld vrachtauto's > 12 ton) niet meer passeren, of de verkeersstroom in zijn geheel wordt verminderd door maatregelen als toeritdosering. Volumebeleid heeft echter een paar flinke nadelen:

- de maatschappelijke kosten van krachtig volumebeleid zijn al snel aanzienlijk. Denk bijvoorbeeld aan de veel moeilijkere bevoorrading van winkels vlakbij een eventueel knelpunt;
- verder heeft het iets onrechtvaardigs dat bepaalde categorieën verkeersdeelnemers om redenen van luchtkwaliteit worden geweerd en anderen die wellicht nog vuiler zijn wel door mogen rijden⁸.

Inzet op techniek

Deze categorie heeft een zekere overlap met 'sneller schoner' maar onderscheidt zich voornamelijk doordat het meer geavanceerdere en op dit moment nog nauwelijks gecommercialiseerde technologie betreft (hybride, brandstofcelvoertuigen) die met stimuleringsbeleid versneld op de weg en op knelpunten zou moeten worden ingevoerd.

De effectiviteit van dit cluster is iets lager ingeschat dan die van 'sneller schoner' en volumebeleid om twee redenen:

- ten eerste is de extra winst die dergelijke geavanceerde systemen bieden ten opzichte van schone 'conventionele' technologie zoals Euro4/5 niet heel erg groot meer;
- ten tweede is het de vraag of deze richting veel soelaas biedt op de korte termijn (2010).

En ten slotte is in de praktijk de invloed van Nederland op de invoering van dergelijke categorieën relatief gering. Bij snelle geforceerde invoering op korte termijn zullen de kosten hoog zijn.

⁷ De opbrengst zou vervolgens kunnen worden aangewend voor financiering van schermen, trajectcontrole en dergelijke. Er ontstaat dan een 'double dividend'.

⁸ Een twaalf tons Euro2-vrachtauto heeft bijvoorbeeld hogere emissies dan een 40-tons Euro5.

Afscherming (passief en actief)

In het algemeen zijn maatregelen die een verbetering van de ruimtelijke kwaliteit nastreven door passieve afscherming middels luifels, ondertunneling en overkluizing (peper)dure maatregelen wanneer ze worden afgezet tegen de potentiële luchtkwaliteitsbaten⁹. Maar op de langere termijn kunnen dit soort maatregelen maatschappelijk veel geld opleveren door het intensievere ruimtegebruik op hoogwaardige locaties. Een CE-rapport (CE, 2001b) geeft een indruk van deze kosten-batenverhouding en concludeert dat het maatschappelijk rendement het sterkst afhangt van de prijs die kan worden bedongen voor de gewonnen ruimte. Het is echter nodig om beter inzicht in de kosten te krijgen van deze categorie van maatregelen.

Meer informatie over de effecten van schermen is te vinden in paragraaf 4.6 waarin we de resultaten van de doorrekening van een maatregelpakket met schermen presenteren.

Actieve verdunning van emissies zou bijvoorbeeld kunnen geschieden door afzuiging, wegblazen, of met innovatieve maar op dit moment nog onzekere technologieën als katalytische weg- of schermoppervlakten die actief de luchtkwaliteit verbeteren. In het project was de tijd niet toereikend om een gedetailleerde analyse van potentiële haalbaarheid van dit soort concepten te maken. Dit wil echter niet zeggen dat er op dit vlak geen mogelijkheden zijn. Het verdient aanbeveling om hier een specifieke technische studie naar te doen.

Homogeniseren en snelheidsverlaging

Deze groep van maatregelen scoort in veel opzichten goed. Een belangrijk voordeel is dat met deze strategie al positieve ervaringen zijn opgedaan in Overschie. De evaluatiestudie van TNO wijst uit dat in het geval 'Overschie' de emissies per voertuig op het knelpunt met ongeveer een kwart zijn gedaald. Wel is er meer verkeer gekomen; of dit komt doordat de snelheidsverlaging de wegcapaciteit heeft vergroot ('reboundeffect') is niet bekend.

Hoewel over de kosten niet veel harde data beschikbaar zijn, lijkt de kosten-effectiviteit gunstig. De investeringskosten lagen in de orde van € 1,5-2 mln, de jaarlijkse handhavingskosten in de orde van € 1 mln. Het is niet bekend in hoeverre de handhavingskosten worden 'terugverdiend' met boetes, maar in principe is dit punt voor een kosten-batenanalyse niet belangrijk.

Gezien de veelbelovendheid van deze groep van maatregelen lijkt een brede analyse, bijvoorbeeld een maatschappelijke kosten-batenanalyse, van verschillende snelheidsverlagings- en homogeniseringsvarianten zeer wenselijk. Een dergelijke analyse zou bijvoorbeeld inzicht kunnen verschaffen in de volgende belangrijke vragen:

- Is het alleen zinvol om op knelpunten snelheden te verlagen of bijvoorbeeld ook op regionale schaal, zoals stedelijke rondwegen?
- Is stringenter handhaving van de 100 km/u zoals die nu op ringwegen geldt een effectief en kosteneffectief alternatief?

Op het gebied van uitvoering is de handhaving een lastig punt; grootschalige toepassing van bijvoorbeeld het 'Overschie'-pakket zou een grote druk op het justitiële apparaat veroorzaken.

Maatregelen bij de 'receptor'

In z'n algemeenheid komt dit soort maatregelen erop neer om ervoor te zorgen dat er zich zo min mogelijk kwetsbare functies zoals scholen en woningbouw in overschrijdingsgebieden bevinden.

⁹ Adequate afzuiging en filtering van de tunnelgassen is dan een voorwaarde.

In potentie is dit natuurlijk een effectieve strategie waarmee kan worden gewaarborgd dat de Europese normen worden gehaald¹⁰. Maar eerste studies op dit gebied (CE, 2000, RIVM, 2002) laten zien dat een algemene toepassing van dit principe zeer veel geld kost. Relocatie van woningen en scholen is een zeer kostbare zaak waarvan de investeringskosten in de miljarden lopen. Aan de ene kant zijn deze kosten een hoge schatting omdat de kosten snel dalen wanneer alleen de 'krenten uit de pap' worden gehaald, bijvoorbeeld wanneer een schoolverplaatsing wordt gecombineerd met een herstructurering van een woonwijk. Aan de andere kant echter leidt dit soort ruimtelijke aanpassingen niet alleen tot initiële kosten, maar ook tot permanente kosten van suboptimale ruimtelijke ordening. Ten slotte scoort deze categorie maatregelen slecht op het punt van rechtvaardigheid omdat ze strijdig is met het principe 'de vervuiler betaalt'.

4.6 Samenstelling en doorrekening van maatregelpakketten

Als illustratie en verdere verkenning van de effecten van maatregelen zijn vier maatregelpakketten doorgerekend voor een tweetal knelpunten (case 1 en 2) die zijn gebaseerd op werkelijk verwachte knelpunten. We geven in deze paragraaf een beknopte weergave van de resultaten. Bijlage E bevat enige aanvullende informatie uit het volledige verslag zoals dat door KEMA is opgesteld.

4.6.1 Doelen en uitgangspunten

De berekeningen geven antwoord op de volgende twee centrale vragen:

- Wat is het effect van een maatregelpakket op de jaargemiddelde NO₂- en PM₁₀-concentraties?
- Wat is het effect van een maatregelpakket op de overschrijdingsafstand voor NO₂?

De resultaten bestaan daarom uit:

- een berekende reductie van de concentraties op 50 meter afstand van de weg-as, gebaseerd op concentratieprofielen voor NO₂ en PM₁₀ dwars op de verkeersweg;
- effecten op overschrijdingsafstand van NO₂.

Aanvullend worden de volgende beleidsvragen behandeld:

- Kunnen we volstaan met een relatief eenvoudig en kosteneffectief pakket, of moeten we minder kosteneffectieve maatregelen in gaan zetten?
- Moeten we alleen maatregelen nemen op het knelpunt of moeten we ook generiek gaan werken?
- In hoeverre biedt het 'Overschie-pakket' soelaas?
 - Als dat geen soelaas biedt: Is het misschien dan afdoende om te werken met afscherming zodat we het verkeer ongehinderd kunnen laten doorrijden?
 - Als dat nog onvoldoende oplevert: Wat levert selectief doorlaten (alleen Euro5) van vrachtverkeer op?

Een randvoorwaarde bij de samenstelling van de maatregelpakketten was dat aan andere criteria voldaan moet worden zoals bereikbaarheid (het afsluiten van wegen is effectief, maar staat haaks op de bereikbaar-

¹⁰ Maar de maatregelen hebben geen effect op de leefsituatie van mensen die net buiten de overschrijdingszones wonen.

heidssdoelstellingen), geluid en veiligheid (het nat houden van de weg is wellicht goedkoop, maar bij temperaturen rond nul geen veilige maatregel).

Aan de hand van de effecten van de maatregelen in de pakketten op de concentraties en overschrijdingsafstanden, geven we een indicatie van het effect van elk pakket op de volksgezondheid. Het gaat daarbij niet alleen om de lokale effecten tengevolge van de maatregelen, maar ook om effecten die elders optreden doordat luchtverontreiniging verder wordt verspreid of verkeer andere routes kiest en daar de problemen vergroten. We bekijken de gezondheidseffecten dus met een wat "ruimere bril".

Voor de inschatting van die gezondheidseffecten gaan we uit van de eerder getrokken conclusies uit hoofdstuk 2:

NO ₂	Omdat bij de huidige concentraties geen directe effecten van NO ₂ zijn aangetoond, gaan we er vanuit dat geen enkele maatregel op dit punt een positief gezondheidseffect sorteert.
PM ₁₀	Voor PM ₁₀ is er geen drempelwaarde. Elke emissiereductie zal dus positieve effecten hebben, mits ook PM _{2,5} gereduceerd wordt
PM _{2,5}	Omdat de uitstoot van verkeer voornamelijk PM _{2,5} is en van deze fractie tevens de grootste effecten wordt verwacht, wordt hiervoor de grootste positieve bijdrage aan de gezondheid gescoord.
Ozon	Onder voorwaarde dat in 2010 koolwaterstoffen geen beperkende factor meer zijn voor de vorming van ozon, zal reductie van NO ₂ resulteren in lagere ozon-concentraties en daardoor positief bijdragen aan de gezondheid.

4.6.2 Beschrijving van de knelpunten (cases)

In deze rekenexercitie maken we gebruik van twee knelpunten:

- in het eerste knelpunt (case 1) kent de weg een oost-west oriëntatie, een hoge verkeersintensiteit (188.000 voertuigen per etmaal) en gemiddelde vrachtverkeersintensiteit (8% van het aantal voertuigen);
- de weg in het tweede knelpunt (case 2) kent een noord-zuid oriëntatie, een wat lagere verkeersintensiteit (135.000 voertuigen per etmaal) en een hoge vrachtverkeersintensiteit (15% van het aantal voertuigen).

Op beide knelpunten geldt een maximumsnelheid van 100 km/uur voor personenauto's en 80 km/uur voor het vrachtverkeer. De onderstaande Tabel 20 geeft een beknopte samenvatting van de belangrijkste eigenschappen van de twee knelpunten.

Voor de verkeersintensiteiten in case 1 maken we gebruik van gegevens die zijn verzameld in opdracht van Rijkswaterstaat. Daarbij is door TNO een analyse gemaakt van de huidige en toekomstige luchtkwaliteit langs enkele rijkswegen. Onderdeel van deze analyse was een berekening van de luchtverontreiniging in 2010 bij een autonome ontwikkeling. Deze berekening is uitgevoerd met het TNO-verkeersmodel en heeft plaatsgevonden in de zomer van 2003 (Metz, 2003, pers. comm.). Op basis van deze gegevens zijn afgeronde kentallen als invoer gekozen.

Voor case 2 betrekken we de verkeersintensiteiten uit een studie van het RIVM (RIVM, 2002).

Tabel 20 Eigenschappen van de doorgerekende knelpunten

Eigenschap	Waarde		Eenheid
	Case 1	Case 2	
Verkeersintensiteit weekdag	175.000	125.000	Voertuigen/etmaal
Verkeersintensiteit werkdag	188.000	135.000	Voertuigen/etmaal
Verkeersintensiteit zaterdag /zondag	140.000	100.000	Voertuigen/etmaal
Aandeel middelzwaar vrachtverkeer	5	8	%
Aandeel zwaar vrachtverkeer	3	7	%
Aantal rijbanen	2	2	
Onderlinge afstand rijbanen	12	12	m
Rijsnelheid personen verkeer	100	100	Km/uur
Rijsnelheid vrachtverkeer	80	80	Km/uur
Congestiekans	20%	5%	% van de uren
Meteorologiestation	Schiphol, 1998-2002	Schiphol, 1998-2002	
Ruwheid	1.0	1.0	m
Coördinaten midden van het wegsegment (ten behoeve van GCN-waarde)	84135, 453910	104150, 424000	Amersfoortse coördinaten
Oriëntatie wegsegment	Oost-west (150)	Noord-zuid (90)	graden
Jaargemiddelde NO ₂ achtergrondconcentratie	31.2	28.6	µg/m ³
Jaargemiddelde PM ₁₀ achtergrondconcentratie	32.6	32.6	µg/m ³
Percentage directe NO ₂ uitstoot	5	5	%

4.6.3 Beschrijving van de maatregelpakketten

De vier pakketten die we hebben losgelaten op de twee cases lopen op in 'ingrijpendheid' en zijn samengevat in Tabel 21. NB: elk pakket omvat naast de genoemde maatregelen tevens de maatregelen uit het voorgaande pakket.

Tabel 21 Vier maatregelpakketten ter illustratie van de effecten van verschillende categorieën. De pakketten lopen op in 'ingrijpendheid' en elk pakket omvat naast de genoemde maatregelen tevens de maatregelen uit het voorgaande pakket

Pakket 1: 'Overschie' Overschie-maatregelen: lagere snelheid (80 km/uur) en stringent handhaven	Homogeniseren en snelheidsverlaging
Pakket 2: pakket 1 plus afscherming Plaatsen van geluidsschermen van verschillende hoogtes: 6 meter 8 meter 10 meter 12 meter 15 meter	Overdracht
Pakket 3: pakket 2 (10m -scherm) plus kosteneffectief vrachtautopakket Alleen toelaten Euro5 vrachtauto's op knelpunten	Sneller schoner
Pakket 4: pakket 3 (10m -scherm) plus duur verkeerspakket Weren van alle dieselverkeer - behalve autobussen	Volume

Hieronder lichten we de pakketten nader toe.

Pakket 1

Dit pakket behelst de maatregelen die bij Overschie (voor de A13) zijn genomen (snelheidsverlaging naar 80 km/uur, afsluiten afrit, trajectcontrole) om het geluidsniveau en de mate van luchtverontreiniging te verlagen. Volgens een TNO-studie is het effect bij Overschie een 25% verlaging van de NO₂-emissies. Nadrukkelijk wordt daarbij gesteld dat een dergelijke verlaging niet automatisch voor andere wegen geldt. Dat is afhankelijk van allerlei omstandigheden zoals de mate van inhomogeniteit van de verkeersstromen ter plaatse, het aandeel vrachtverkeer, de verkeersintensiteit, etc.

Voor onze rekencases is aangenomen dat de 25% reductie in NO₂-emissies wel van toepassing kan zijn. En voor PM₁₀ een reductie van 34%. De gemiddelde snelheid voor alle verkeer wordt daarbij verlaagd naar 80 km/uur (in het basisscenario is de snelheid van het vrachtverkeer al 80 km/uur). De verkeersintensiteit blijft dezelfde en de hoeveelheid files neemt niet af¹¹. Tijdens files (20% van de tijd) is het effect van homogeniseren natuurlijk niet meer van toepassing, voor die uren is daarom de normale emissie toegepast.

Pakket 2

Dit pakket omvat behalve de maatregelen van pakket 1 ook het plaatsen van geluidsschermen langs de weg. Daarbij is gerekend aan beide wegzijden alsof er een scherm aan de betreffende weghelft is geplaatst (dus onafhankelijk van elkaar). Er is gerekend met verschillende hoogten (6, 8, 10, 12, 15 m) van het scherm

Pakketten 3 en 4

De maatregelen in pakket 2 worden in deze pakketten aangevuld met de eis dat op de knelpunten alleen Euro5 vrachtauto's worden toegelaten (pakket 3) of de eis dat alle dieselverkeer behalve autobussen niet door mag (pakket 4). Deze maatregelen zetten een drietal gedragsveranderingen in werking:

- 1 Versneld afschrijven van oudere (3) resp. diesel(4)voertuigen:
 - a Enerzijds zullen deze voertuigen versneld worden gesloopt en vervangen door nieuwe resp. niet-diesel voertuigen omdat de bruikbaarheid van deze voertuigen kleiner is geworden. Dit is in feite een broneffect en levert daarmee gezondheidswinst.
 - b Anderzijds zullen deze voertuigen sneller worden doorverkocht op de tweedehands markt. Ze zullen dan voornamelijk verkocht worden aan regio's waar geen restricties op het gebruik staan, dus waar weinig knelpunten bestaan, dus in het algemeen niet erg dichtbevolkt zijn. Per saldo rijden dan in drukke regio's schonere voertuigen rond dan in rustige, wat een positief gezondheidseffect heeft.
- 2 Omrijden met deze voertuigen. Dit kan leiden tot netto meer emissies en daarmee tot een negatieve gezondheidsscore.

Het gezondheidssaldo van deze gedragsveranderingen is op voorhand moeilijk in te schatten. Naarmate pakketten 3 en 4 op meer knelpunten worden ingezet zullen mechanisme 1a en 1b sterker worden en mechanisme 2 zwakker, kortom: zal de netto-gezondheidsscore van deze pakketten verbeteren. Bij toepassing als generieke maatregel, dus in geheel Nederland, is een flinke gezondheidswinst te verwachten.

We gaan er bij de invulling van pakket 3 bij wijze van gedachte-experiment vanuit dat in 2010 alleen Euro5 vrachtauto's op een knelpunt rijden. 25%

¹¹ Er zijn aanwijzingen dat de fileduur en -lengte op de A13 enigszins is afgenomen voor de richting naar Den Haag, terwijl er op de andere rijbaan een lichte toename was. De fileafname is dan in de grootte orde van 10%, hetgeen we hier zullen verwaarlozen.

van het vrachtverkeer rijdt een andere route, de resterende 75% is Euro5. Het volume op de alternatieve routes neemt dan waarschijnlijk toe. Aanname dat de verdeling van de NO₂-emissies in 2010 tussen alle personen- en vrachtauto's 40 respectievelijk 60% is, nemen de totale emissies op de knelpunten fors af (de meest vervuilende vrachtwagens worden geweerd), stel in totaal 20%. De volumevermindering bij het knelpunt zal een positief effect hebben op de doorstroming, waardoor de emissies daar nog verder omlaag gaan, stel 5%. De totale emissiereductie op de knelpunten is dan 25%. Het generieke effect van pakket 3 stellen we op 5%.

Bij pakket 4 gaan we ervan uit dat 50% van de gebruikers van personenauto's die op diesel rijden op benzinevoertuigen is overgestapt en dat 50% niet meer op het knelpunt rijdt. Dit betekent dat zowel de emissies als het volume significant zullen afnemen. Het aandeel van dieselverkeer in het personenverkeer is nu ongeveer 22%, zodat het verkeersvolume met 11% afneemt. Van het vrachtverkeer (geheel op diesel) wordt aangenomen dat dit in zijn geheel van het knelpunt verdwijnt. Van het aandeel bestelauto's (ongeveer 10%) wordt aangenomen dat dit voor 80% van het knelpunt verdwenen is en dat 20% op benzine zal overschakelen. Door deze volumeafname zal ook het fileprobleem zijn opgelost, zo is in de berekeningen aangenomen. De emissie van personenauto's wordt aangepast: voor personenauto's wordt dan gerekend met de emissie die specifiek voor benzine voertuigen geldt (De NO_x-uitstoot van dieselvoertuigen is ca. driemaal zo hoog als voor benzine). De PM₁₀-uitstoot voor benzine wordt verwaarloosd. Door deze maatregelen dalen de emissies op de knelpunten met nog eens met 25 á 50% in vergelijking met pakket 3. Het generieke reductieeffect van pakket 4 stellen we op 10%.

Als referentiescenario is gerekend met de situatie in 2010 en dat er geen maatregelen worden genomen (business-as-usual scenario, basis case). Dit scenario is ontleend aan het RIVM.

4.6.4 Resultaten: concentraties en overschrijdingsafstanden

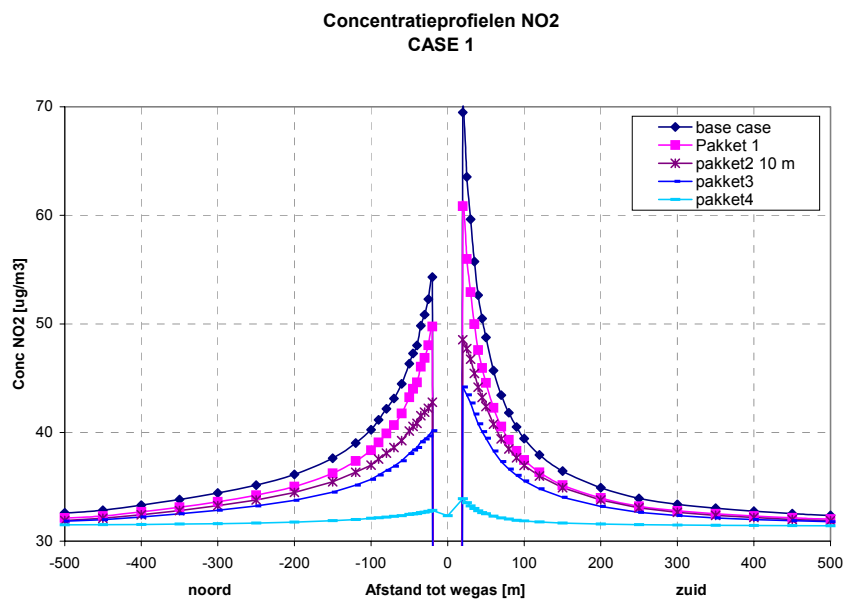
Als mogelijk geschikte modellen voor het doorrekenen van knelpunten zijn in deelrapport "Modellen onder de loep" (KEMA en CE, 2003) het TNO Heaven-model en NNM+ aangemerkt als interessante modellen (allebei gebaseerd op NNM). Ook het TNO-verkeersmodel is hiervoor toegerust. In dit geval is het NNM+ toegepast (hiervoor gebruiken we een speciale versie van KEMA STACKS versie 6.1). Het belangrijkste argument om dit model toe te passen is het feit dat dit een eigen model van KEMA is waardoor de rekencases in korte tijd uitgevoerd konden worden. Het model kan uur-voor-uur rekenen en houdt daarbij rekening met de uurlijkse variatie van de meteorologie, het verkeersaanbod en ozonconcentraties.

De resultaten van de berekeningen bestaan uit concentratiecontouren dwars op het wegprofiel. Figuur 16 geeft hiervan voor NO₂ een voorbeeld voor case 1. Bijlage E bevat de figuren voor case 2.

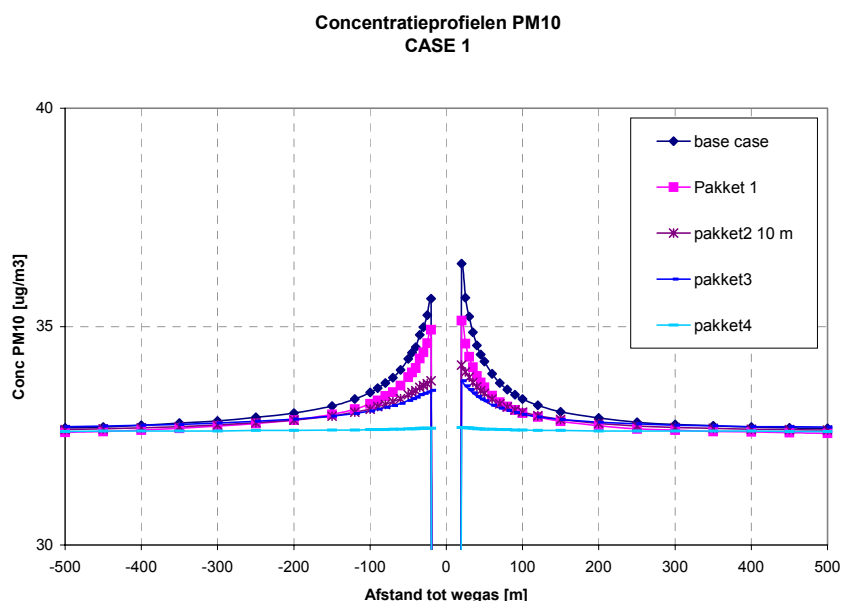
We zien dat de NO₂-concentraties met name bij pakketten 3 en 4 vrijwel overal onder de grenswaarde van 40 µg/m³ blijven. Pakketten 1 en 2 bieden minder soelaas. De concentraties op 50 meter van de weg-as in de onderstaande Tabel 22 illustreren dit nader. In deze tabel zien we ook dat het generieke effect van pakket 3 en 4 een extra afname van de achtergrondconcentraties bewerkstelligt van respectievelijk 1,5 en 3 µg/m³.

Voor PM_{10} bedraagt de bijdrage van de weg slechts ca. $3-4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (zie Figuur 17). Overschrijding van de huidige norm van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zal dan ook alleen voorkomen als de achtergrondconcentratie hoger is dan ca. $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is in 2010 naar verwachting bijna nergens het geval. Indien echter de in de richtlijn voorgenomen grenswaarde voor 2010 van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ daadwerkelijk van kracht wordt, zijn er overal overschrijdingen. Immers, zoals we al zagen in hoofdstuk 2 is de in 2010 verwachte PM_{10} -achtergrondconcentratie al $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$, waarvan bijdrage van niet-antropogene bronnen (die dus niet door beleid te beïnvloeden zijn) al ca. $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is.

Figuur 16 NO_2 -concentraties in 2010 voor case 1, dwarsprofiel over de weg



Figuur 17 PM_{10} -concentraties in 2010 voor case 1, dwarsprofiel over de weg



Tabel 22 NO₂-concentraties (in µg/m³) op 50 m afstand van de weg voor case 1 en 2

Pakket	Case 1	Case 1 + generiek effect	Case 2	Case 2 + generiek effect
Base case	49	49	44	44
Pakket 1	45	45	40	40
Pakket 2-6	44	44	39	39
Pakket 2-8	43	43	39	39
Pakket 2-10	42	42	38	38
Pakket 2-12	41	41	38	38
Pakket 2-15	40	40	37	37
Pakket 3 Met 2-10	39	37	35	33
Pakket 4 Met 2-10	33	30	30	27

Uit de helling van de curven in Figuur 16 kunnen we al afleiden dat een reductie van de NO₂-concentratie in het algemeen een relatief grotere afname van de overschrijdingsafstand tot gevolg heeft. We zien dit bevestigd in Tabel 23.

Tabel 23 Overschrijdingsafstanden (in meters vanaf de weg-as) voor NO₂

Pakket	Case 1 (NO ₂ achtergrond = 31,2 µg/m ³)	Case 2 (NO ₂ achtergrond = 28,6 µg/m ³)
Basis case	95 m	67 m
Pakket 1	74 m	51 m
Pakket 2-6	70 m	47 m
Pakket 2-8	66 m	44 m
Pakket 2-10	66 m	37 m
Pakket 2-12	59 m	33 m
Pakket 2-15	49 m	<20 m
Pakket 3	46 m	<20 m
Pakket 4	<20 m	<20 m

Voor PM₁₀ zijn de overschrijdingsafstanden bij een grenswaarde van 40 µg/m³ zoals hiervoor gezegd overal kleiner dan 20 m en vormen dus geen probleem. Wanneer echter een strengere norm wordt gehanteerd zullen er wel degelijk knelpunten voor PM₁₀ bestaan. De mogelijkheden om met de hier gehanteerd maatregelpakketten de concentratie te reduceren zijn dan beperkt tot een verlaging met ca. 3-4 µg/m³.

4.6.5 Resultaten: gezondheidseffecten

Het plaatsen van schermen (pakket 2) heeft als effect dat

- de concentraties van NO₂ en PM bij de knelpunten afnemen door een grotere verdunning, maar elders licht toenemen;
- doordat er per saldo geen NO₂ verdwijnt zal ook de vorming van ozon niet afnemen.

Het effect van afscherming (pakket 2) is minder groot dan de Overschietmaatregel (pakket 1). Om een zelfde effect met afscherming te verkrijgen (een afname van de NO₂-concentratie op 50 m van de weg met ca. 10%) zouden de schermen zo'n 15 m hoog moeten zijn. Eén en ander is overigens sterk afhankelijk van de omgeving (andere obstakels en gebouwen). Netto levert het plaatsen van schermen voor de volksgezondheid alleen iets op, als daardoor de blootstelling vermindert doordat er meer mensen wonen

op de plaatsen waar de concentraties worden verlaagd. Is dat niet het geval dan nemen de negatieve gezondheidseffecten per saldo niet af. Er is immers geen drempelwaarde bekend voor de gezondheidseffecten van fijn stof en een geringe toename van de concentratie elders heeft dus in principe negatieve gezondheidsgevolgen.

Door het verlagen van het geluidsniveau wordt wel de geluidshinder voor omwonenden verminderd. Dit kan op zich een belangrijke reden zijn om schermen te plaatsen.

Bij de pakketten 3 en 4 merkten we in paragraaf 4.6.3 al op dat de gezondheidseffecten gunstiger worden naarmate het generieke effect toeneemt. Daarom hebben we in de onderstaande eindscore-tabellen de additionele gezondheidseffecten van pakketten 3 en 4 wanneer toegepast op knelpunten gescoord met een vraagteken (?), en wanneer toegepast in heel Nederland met een positief effect.

Tabel 24 Additionele gezondheidswinst van pakketten 3 en 4 t.o.v pakket 2

Alleen op knelpunt(en) toegepast			Generiek in Nederland toegepast	
NO ₂	~ 0	niet aangetoond (zie pakket 1)	NO ₂	~ 0
PM ₁₀	?	worden positiever	PM ₁₀	>0
PM _{2,5}	?	bij toepassing	PM _{2,5}	>0
Ozon	?	op meer knelpunten	Ozon	>0

In Tabel 25 zijn de gezondheidseffecten van de verschillende pakketten door middel van kwalitatieve scores samengevat.

Tabel 25 Gezondheidseffecten van pakket 1 t/m 4 (percentages zijn indicatief!)

Pakket	Maatregelen	Emissiereductie op de knelpunten	Effecten pakket op de volksgezondheid			
			NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	Ozon
1	homogeniseren en snelheidsverlaging	- 25%	~0	+++	+++	+++
2	- pakket 1 - afscherming	- 25% - 10%*	~0	+++	+++	+++
3	- pakket 2 - alleen Euro5 toelaten	- 35% - 25%	~0	+++ plus ?	+++ plus ?	+++ plus ?
4	- pakket 3 - geen dieselauto's toelaten	- 60% - 10 a 20%	~0	+++ plus ?	+++ plus ?	+++ plus ?

* Geen emissiereductie, maar werkt concentratieverlagend door extra verdunning
+++ plus ? Dit wil zeggen dat er nog een additioneel gezondheidseffect is boven op die van pakketten 1 en 2, maar dat grootte en omvang van dit additionele effect moeilijk zijn in te schatten in dit project. In z'n algemeenheid geldt dat het effect twijfelachtig is wanneer pakketten 3 of 4 op slechts op 1 knelpunt worden toegepast en positiever wordt naarmate ze op meer knelpunten worden toegepast.

Bij de bovenstaande resultaten is het goed op te merken dat er natuurlijk diverse onzekerheden zijn. Het gaat hier om een illustratie van de effecten van een reeks maatregelen die oploopt in ingrijpendheid en is bedoeld gevoel te krijgen voor de grootte-orde van deze effecten.

In het kort vinden de onzekerheden hun oorsprong in:

- de samenstelling en emissies van het voertuigenpark bevatten. Deze kunnen een grote invloed hebben op de schattingen voor 2010;

- het gebruikte model (KEMA STACKS). Dit model bevat net als elk ander model onzekerheden ten aanzien van de vorming en de verspreiding van NO₂ (in 2010), waardoor de berekening van de bijdragen van de weg in werkelijkheid anders kan zijn. Een uitgebreide beschrijving van de onzekerheidsbronnen in modellen geven we in het rapport “Modellen onder de loep” (KEMA en CE, 2003);
- de geschatte achtergrondconcentraties in 2010. Deze zijn gebaseerd op emissiescenario's in Nederland en Europa en kunnen in werkelijkheid anders uitpakken.

4.6.6

Conclusies

Met de verschillende pakketten zijn de NO₂- (en in veel mindere mate de PM₁₀-) concentraties op de knelpunten fors te verlagen. Van pakket 1 tot 4 kan in toenemende mate aan de jaargemiddelde NO₂-norm worden voldaan. De effecten op de volksgezondheid van pakketten 3 en 4 hangen af van de schaal waarop deze maatregelen worden ingevoerd. Bij zeer kleinschalige invoering, bijvoorbeeld op één knelpunt, bestaat de kans dat negatieve effecten van omrijden sterker zijn dan positieve effecten van milieutechnische innovatie aan de bron. Bij invoering op meerdere knelpunten gaan deze positieve effecten zwaarder meewegen.

Gelet op de effecten voor de volksgezondheid (met alle onzekerheden die er nog zijn) en de kosteneffectiviteit van de maatregelen, lijkt pakket 1 in ieder geval gunstig, mits aangetoond kan worden dat deze emissiereductie daadwerkelijk haalbaar is (deze is immers lokatie-afhankelijk). Indien een emissiereductie van 25% bereikt kan worden is het aannemelijk dat deze maatregel voor lichte knelpunten toereikend zal zijn om aan de norm te kunnen voldoen.

Voor ernstige knelpunten (en overigens ook op lichte knelpunten met minder reduceerbaar dynamiek dan in Overschie) zijn meer ingrijpende maatregelen nodig. Er moet dan wel op worden gelet dat de emissies niet alleen maar binnen de regio worden verplaatst, anders lost de maatregel misschien wel een juridisch maar geen gezondheidsprobleem op. Maatregelen die emissies verplaatsen naar minder dichtbevolkte regio's of, beter nog, echt reduceren aan de bron, verdienen vanuit gezondheidsoptiek de voorkeur. Bij bijvoorbeeld het pakket 3 ('sneller schoner', alleen doorlaten Euro5-vrachtauto's) betekent dit dat deze maatregel bij voorkeur niet op slechts één maar op meerdere knelpunten moet worden ingezet.

Het is belangrijk te realiseren dat de *juridische* normstelling niet gelijk op gaat met de gezondheidseffecten. Het juridische probleem concentreert zich op NO₂, terwijl volgens de nieuwste inzichten de gezondheid vooral negatief wordt beïnvloed door PM₁₀ en meer waarschijnlijk door de ultrafijne fractie hiervan. Deze bias maakt dat maatregelen wel de NO₂ concentraties kunnen verlagen, maar dat het effect op de gezondheid anders kan liggen en soms zelfs negatief kan uitpakken. Vooralsnog kan gesteld worden dat maatregelen die de NO₂ concentraties verlagen alleen een gezondheidsverbeterend effect hebben indien daarbij *ook de PM* emissie wordt verlaagd.



5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Inleiding

In deze rapportage hebben we gepoogd een zo volledig mogelijk overzicht te geven van mogelijke maatregelen om de luchtkwaliteit rond verkeerswegen te verbeteren en op hoofdlijnen inzicht te geven in de effecten, kosten, kosteneffectiviteit en haalbaarheid van die maatregelen. We hebben daarbij gekozen voor de volgende analysemethodiek:

Soorten van oplossingsrichtingen

Eerst hebben we op hoofdlijnen verschillende oplossingsrichtingen uitgewerkt. Deze oplossingsrichtingen verschillen onderling qua filosofie. Allereerst maken we onderscheid tussen generieke en knelpuntgebaseerde maatregelen. Vervolgens splitsen we binnen deze maatregelen verder op: richten de maatregelen zich primair op minder verkeer? Op schoner verkeer? Op een andere manier van mobiliteitsafwikkeling? Of moet juist de omgeving van de weg maatregelen treffen?

Probleemanalyse

Alvorens we op basis van deze oplossingsrichtingen een meer gedetailleerde en kwantitatieve analyse kunnen maken hebben we een gedetailleerde probleemanalyse gemaakt die ons moet helpen bij de effectiviteitsvraag. De hamvraag bij de probleemanalyse was immers: waar komen de hoge concentraties van NO_2 en PM_{10} op knelpunten nu precies vandaan? Hiertoe hebben we een gemiddelde bepaald van de bijdragen aan de luchtkwaliteit op 50 meter van de snelweg in drie probleemgevallen (Badhoevedorp, Overschie, Voorburg). Dit gemiddelde noemen we het 'voorbeeldknelpunt'. Uit deze gedetailleerde probleemanalyse komen de onderstaande bevindingen naar voren.

5.2 Belangrijkste bevindingen uit de probleemanalyse

Onze analyse van de problematiek met luchtkwaliteit rond snelwegen behandelt eerst de gezondheidseffecten van NO_2 en fijn stof. Daarbij zijn ook de kleinere fracties ($\text{PM}_{2,5}$) beschouwd. In het kort luiden de conclusies als volgt:

- NO_2 is wellicht het minst schadelijk (wel statistisch maar geen causaal verband tussen actuele concentraties en effecten);
- PM_{10} is schadelijk (wel verband (ook mogelijk causaal) tussen actuele concentraties en effecten, geen drempelwaarde);
- $\text{PM}_{2,5}$ is wellicht meest schadelijk (wel verband tussen actuele concentraties en effecten, geen drempelwaarde; relatief hoge "relative risks" gevonden).

Hoewel NO_2 op zichzelf niet erg toxisch is, blijft het erg zinvol om de emissies van deze component te reduceren. De NO_2 -concentratie is namelijk indirect wel van belang, omdat het een precursor is van secundair $\text{PM}_{2,5}$ en van ozon die wel directe gezondheidseffecten hebben.

De analyse naar de bijdragen van de verschillende bronnen aan de totale concentraties van NO_2 en PM_{10} rond snelwegen geeft de volgende bevindingen:

NO₂

- Op het gebied van NO₂ blijkt dat gemiddeld *ruim de helft* van de concentratie op het voorbeeldknelpunt in 2010 (25 van de 45 µg/m³) te herleiden is van het Nederlandse wegverkeer. Hiervan is ruwweg 15 µg/m³ van het snelwegverkeer ter plekke en ruwweg 10 µg/m³ van de achtergrondconcentratie die door het Nederlandse wegverkeer wordt veroorzaakt;
- van de overige 20 µg/m³ komt ca. 14 µg/m³ uit andere Nederlandse bronnen en 6 µg/m³ uit het buitenland;
- de vrachtauto levert met afstand de grootste bijdrage aan de concentraties op knelpunten. Ongeveer 60% van de verkeersbijdrage, ofwel 15 µg/m³, komt van de vrachtauto (knelpunt plus achtergrond). In totaal is dit eenderde deel van de concentratie op het knelpunt;
- van het vrachtauto-aandeel komt in 2010 ruwweg een vijfde deel van Euro 2 en ouder (bouwjaar 1996-2000) en ruim de helft van Euro 3 en ouder (bouwjaar 2000-2005);
- naast de vrachtauto zijn ook de personenauto op diesel (ca. 10% van de totale concentratie op het knelpunt) en de bestelauto op diesel (ca. 5%) nog relevante bronnen.
- door de Nederlandse emissies van deze drie bronnen geheel te elimineren kan dus in principe de concentratie op het voorbeeldknelpunt met ongeveer de helft worden verminderd. Het geheel elimineren van deze drie bronnen in *het snelwegverkeer op het knelpunt* scheelt ongeveer eenderde in concentraties.

PM₁₀

Op het gebied van PM₁₀ heeft Nederland veel minder invloed en is het lokale verkeer veel minder van belang dan bij NO₂. Waar bij NO₂ het Nederlandse wegverkeer ruim de helft van de concentratie op knelpunten veroorzaakt is dit bij PM₁₀ iets meer dan 10% (3,8 van de 32 µg/m³). Bij PM₁₀ is in 2010 de personenauto op diesel de belangrijkste bron, daarna vrachtauto's, gevolgd door bestelauto's.

5.3 Pro's en contra's van de oplossingsrichtingen

Volgend op de probleemanalyse hebben we een analyse gemaakt van een aantal 'oplossingsrichtingen' die allemaal een bijdrage zouden kunnen leveren aan het verminderen van luchtkwaliteitsknelpunten. Het betreft dus geen individuele specifieke maatregelen maar geclusterde sets van maatregelen. Een uitgebreide tabel met scores van de oplossingsrichtingen op een aantal criteria staat in paragraaf 4.5. Hieronder treft u een compacte versie aan (Tabel 26) met de meest opvallende voor- en nadelen van de diverse oplossingsrichtingen.

Tabel 26 De pro's en contra's van de oplossingsrichtingen

Oplossingsrichting	Pro	Contra
Generieke maatregelen		
Alle generieke maatregelen	werken vaak op achtergrond én knelpunt levert additionele voordelen (minder verzuring, smogvorming, ...)	in hoge mate externe factor waar weinig invloed op is uit te oefenen vanuit luchtkwaliteitsperspectief
A: Sneller schoner	in potentie kosteneffectief	kosteneffectieve prikkels blijken moeilijk implementeerbaar (bijv. gedifferentieerde km-heffing)
B: Volumebeperking	duur vanuit macro-economisch perspectief werkt slechts beperkt door in knelpunt	goedkoop voor overheid eenvoudig implementeerbaar
C: Inzet op techniek	kan op lange termijn effectief zijn	effectiviteit op korte termijn onzeker geringe invloed NL op voertuigtechniek
D: Overig verkeer (trein, schip, etc.)	in het algemeen kosteneffectief	werkt alleen op achtergrond, niet op knelpunt soms afhankelijk van internationale besluitvorming soms juridisch moeilijk haalbaar
E: Overige bronnen (landbouw, huishoudens, buitenland)	in potentie kosteneffectief	werkt alleen op achtergrond, niet op knelpunt
F: Snelheidsbeperking en homogeniseren van de verkeersstroom	additionele voordelen: veiligheid, congestie	
Knelpuntspecifieke maatregelen		
A: Sneller schoner	in potentie erg kosteneffectief prikkelt innovatie en daarmee ook achtergrondconcentratie	handhaving: ontwikkeling methode(n) voor herkennen 'schone' voertuigen
B: Volumebeperking	voor overheid relatief eenvoudig en goedkoop	macro-economisch erg duur vergeleken met 'sneller schoner'
C: Inzet op techniek	op termijn veelbelovend	op kortere termijn onzeker; beperkte invloed NL op voertuigtechniek
F: Snelheidsbeperking en homogeniseren van de verkeersstroom	kosteneffectief; nevenvoordeel geluid; haalbaarheid en effectiviteit aangetoond	strikte handhaving nodig; bij grootschalige inzet capaciteitsprobleem
G: Passieve afscherming	nevenvoordeel geluid; zowel verkeer als omwonenden ongehinderd	relatief duur voor de overheid doet niets aan emissies
H: Actieve verdunning van concentraties	kan tijdelijk wellicht soelaas bieden; weinig bekend	nadeel op geluid en energiegebruik ? wellicht erg duur ? wellicht vooral tijdelijke oplossing ? doet niets aan emissies
I: Vrijwaring / RO	nevenvoordelen op geluid en kwaliteit leefomgeving	i.h.a. zeer duur en ingrijpend voor betrokkenen doet niets aan emissies vervuiler betaalt niet
J: Relocatie	nevenvoordelen op geluid en kwaliteit leefomgeving	ook duur, maar minder dan vrijwaring vervuiler betaalt niet

Alles overziend zijn de volgende zaken opvallend:

Allereerst een opmerking over generiek beleid. Hoewel generiek beleid in het verleden goed heeft gewerkt om luchtkwaliteit te verbeteren (Europese emissie-eisen!), vaak nevenvoordelen biedt buiten luchtkwaliteit en vaak zowel werkt op achtergrond- als knelpuntemissies willen we toch waarschuwen voor teveel optimisme hierover in het kader van de implementatie van de luchtkwaliteitswetgeving:

Ten eerste staat de besluitvorming rond generiek beleid vaak geheel los van de besluitvorming rond luchtkwaliteitsknelpunten. Daarmee is generiek beleid dus vaak een externe factor waar wel méé, maar niet óp kan worden gerekend bij het oplossen van luchtkwaliteitsknelpunten.

Ten tweede lijkt op het gebied van generiek beleid het laaghangende fruit grotendeels geplukt. Het is meestal ofwel een kwestie van hoge kosten (bijvoorbeeld sloopregelingen) ofwel maatschappelijke weerstand (bijvoorbeeld prijsbeleid) ofwel een heel lange adem (emissie-eisen voor nieuwe scheepsmotoren, waar grote effecten pas rond 2020 te verwachten zijn). Het lijkt dan ook moeilijk om grote emissiereducties in 2010 te bereiken *boven* op het al vastgestelde beleid.

Snelheidsverlaging en homogenisering op knelpunten lijken 'laaghangend fruit': effectief en uitvoerbaar gebleken, en tegen beperkte kosten. Daarom lijkt gedegen studie naar optimale inzet van dit instrument, en naar mogelijkheden om knelpunten in de handhavingscapaciteit op te lossen zeer aan te bevelen. Verder blijkt binnen de 'verkeersmaatregelen' (volumebeleid, sneller schoner, inzet op techniek) de oplossingsrichting 'sneller schoner' aanzienlijke effecten te kunnen hebben tegen veel lagere kosten dan 'volumebeleid'. In concreto: alleen 'Euro5' vrachtauto's doorlaten is veel kosteneffectiever dan bijvoorbeeld 'alleen vrachtverkeer tot 12 ton doorlaten' omdat het vervangen van vuil door schoon materieel zeer waarschijnlijk veel goedkoper is dan het rijden met te klein materieel, of er zelfs helemaal niet door mogen. 'Slim filteren' op een knelpunt, dus niet op basis van *voertuigcategorieën* maar op basis van *emissieprestatie*, biedt daarom perspectief. Wel is de handhaving van een dergelijke 'slimme filtering' vanzelfsprekend wat complexer. Bij dit alles is om redenen van effectiviteit een focus op vrachtverkeer zeer aan te bevelen, en daarna op personen- en bestelauto's op diesel.

Maatregelen in de sfeer van ruimtelijke ordening zijn al snel erg duur wanneer het grootschalige ingrepen betreft die alléén worden getroffen om redenen van luchtkwaliteit. Natuurlijk kunnen sommige kleinschaliger ingrepen, zoals het verplaatsen van scholen, in specifieke gevallen veel soelaas bieden. Ook kunnen dergelijke maatregelen toch te verkiezen zijn als de bijvoorbeeld samenvallen met herstructureringsprojecten of maatregelen ter vermindering van geluidhinder. Maatwerk lijkt hier dus eerder te verkiezen dan grootschalige sanering.

5.4 Aanbevelingen

In deze paragraaf geven we een aantal aanbevelingen die zijn gebaseerd op onze bevindingen gedurende dit project. De meeste aanbevelingen kunnen aanknopingspunten bieden voor invulling van het IPL.

5.4.1 Dichten van kennisleemtes

In dit project hebben we geconstateerd dat op een aantal gebieden de kennis omtrent maatregelen – nog steeds – te kort schiet voor het trekken van

scherpe conclusies. De volgende activiteiten kunnen worden verricht om deze leemtes te dichten:

- onderzoek naar korte-termijn technische haalbaarheid, kosten en (neven)effecten van meer 'exotische' oplossingsrichtingen zoals actieve verdunning van concentraties, katalytische wegoppervlakken e.d.;
- macro-economische (kentallen) kosten-batenanalyse of kosteneffectiviteitsanalyse voor maatregelen op individuele knelpunten of sets van knelpunten om de maatschappelijke kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen en oplossingsrichtingen beter te onderbouwen. Zoals ook in paragraaf 5.4.3 wordt toegelicht zal het belang van het kosteneffectiviteitscriterium in dit dossier de komende jaren waarschijnlijk toenemen.

5.4.2 Wegnemen blokkades implementatie

Daarnaast hebben we op een aantal vlakken concrete obstakels aangetroffen die een snelle implementatie van maatregelen in de weg staan.

- 'Slim filteren'. In het project is duidelijk geworden dat het 'slim' filteren van verkeer op basis van emissiekenmerken (bijvoorbeeld Euroklasse, of misschien zelfs op afstand gemeten emissie) in principe maatschappelijk veel kosteneffectiever is dan het weren van bepaalde voertuigcategorieën, zoals bijvoorbeeld alle vrachtverkeer boven 12 ton. Maar het is nog niet helemaal duidelijk op welke manier zo'n filtering zou kunnen worden geïmplementeerd en gehandhaafd. Onderzoek naar mogelijkheden om zo'n filtering toe te passen zou dit obstakel kunnen wegnemen;
- Handhaving, met name de capaciteit bij het Ministerie van Justitie. Veel maatregelen, zoals het 'Overschie-pakket' of het selectief of generiek filteren van verkeer, vereisen flinke inspanningen in de sfeer van handhaving. De handhavingscapaciteit is een van de bottlenecks voor het snel invoeren van dergelijke maatregelen. Een inventarisatie van de omvang van dit probleem en een plan van aanpak om het op te lossen strekt daarom tot aanbeveling;

5.4.3 Verbreding geografische en tijdschhorizon

Ten slotte is in de loop van het project duidelijk geworden dat er niet alleen implementatieblokkades zijn door gebrek aan inzicht omtrent kosten en effecten van maatregelen, maar ook, en wellicht nog meer, door gebrek aan inzicht in bestuurlijke verantwoordelijkheden en juridische consequenties rond het luchtkwaliteitsdossier. Wie is nu precies aanspreekbaar waarvoor, en onder welke omstandigheden dreigen juridische consequenties vanaf 2010?

Om hier meer duidelijkheid te scheppen zouden twee typen van perspectiefverbreding zinvol kunnen zijn.

De eerste is een 'transatlantische' verbreding. Terwijl in Europa pas sinds enkele jaren serieus wordt gediscussieerd over luchtkwaliteitsnormen, maatregelen, bestuurlijke verantwoordelijkheden en dergelijke, speelt deze discussie in de Verenigde Staten al enkele decennia, en is zij met het van kracht worden van de Clean Air Act in 1991 gevat in een zeer gedetailleerde en krachtige wetgeving. Het lijkt zonder meer de moeite te lonen om de ervaringen met de Clean Air Act te vertalen naar de Europese en Nederlandse ervaring, bijvoorbeeld op het gebied van

- regeling van bestuurlijke verantwoordelijkheden;

- jurisprudentie (wanneer heeft de rechter nu feitelijk afzonderlijke staten, de EPA en eventueel anderen in gebreke gesteld ?);
- getroffen sancties;
- ...

De tweede is een verbreding in de tijdshorizon. Zoals bekend zal de Europese Commissie op korte termijn de dochterrichtlijn 1999/30 over SO₂, lood, NO₂ en PM₁₀ herzien. Dit was de eerste dochterrichtlijn onder de kaderrichtlijn 96/62. Daarna zijn nog twee andere dochterrichtlijnen en een voorstel voor een vierde dochterrichtlijn gepubliceerd over allerlei andere stoffen zoals ozon, benzeen en kwik. Op één punt verschillen de latere (voorstellen voor) dochterrichtlijnen met de eerste dochterrichtlijn en dat is het punt van kosteneffectiviteit. Waar in de latere richtlijnen kosteneffectiviteit expliciet als evaluatiecriterium in rapportages is opgenomen is dit in de eerste dochterrichtlijn over NO₂ en PM₁₀ niet het geval. Het lijkt dan ook waarschijnlijk dat gedurende het herzieningsproces een dergelijke verwijzing naar kosteneffectiviteit van maatregelen ook in de NO₂- en PM₁₀-richtlijn zal worden opgenomen. Dit benadrukt nogmaals het belang van dit criterium bij het treffen van toekomstige maatregelen, en maakt het tevens twijfelachtig of al vóór deze herziening moet worden besloten over maatschappelijk zeer dure maatregelen - met name dus in de sfeer van vrijwaringszones - om knelpunten op te lossen.

Referenties

Acid Rain, 2001

Air pollution and health. Environmental fact sheet no. 9

Acid News no. 2, june 2001

www.acidrain.org

Brunekreef et al., 2002

Air pollution and health

Brunekreef, B. and ST. Holgate

the Lancet, vol. 360, pp. 1233-1242, 19 Oct. 2002

CE, 1997

Hoe schoon is het Nederlandse vrachtwagenpark?

In samenwerking met Goudappel Coffeng

Deventer/Delft, december 1997

CE, 1998

Snelheidsbegrenzing van bestelwagens en lichte trucks – Effecten op milieu en economie

Dings, J.M.W., W.J. Dijkstra en D. Metz,

Delft, maart 1998

CE, 2000

Luchtkwaliteit langs het Nederlandse snelwegennet in 2010; Analyse van knelpunten en oplossingen

Metz, D (CE), P. Janse (CE), J.M. Faber (Witteveen+Bos), S.D. Teeuwisse (TNO-MEP)

Delft, september 2000

CE, 2001

Benzine, diesel en LPG: balanceren tussen milieu en economie; Update van 'Optimale brandstofmix voor het wegverkeer'

Kampman, Bettina, Joost Vermeulen, Jos Dings

Delft, augustus 2001

CE, 2001b

Investeren in lokale milieukwaliteit en ruimte

Leurs, B., P. Janse

Delft, december 2001

ECN, 2001

Particulate matter in urban air: Health risks, instrumentation and measurements, and political awareness

Weijers, E.P., A. Even, G.P.A. Kos, A.T.J. Groot, J.W. Erisman, H.M. ten Brink

ECN-R--01-002, Juli 2001

Neas, 2002.

Plus modeling issues,

Neas, L.M.

Presentation to International Society for Environmental Epidemiology, August 11, 2002

Hoek et al., 2002

Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study

Hoek, G., B. Brunekreef, S. Goldbohm, P. Fischer, P. Brandt.
the Lancet, vol. 360, pp 1203-1209, 19 Oct. 2002

de Hollander, 1999

An aggregate public health indicator to represent the impact of multiple environmental exposures.

A.E.M de Hollander, J.M. Melse, E. Lebret, P. G. N. Kramers
Epidemiology, Vol. 10 No. 5, pp 606-617, september 1999

KEMA en CE, 2003

Modellen onder de loep

Erbrink, H. (KEMA), J.P.L. Vermeulen (CE), L.J. (Rens) Kortmann (CE)
Arnhem/Delft, december 2003

Künzli, N. et al., 2000

Public-health impact of outdoor an traffic-related air pollution: a European assessment

Künzli N., R. Kaiser, S. Medina, M. Studnicka, O. Chanel, P. Filliger, M. Her-ry, F. Horak, V. Puybonnieux-Textier, P. Quénel, J. Schneider, R. Seethaler, J-C Vergnaud, and H. Sommer
the Lancet, vol 356, pp 795-801, september 2, 2000

RIVM, 2002

Realisering EU-NO₂ normen in Nederland; Implementatie 1e EU-dochterrichtlijn

Folkert R.J.M. H.C. Eerens, M. Odijk, P.B. van Breugel, L. van Bree
RIVM rapport 725601006/2002

RIVM, 2002b

On health risks of ambient PM in the Netherlands

Editors: Eltjo Buringh and Antoon Opperhuizen

RIVM report 650010 032

Bilthoven, oktober 2002

RIVM, 2003.

Notitie NO₂-aandachtspunten rond snelwegen in 2010 en 2015 in Nederland.

Blom, W.F., H.S.M.A. Diederén, R.J.F. Folkert en K. van Velze
Augustus 2003

RIVM en CE, 2003

Optiedocument verkeersemissies – Effecten van maatregelen op verzuring en klimaatverandering

RIVM & CE, 2003, in wording

RWS, 2003

Evaluatie 80 km/uur-maatregel A13 Overschie, Doorstroming en Verkeers-veiligheid

Rapportage Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, Afdeling VIV, mei, 2003

Stieb et al., 2003

Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: Update in relation to the use of generalized additive models

Stieb, D.M., S. Judek, R.T. Burnett

Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 53, pp 470-484, March 2003.

TNO, 2001

Emissies en files – Bepalen van emissiefactoren; Eindrapportage fase 2

Gense, Raymond, Erik van de Burgwal, Dion Bremmers

Mei 2001, TNO-rapport 01.OR.VM.043.1/NG.

TNO, 2003

Onderzoek naar effecten van de 80 km/u maatregel voor de A13 op de luchtkwaliteit in Overschie

Wesseling, J. et al.

TNO-rapport R2003/258

Apeldoorn, juni 2003

Veurman et al, 2002

Files zorgen vooral lokaal voor milieueffecten, in: *Verkeerskunde*, nr. 2, 2002.

Veurman, J, I. Wilmink, R. Gense, H. Baarbé.

Vonk en Schouten, 2001

Daily emergency hospital admissions and air pollution in the Netherlands 1992-1999

Vonk, J.M., Schouten, J.P., 2001., concept RUG rapport december 2000

WHO, 2003

Health aspects of air pollution with particulate matter, ozon and nitrogen dioxide

Report on a WHO Working Group

Bonn, Germany, 13-15 January 2003

Persoonlijke communicatie:

Hoen, 2003

Data ontvangen via e-mail van Dhr. A. Hoen, RIVM

Keuken, 2003

Telefonische informatie van Dhr. M. Keuken, TNO-MEP

Metz, 2003

Overzicht van verwachte knelpunten en prognoses (berekend met TNO-verkeersmodel) door TNO voor de knelpunten A9 Badhoevedorp en A12 Voorburg, ontvangen via Dhr. Metz, DWW

Van de Bos, 2003

Telefonische informatie van Dhr. K. van den Bos, InfoMil

Van den Brink, 2002

Data ontvangen via e-mail van Dhr. R. van den Brink, RIVM



CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Weg wijzer bij knelpunten

Oplossingsrichtingen voor
betere luchtkwaliteit
rond snelwegen

Bijlagen

Rapport

Delft, december 2003

Opgesteld door: J.P.L. (Joost) Vermeulen
L.J. (Rens) Kortmann
L.C. (Eelco) den Boer
J.M.W. (Jos) Dings
H. (Hans) Erbrink (KEMA)





A Factsheets van maatregelsoorten

A.1 Inleiding

In deze bijlage staan factsheets die voor elke groep uit Tabel 16 zijn opgesteld. Deze factsheets geven op beknopte wijze meer informatie over de verwachte effecten van maatregelsoorten.

A.2 Maatregelen voor generiek beleid

Groep A: Sneller schoner		Generiek	
Korte beschrijving:	De maatregelen in deze groep zijn bedoeld om bestaande schone technieken versneld aan te scherpen. Dit leidt tot een lagere uitstoot van emissies per voertuigkilometer en dus tot een lagere concentratie van NO ₂ en PM ₁₀ . De hierbij behorende instrumenten kunnen zowel van economische (gedifferentieerde km-heffing) als juridische (verbod) aard zijn.		
Optie heeft als hoofddoel:	Het verlagen van de emissies per voertuigkilometer. Moderne motoren emitteren zo'n 70 tot 95% minder emissies dan motoren uit midden jaren '80. Dit betekent dat met het versneld uifasieren van oude personen- en vrachtwagens (Euro 0, 1 en 2) de gemiddelde emissiefactor van het wagenpark verlaagd kan worden. Dit heeft een verlaging van de achtergrondconcentraties van NO ₂ en PM ₁₀ tot gevolg (op knelpunten is de werking dubbel!).		
Aangrijpingspunt:	Bestaande schone technologie in voertuigen		
Termijn:	Deze groep bestaat uit maatregelen met werking gedurende zowel een lange als een korte termijn. Schone technologieën zijn na een aantal jaren de standaard. Stimuleringsprogramma's hebben daarom een vrij korte werkingsduur. Differentiatie van MRB en een naar Euroklasse gedifferentieerde km-heffing zijn voorbeelden van economische instrumenten met een lange termijn werking.		
Effect:	Daling achtergrondconcentraties (µg/m ³)		
		Meest realistisch	Bandbreedte
	NO ₂	0.9	0 – 1.7
	PM ₁₀	0.05	0 – 0.1
Toelichting effect			
De effecten van 'sneller schoner' maatregelen zijn geschat op basis van de probleem analyse uit hoofdstuk 2. Het weren van Euro 0, 1 en 2 voertuigen van het Nederlandse wegennet levert maximaal 1.7 µg/m ³ verlaging van de achtergrondconcentratie NO _x op (hoofdstuk 2). Een realistische schatting bij de uitvoering van kosteneffectief beleid is het gemiddelde van 0 en 1.7, een verlaging van 0.9 µg/m ³ .			
De bijdrage van PM ₁₀ emissies op de achtergrondconcentratie van PM is zeer klein. Zelfs drastische maatregelen, zoals het weren van alle Euro 0, 1 en 2 auto's levert slechts een vermindering van de concentratie van maximaal 0.1 µg/m ³ (hoofdstuk 2).			
Neveneffecten			
Veiligheid: 0			
Geluid: 0			
Bereikbaarheid: 0			
Kosten-effectiviteit (€ per kg emissiereductie)		Toelichting kosten-effectiviteit	
± 1-5 €/kg NO _x (sloopregeling, scheepsmotoren)		Bron: RIVM, 2003	
± 35-70€/kg PM ₁₀ (retrofitten oude dieselpersonenwagens)			
Haalbaarheid			
Technisch: ++			
Juridisch: ++			
Veelbelovende maatregelen in groep (zie bijlage B):			
• Sloopregeling oude auto's (Euro 0, 1 en 2) • Naar Euroklasse gedifferentieerde MRB, ook boven 25 jaar. • Naar Euroklasse gedifferentieerde km-heffing op gehele wegennet • Vervanging scheepsmotoren versnellen • Stimuleren retrofitten Euro I en II diesel personenauto's			
Gebruikte bronnen			
RIVM (2003) Optiedocument verkeersemissies – Effecten van maatregelen op verzuring en klimaatverandering, RIVM & CE, 2003.			

Groep B: Volumebeperking		Generiek	
Korte beschrijving:	Maatregelen uit de groep volumebeperking reduceren het aantal voertuigkilometers en dus de totale verkeersemisies. Daardoor wordt de achtergrondconcentratie van NO ₂ en PM ₁₀ lager. De instrumenten kunnen zowel van economische (km-heffing) als juridische (verbod) aard zijn. We zetten in deze factsheet de effecten op de luchtkwaliteit van een gedifferentieerde kilometerheffing en een accijnsverhoging uiteen.		
Optie heeft als hoofddoel:	Het beperken van het aantal voertuigkilometers en daarmee de emissies van NO _x en PM ₁₀ . Hierdoor wordt de achtergrondconcentratie van NO ₂ lager en daarmee de concentratie op knelpunten.		
Aangrijpingspunt:	Beperking vervoersvolume		
Termijn:	Het maatregelpakket heeft een lange termijn werking		
Effect:	Daling achtergrondconcentraties (µg/m ³)		
		Meest realistisch	Bandbreedte
	NO ₂	0.6	?
	PM ₁₀	0.1	?
Toelichting effecten			
De schatting van het effect van 'volumebeperking' is gebaseerd op twee maatregelen: indexering van de brandstofaccijns en een gedifferentieerde kilometerheffing.			
Indexering van accijns op motorbrandstoffen remt de vraag naar transport op de langere termijn. In 2010 is de emissiereductie geschat op grofweg 3 kton NO _x en 0.2 kton PM ₁₀ ten opzichte van de referentieraming (RIVM, 2003). Een gedifferentieerde kilometerheffing op het gehele wegennet voor vrachtwagens en trekkers kan de NO _x -emissies met 1.5 tot 3.5 kton (afhankelijk van tarief) doen afnemen en de PM ₁₀ -emissies met 0.1 kton. Gezamenlijk leveren deze instrumenten een reductie op van grofweg 6 kton NO _x (uitgaande van een hoog tarief) en 0.3 kton PM ₁₀ (RIVM, 2003).			
Met behulp van deze maatregelen kan de NO _x -uitstoot van het verkeer, en daarmee de bijdrage van het verkeer aan de achtergrondconcentratie van NO ₂ met 6% worden teruggedrongen. Dit levert een verlaging van de achtergrondconcentratie van NO ₂ met 0.6 µg/m ³ op. De PM ₁₀ -emissies dalen met 7%. Hierdoor daalt de achtergrondconcentratie van PM ₁₀ met 0.1µg/m ³ .			
Neveneffecten			
Veiligheid: +			
Geluid: +			
Bereikbaarheid: +			
Maatschappelijke kosten-effectiviteit (€ per kg emissiereductie)			Toelichting kosten-effectiviteit
Kilometerheffing: -7 €/kg			Negatieve kosteneffectiviteit levert per saldo geld op. (RIVM, 2003)
Accijnsindexering: -30 €/kg			
Haalbaarheid			
Technisch: ++			
Juridisch: –			
Veelbelovende maatregelen in deze groep			
• Kilometerheffing vrachtwagens • Indexeren brandstofaccijnzen • Stimuleren carpoolen/thuiswerken • Restrictief parkeerbeleid			
Gebruikte bronnen			
RIVM (2003) Optiedocument verkeersemisies – Effecten van maatregelen op verzuring en klimaatverandering, RIVM & CE, 2003.			

Groep C: Inzet op techniek			Generiek
Korte beschrijving:	Deze groep omvat maatregelen die inzetten op technologische ontwikkeling. Als zij worden toegepast in voertuigen zullen de emissies per verplaatsing afnemen. Deze groep verschilt van groep A: 'sneller schoner' omdat hierin juist nieuwe technologieën worden behandeld.		
Optie heeft als hoofddoel:	Het reduceren van emissies per voertuigkilometer door het stimuleren en toepassen van innovatieve technische maatregelen, al dan niet in combinatie met normstelling, convenanten en subsidies.		
Aangrijpingspunt:	Nieuwe technologie in voertuigen		
Termijn:	De groep heeft een korte termijn werking. Het instrumentenpakket moet van tijd tot tijd worden bijgesteld om effectief te blijven.		
Effect	Daling achtergrondconcentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		Meest realistisch	Bandbreedte
	NO ₂	1,3	0 – 2.5 (indicatief max.)
	PM ₁₀	0,2	0 – 0.3 (indicatief max.)
Toelichting effect			
De effecten van de 'inzet op techniek' zijn moeilijk in te schatten. Op basis van vijf representatieve maatregelen wordt een inschatting van de verandering van de achtergrondconcentratie gemaakt.			
1 Als de brandstofcel zijn intrede doet in de personenwagens, bussen en vrachtwagens, kan dit de luchtverontreinigende emissies van het verkeer aanzienlijk reduceren. Echter in het zichtjaar 2010 wordt de brandstofcel waarschijnlijk nog niet commercieel toegepast. Daarom nemen we de effecten niet mee in dit overzicht.			
2 De emissienormen voor nieuwe voertuigen (Euro IV) zijn inmiddels zo streng dat roetfilters al standaard toegepast worden of binnenkort zullen worden. Het stimuleren van de toepassing van roetfilters heeft alleen nog zin, wanneer dit op bestaande voertuigen betrekking heeft (retrofit). Bijvoorbeeld, het retrofitten van alle Euro 0 t/m 3 vrachtwagens (>3.5 ton GVW) kan een reductie met zich meebrengen van zo'n 15% van alle PM ₁₀ -verkeersemissies. Het retrofitten van alle diesel personenwagens levert ook een reductie van 15% op, ten opzichte van de referentie in 2010 (hoofdstuk 2).			
3 Ook in-car instrumenten (cruise control en econometer) worden meer en meer toegepast in auto's. De effecten van het stimuleren van maatregelen op dit gebied zullen daarom ook niet groot zijn (RIVM, 2003).			
4 De introductie van water-diesel emulsies (aquazole) kan de emissie van NO _x en PM ₁₀ met respectievelijk 15 – 30% en 10 – 50% verminderen. Internationaal zijn er al enige ervaringen met de toepassing van aquazole in bussen (Totalfinaelf).			
5 Het stimuleren van aardgas als brandstof (ter vervanging van diesel) en hybride voertuigen (verbrandingsmotor + electromotor) kan de luchtverontreinigende emissies terugdringen. Een CNG vrachtwagen emitteert ruwweg eenderde minder PM ₁₀ en de helft minder NO _x dan een dieselvrachtwagen (Euro 4) Hybride voertuigen kunnen de luchtverontreinigende emissies met 20 tot 40% terugdringen (CE, 2001).			
Op basis van de vijf genoemde maatregelen schatten we dat door een stevige inzet op techniekontwikkeling en markttoepassing van de maatregelen in 2010 maximaal ruwweg 25% van de NO _x en PM ₁₀ -emissies vermeden worden. De achtergrondconcentratie van NO ₂ en PM ₁₀ neemt hierdoor met respectievelijk 2.5 en 0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ af. Als meest realistische waardes nemen we de middenschattingen.			
Neveneffecten			
Veiligheid: o			
Geluid: o			
Bereikbaarheid:o			
Kosten-effectiviteit (€ per kg emissiereductie)		Toelichting	
55-135 €/kg (roetfilter vrachtwagen)		Bronnen: CE, 2001 en RIVM, 2003	
35 €/kg (hybride bus en vrachtwagen)		De kosten-effectiviteit van een roetfilter hangt af van de Euroklasse van de vrachtwagen	
Haalbaarheid			
Technisch: –			
Juridisch: +			
Veelbelovende maatregelen in deze groep			
• Roetfilters op vrachtauto's en bussen stimuleren • Introduceren en stimuleren van waterstof als brandstof • Stimuleren hybride voertuigen • Stimuleren van aardgas als brandstof • Stimuleren van gebruik in-car instrumenten • Introductie water-diesel emulsie als brandstof			
Gebruikte bronnen			
RIVM (2003) <i>Optiedocument verkeersemissies – Effecten van maatregelen op verzuring en klimaatverandering</i> , RIVM & CE, 2003.			
CE (2001) <i>Benzine, diesel en LPG: balanceren tussen milieu en economie</i> .			

Groep D: Overig verkeer		Generiek	
Korte beschrijving:	Deze groep omvat maatregelen ter reductie van de emissies van NO _x en PM ₁₀ in het overig verkeer (niet-wegverkeer).		
Optie heeft als hoofddoel:	Het verlagen van emissies van het overig verkeer kan de achtergrondconcentratie van NO ₂ en PM ₁₀ verlagen. Het in ogenschouw nemen van de gehele transportsector geeft de overheid mogelijkheden om de meest kosteneffectieve maatregelen te nemen.		
Aangrijpingspunt:	Emissies overig verkeer		
Termijn:			
Effect	Daling achtergrondconcentraties (µg/m ³)		
		Meest realistisch	Bandbreedte
	NO ₂	0.9	0 – 1.4
	PM ₁₀	?	?
Toelichting effect			
De effecten van ‘Overig verkeer’ zijn geschat op basis van data over emissiereductie in de binnenvaart en op het spoor:			
1 Maatregelen in de binnenvaart (subsidieregeling of gebruiksheffing) kunnen 3 tot 8 kton NO _x -reductie tweeweg brengen (RIVM, 2003).			
2 De maatregelen die op het spoor genomen kunnen worden (accijnsverhoging tot tarief voor weg en differentiatie vergoeding naar milieukeurmerken) leveren in absolute zin weinig milieuwinst op. Slechts 0.2 kton NO _x .			
Een reductie van 5 kton NO _x in de binnenvaart en op het spoor, verlaagt de emissies van niet-wegverkeer met 20%. De achtergrondconcentratie van NO ₂ neemt hierdoor af met 0.9 µg/m ³ (RIVM, 2003).			
Van de effecten op PM ₁₀ zijn geen gegevens gevonden.			
Neveneffecten			
Veiligheid: o			
Geluid: o			
Bereikbaarheid: o			
kosten-effectiviteit (€ per kg emissiereductie)		Toelichting	
± 1.5 €/kg NO _x (maatregelen binnenvaart)		Bron: RIVM, 2003.	
± 1 €/kg NO _x (maatregelen dieseltreinen)			
Haalbaarheid			
Technisch: ++			
Juridisch: ++			
Veelbelovende maatregelen in groep			
- Subsidieregeling retrofitten binnenvaartschepen met SCR De-Nox systemen - Gebruiksheffing binnenvaart gedifferentieerd naar NO_x-uitstoot - Accijnsverhoging voor diesel op het spoor - Gedifferentieerde gebruiksheffing spoor			
Gebruikte bronnen			
RIVM (2003) <i>Optiedocument verkeersemissies – Effecten van maatregelen op verzuring en klimaatverandering</i> , RIVM & CE, 2003.			

Groep F: homogeniseren en verlagen snelheid van de verkeersstroom		Generiek
Korte beschrijving:	De maatregelen in deze groep trachten de snelheid van het verkeer te verminderen en de dynamische componenten uit het verkeer te verwijderen, zodat een homogene verkeersstroom ontstaat. Dit gebeurt op verschillende manieren: handhaving (snelheidsbeperking zodat vrachtverkeer en personenverkeer met dezelfde snelheid rijden) infrastructurele maatregelen en het beïnvloeden van rijgedrag.	
Optie heeft als hoofddoel:	Het genereren van een homogene en lagere verkeersstroom (d.w.z. constante snelheden) waardoor de uitstoot van NO _x en PM ₁₀ wordt tegengegaan. Een geregelde drie-weg katalysator werkt namelijk optimaal bij een constante snelheid.	
Aangrijpingspunt:	Rijgedrag	
Termijn:	Meeste maatregelen in deze groep hebben effect gedurende een lange termijn.	
Effect	Daling achtergrondconcentraties (µg/m ³)	
	Meest realistisch	Bandbreedte
	NO ₂	0 - 0.3
	PM ₁₀	<0.1
Toelichting effecten Uit (Veurman e.a., 2002) blijkt dat de emissies van personenwagens gemiddeld grofweg met 20% afnemen bij een afname van de snelheid van 120 naar 100 km/h. Dit houdt in dat de NO_x-emissies van snelwegverkeer met 3 kton afnemen, een verlaging van de totale verkeersemissies met 3%. De bijdrage aan de achtergrondconcentratie van verkeer neemt ook met 3% af (hoofdstuk 2). De achtergrondconcentratie van NO₂ daalt hierdoor met 0.3 µg/m³. Dit is een maximum case, omdat op een groot aantal snelwegen al een maximum van 100 km/h geldt. Een afname van de snelheid van 120 naar 100 km/h zorgt ook voor een verlaging van de PM₁₀-emissies, en wel met 10% (Veurman, 2002). De achtergrondconcentratie PM₁₀ daalt dan met 0.08 µg/m³ (hoofdstuk 2). Homogeniseren op wegen zonder knelpunten bij hoge snelheden heeft minder effect dan op wegen waar de dynamiek erg groot is (stop- and go verkeer). Daarom zal het effect van generiek homogeniseren op landelijk niveau vrijwel nihil zijn als niet ook de maximum snelheid wordt verlaagd. Van de overige homogeniserings- en snelheidsbeperkende maatregelen zijn geen kwantitatieve gegevens bekend. De verwachting is echter dat het effect van deze maatregelen niet groot is. Een vermindering van de achtergrondconcentratie met 0.2 µg/m³ (middenschatting) kan gezien worden als een indicatie voor het totaal van het opgesomde pakket aan maatregelen. De grootste effecten worden verwacht van handhaving en verlagen van de maximum snelheid. We verwachten een marginaal effect op de concentratie van PM₁₀.		
Neveneffecten Veiligheid: + Geluid: + Bereikbaarheid: o		
Kosten-effectiviteit (€ per kg emissiereductie) < 0		Toelichting De kosten van snelheidsbegrenzing in bestelauto's en lichte trucks zijn lager dan de macro-economische baten (CE, 1998).
Haalbaarheid Technisch: + Juridisch: +		
Veelbelovende maatregelen in groep • Verlagen van de max. snelheid op snelwegen van 120 naar 100 km/h • Handhaving van max. snelheden (mbv. Trajectcontrole) • Landelijk inhaalverbod vrachtwagens • Stimuleren in-car instrumenten • 'Keep your lane' invoeren • Invoeren ISA (intelligente snelheids aanpassing, zie bijvoorbeeld http://www.gent.be/gent/verkeer/isa/)		
Gebruikte bronnen CE (1998), <i>Snelheidsbegrenzing van bestelwagens en lichte trucks – Effecten op milieu en economie</i>, J.M.W. Dings, W.J. Dijkstra en D. Metz, Delft, maart 1998. Veurman e.a. (2002), <i>Files zorgen vooral lokaal voor milieueffecten</i>, Veurman J., Wilmink I., Gense R. en Baarbé H, In: Verkeerskunde, nr. 2, februari 2002.		

A.3 Maatregelen voor snelwegverkeer op een knelpunt

Groep A: Sneller schoner		Knelpunt	
Korte beschrijving:	De maatregelen in deze groep zijn bedoeld om een lagere concentraties aan NO ₂ en PM ₁₀ op knelpunten te bewerkstelligen door bestaande technieken versneld aan te scherpen. De instrumenten om dit te stimuleren kunnen zowel van technische, economische (gedifferentieerde tol) als juridische (verbod) aard zijn.		
Optie heeft als hoofddoel:	Het verlagen van de emissies per voertuigkilometer. Moderne motoren emitteren zo'n 70 tot 95 % minder emissies dan motoren uit midden jaren '80. Dit betekent dat met het versneld uitschakelen van oude vracht- en personenwagens (Euro 0, I en II) de gemiddelde emissiefactor van het wagenpark verlaagd kan worden.		
Aangrijpingspunt:	Bestaande technologie in voertuigen		
Termijn:	Deze groep bestaat uit maatregelen met een werking gedurende lange termijn. Er wordt voorgoed afgerekend met vuile voertuigen. Goed gedifferentieerde heffingen (tol) en verboden geven een blijvende prikkel om een zo schoon mogelijk voertuig te rijden.		
Effect	Daling knelpuntconcentraties (µg/m ³)		
		Meest realistisch	Bandbreedte
	NO ₂	1.3	0 – 2.5
	PM ₁₀	0.3	0 – 0.6
Toelichting effecten			
Als op het voorbeeldknelpunt geen Euro 0, 1 en 2 wegvoertuigen meer rijden, dan daalt de concentratie van NO ₂ op het knelpunt met 2.5µg/m ³ (hoofdstuk 2). Wanneer alleen vrachtwagens geweerd worden is dit maximaal 1.9 µg/m ³ . Bij de inzet van kosteneffectieve maatregelen is het effect wellicht iets kleiner. Een realistische schatting voor een daling van de knelpuntconcentratie is dan ook 1.3 µg/m ³ .			
Voor PM ₁₀ is het effect van het weren van 'vuile' voertuigen op knelpunten veel kleiner, omdat de bijdrage van natuurlijke bronnen heel hoog is. Wanneer alle Euro 0, 1 en 2 voertuigen geweerd van de Nederlandse wegen, is het effect op het knelpunt maximaal 0.6 µg/m ³ verlaging. Een realistische schatting voor de daling van de PM ₁₀ concentratie op het knelpunt, 0.3 µg/m ³ (hoofdstuk 2).			
Neveneffecten			
Veiligheid: 0			
Geluid: 0			
Bereikbaarheid: 0			
kosten-effectiviteit (€ per kg emissiereductie) ?			Toelichting
Haalbaarheid			
Technisch: ++			
Juridisch: – (verbod kan mogelijk problemen opleveren)			
Veelbelovende maatregelen in groep			
• Verbieden vuile vrachtauto's (Euro 1-2) op knelpunt • Oude personenwagens (Euro 1-2, benzine en diesel) verbieden op knelpunt • Naar Euroklasse gedifferentieerde tolheffing op knelpunt • MRB differentiatie vracht- en personenwagens			
Gebruikte bronnen			
Hoofdstuk 2 van dit rapport			

Groep B: Volumebeperking		Knelpunt	
Korte beschrijving:	De maatregelen in deze groep zijn bedoeld om de emissies op het knelpunt te verminderen door minder voertuigpassages mogelijk te maken. Hierdoor worden de concentraties van NO ₂ en PM ₁₀ lager. De maatregelen kunnen zowel van economische (platte km-heffing) als juridische (verbod) aard zijn.		
Optie heeft als hoofddoel:	Het verlagen van de emissies op een knelpunt, door het weren of ontmoedigen van verkeer op het knelpunt. Ter indicatie laten we een verbod voor vrachtwagens – omleiding tijdens de spits – de revue passeren. Hierbij moet echter wel worden opgemerkt dat dit een maatregel is waardoor de emissies slechts worden verplaatst naar minder gevoelige gebieden.		
Aangrijpingspunt:	Beperking vervoersvolume		
Termijn:	Deze groep bestaat uit maatregelen met een werking gedurende een lange termijn		
Effect	Daling knelpuntconcentraties (µg/m ³)		
		Meest realistisch	Bandbreedte
	NO ₂	2,5	0 – 5
	PM ₁₀	0,4	0 – 0,7
Toelichting effecten			
In Stockholm is sinds 1996 een milieuzone ingesteld waarin pré-Euro1 vrachtauto's niet mogen rijden. De beperking geldt niet voor een aantal belangrijke toegangswegen binnen de zone. Uit metingen blijkt dat de NO_x-emissies in het gebied met 2% zijn afgenomen en de NO_x-concentratie met ruim 1% (RIVM en CE, 2003). Tevens is berekend dat bij een volledig verbod van vrachtauto's in de milieuzone de NO_x-emissies in de milieuzone met 18% zullen dalen en de NO₂-concentratie met 7% zullen afnemen. In ons voorbeeldknelpunt komt dit overeen met 3,2 µg/m³. Het effect op de PM₁₀-concentraties in de milieuzone is zeer beperkt omdat de PM₁₀-concentratie mede wordt bepaald door opwervelend wegengestof. Het vrachtverkeer draagt stevig bij aan de luchtverontreiniging op knelpunten. Uit de probleemanalyse (hoofdstuk 2) is gebleken dat het vrachtverkeer voor 64% van alle NO_x verkeersemisies op knelpunten verantwoordelijk is en voor 31% van alle PM₁₀-emissies. In het kader van luchtkwaliteitsproblematiek op knelpunten komt het verbieden (omleiden) van vrachtwagens vaak naar voren. Het effect van het verbieden van Euro 0 t/m 3 vrachtwagens schatten we in als het maximaal haalbare. Het omleiden van alle vrachtwagens met een Euro 0 t/m 3 motor doet de knelpuntconcentratie van NO₂ afnemen met 5 µg/m³, ofwel ruim 10%. Bij invoering van deze maatregel daalt de knelpuntconcentratie van PM₁₀ met 0.7 µg/m³. Dit is lager omdat a) personenwagens op diesel het grootste aandeel in deeltjesuitstoot hebben en b) natuurlijke bronnen (achtergrond) een zeer grote bijdrage hebben. Als meest realistische waarde nemen we de middenschattingen.			
Neveneffecten (op knelpunt)			
Veiligheid: +			
Geluid: +			
Bereikbaarheid: +			
kosten-effectiviteit (€ per kg emissiereductie)		Toelichting	
?			
Haalbaarheid			
Technisch: ++			
Juridisch: –			
Veelbelovende maatregelen in groep			
• Toelating op knelpunt afhankelijk maken van luchtkwaliteit • Tolheffing op knelpunten in de spits, hoog tarief voor vuile auto's • Sluiten van snelweg op knelpunt en alternatief aanleggen.			
Gebruikte bronnen			
Hoofdstuk 2 van dit rapport			
NOVEM (2002), Milieuzones in Nederlandse steden, mei 2002			

Groep F: homogeniseren en verlagen snelheid van verkeersstroom			Knelpunt
Korte beschrijving:	De maatregelen in deze groep trachten de dynamische componenten in het verkeer te verwijderen, zodat een homogene verkeersstroom ontstaat. Dit gebeurt op verschillende manieren: snelheidsbeperking zodat vrachtverkeer en personenverkeer met dezelfde snelheid rijden; infrastructurele maatregelen waardoor de bestuurder gedwongen wordt om met een constante snelheid te rijden; etc.		
Optie heeft als hoofddoel:	Een homogene verkeersstroom (d.w.z. constante snelheden) waardoor de uitstoot van NO _x wordt tegengegaan. Namelijk, een geregelde drie-weg katalysator werkt optimaal bij een constante snelheid. Ook de vorming van PM ₁₀ is minimaal bij een constante snelheid.		
Aangrijpingspunt:	Rijgedrag		
Termijn:	Meeste maatregelen in deze groep hebben een lange-termijn effect. Maar door een verbeterde doorstroom kunnen reboundeffecten ontstaan, waardoor de maatregel zijn kracht verliest.		
Effect	Daling knelpuntconcentraties (µg/m ³)		
		Meest realistisch	Bandbreedte
	NO ₂	2	0 – 4
	PM ₁₀	0.5	0 – 1
Toelichting effecten			
Het homogeniseren van een verkeersstroom leidt over het algemeen twee effecten die bijdragen aan een betere luchtkwaliteit:			
1 Snelheidsverlaging (m.n. bij personenauto's)			
2 Vermindering van dynamiek (m.n. bij vrachtwagens)			
Het effect van dynamiekvermindering is zeer groot bij snelheden onder de 100 km/h. Boven de 100 km/h wordt de snelheid van personenwagens een belangrijkere oorzaak van emissies, boven de 120 km/h stijgen de emissies nog verder (vooral diesellootruigen). De effecten zijn vaak moeilijk uit elkaar te houden, omdat homogeniseren als maatregel vaak gepaard gaat met snelheidsverlaging. Uit (Veurman e.a., 2002) blijkt dat de emissies van NO _x en PM ₁₀ van personenwagens bij snelheden boven de 100 en 120 km/h meer afhankelijk zijn van de snelheid dan van de variaties in snelheid (verkeersdynamiek). Vooral bij vrachtwagens is de verkeersdynamiek een belangrijke oorzaak van hoge emissies. Bij het rijden in een file (hoge dynamiek) kunnen de emissies van vrachtwagens een factor 2 hoger zijn dan bij lage dynamiek.			
Het homogeniseren van de verkeersstroom door snelheidsverlaging (met goede handhaving!) dat is toegepast op de A13 tussen Delft en Rotterdam, ter hoogte van Overschie, heeft de concentratie van NO ₂ en PM ₁₀ met respectievelijk 4 en 1 µg/m ³ doen afnemen (TNO, 2003). Hierbij moet worden opgemerkt dat Overschie moet worden gezien als een maximum case vanwege:			
• het hoge aandeel vrachtwagens in het verkeer • aanwezigheid van congestie voor de invoering van de maatregel			
Een realistische schatting voor de verlaging van de knelpuntconcentraties zijn de middenschattingen 0.5 µg/m ³ voor PM ₁₀ en 2 µg/m ³ voor NO ₂ .			
Neveneffecten			
Veiligheid: ++			
Geluid: ++			
Bereikbaarheid: ++			
Kosten		Toelichting	
Overschie pakket:		Persoonlijke communicatie P. van Breugel (DWW)	
• Plaatsing: 1,2 m€; • Handhaving: 0,8 m€; • Inkomsten uit boetes, niet bekend, maar significant • Reistijdverliezen zijn onbekend, maar waarschijnlijk laag (doorstroom is verbeterd).			
Haalbaarheid			
Technisch: ++			
Juridisch: ++			
Veelbelovende maatregelen in groep			
• Invoeren traject controle • Invoeren ISA (intelligente snelheids aanpassing, http://www.gent.be/gent/verkeer/isa/) • Toepassen 'Overschie pakket' op alle knelpunten • 'Keep your lane' afdwingen • Smalle rijstroken met lagere max. snelheid (vgl. A10 West onderhoud)			
Gebruikte bronnen			
Veurman e.a. (2002), <i>Files zorgen vooral lokaal voor milieueffecten</i> , Veurman J., Wilmink I., Gense R. en Baarbé H, In: Verkeerskunde, nr. 2, februari 2002			
TNO (2003), <i>Onderzoek naar de effecten van de 80 km/uur-maatregel voor de A13 op de luchtkwaliteit in Overschie</i> . No. R2003/258, TNO-MEP, juni 2003.			

Groep G: Passieve afscherming			Knelpunt
Korte beschrijving:	Door het plaatsen van afschermdende constructies wordt de concentratie van NO ₂ en PM ₁₀ rond knelpunten verdund. Overschrijding van normen kan op die manier voorkomen worden. NB de concentraties op de weg worden met deze maatregelen niet verlaagd; afscherming zorgt voor een betere spreiding van NO ₂ en PM ₁₀ direct naast de weg.		
Optie heeft als hoofddoel:	Het voorkomen van de blootstelling van mensen aan hoge concentraties van NO ₂ en PM ₁₀ .		
Aangrijpingspunt:	Overdracht van emissies		
Termijn:	Deze groep bestaat uit maatregelen met een lange-termijn werking.		
Effect	Daling knelpuntconcentraties (µg/m ³)		
		Meest realistisch	Bandbreedte
	NO ₂	3	?
	PM ₁₀	0.6	?
Toelichting effecten			
Een scherm (geluidsscherm) zorgt ervoor dat de emissies van het wegverkeer over een groter gebied verspreid worden. Hierdoor wordt het overschrijdingsgebied, waar de luchtkwaliteitsnormen overschreden worden, kleiner. Met het plaatsen van een afschermdende constructie wordt getracht de concentratie van geëmitteerde stoffen direct rondom de knelpunten onder de luchtkwaliteitsnormen te houden. Voor de invloed van schermen op de luchtkwaliteit geldt als vuistregel: na een afstand van 10 maal de hoogte van het scherm, heeft het scherm nog maar nauwelijks invloed op het concentratieprofiel (Keuken, 2003, pers. comm. en van den Bos, 2003, pers. comm.). Uit een TNO rapport over de luchtkwaliteit rond Nederlandse snelwegen blijkt dat een gemiddeld scherm, zoals dat vaak langs wegen wordt aangetroffen, een verlaging van de concentratiebijdrage van verkeer op de knelpuntconcentratie geeft van grofweg 20% op 40 m van de weg-as (TNO, 2003). Vertaald naar het voorbeeld knelpunt (hoofdstuk 2) levert dit een concentratiereductie van 3 µg/m³ NO₂ en 0.6 µg/m³ PM₁₀. Deze waarden nemen we als meest realistische schatting. Echter, volgens Dhr. Keuken (TNO-MEP, persoonlijke communicatie) is de invloed van een scherm op de concentraties van geëmitteerde stoffen langs de snelweg moeilijk vast te stellen. Bovendien is de kennis over dit onderwerp nog beperkt. Vooral op kleine afstanden tot de weg-as, waar juist de invloed van een scherm groot kan zijn, hebben verschillende factoren invloed op het concentratieprofiel. We noemen er vier: • de vorm en hoogte van het scherm; • ligging van de snelweg (oost-west/noord-zuid); • de windrichting en sterkte en • de bebouwing (turbulentie!) rond het knelpunt. Het is vanwege de bovengenoemde factoren moeilijk om het effect van schermen kwantitatief uit te drukken. Wel kunnen we kwalitatief stellen dat het overschrijdingsgebied zondermeer kleiner wordt, naarmate de schermhoogte toeneemt. Het plaatsen van schermen met als primair doel om emissies te reduceren wordt nog weinig toegepast in Nederland. Het is daarom raadzaam om knelpuntspecifiek de invloed van schermen op het concentratieprofiel te onderzoeken.			
Neveneffecten			
Veiligheid: o			
Geluid: ++			
Bereikbaarheid: o			
Kosten-effectiviteit (€ per kg emissiereductie) € 12 000 per meter		Toelichting Er zijn geen gegevens over kosteneffectiviteit bekend, mede vanwege de beperkte kennis over het effect van schermen op de concentraties. Daarom geven we hiernaast de kostprijs per meter zoals ingeschat in CE (2000).	
Haalbaarheid			
Technisch: ++			
Juridisch: ++			
Veelbelovende maatregelen in groep			
• Plaatsen van schermen op knelpunten			
Gebruikte bronnen			
Keuken, 2003, persoonlijke communicatie met Dhr. M. Keuken van TNO-MEP in oktober 2003.			
Van den Bos, persoonlijke communicatie met Dhr. K van den Bos van Infomil in oktober 2003.			
CE (2000), <i>Luchtkwaliteit langs het Nederlandse snelwegennet in 2010</i> , CE, 2000.			
TNO (2003), <i>Luchtkwaliteit rond het Nederlands snelwegennet in 2002 – toelichtingen op de berekeningen</i> , TNO-MEP, R 2003/213.			



B Eerste beoordeling van maatregelen

B.1 Inleiding

In deze bijlage geven we per groep de score weer van de maatregelen die binnen zo'n groep vallen. De score is gebaseerd op expert-judgement en verricht aan de hand van de criteria die zijn vermeld in paragraaf 3.4.

Maatschappelijke haalbaarheid

De maatschappelijke haalbaarheid is beoordeeld door een panel van deskundigen (zie sectie D.3). In de onderstaande tabellen zijn de individuele scores gemiddeld. Soms was het panel onderling verdeeld over de haalbaarheid, hetgeen wordt aangegeven in de tabellen. Wanneer de standaard deviatie van de individuele scores groter is dan 50% van het gemiddelde, dan wordt de score voor maatschappelijke haalbaarheid aangeduid met een asterisk (*).

B.2 Generieke maatregelen

B.2.1 Sneller schoner

Naam maatregel	Maatregel werkt Generiek of alleen op snelwegverkeer op een Knelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./ Econ./Organ./RO/Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog; 5: laag)	kosteneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan wet of verbetering gezondheid	Opmerking
Oude auto's versneld slopen	G	A	O	4	1	2	4		3		x			g	
Opkopings- en sloopregeling vuile auto's (Euro-0, Euro-1)	G	A	E	3	2	2	4		4	4	x			g	
Oude diesels 'schoon' maken door bijv. stimulering roetfilters	G	A	TE	3	2	2	4			4	x			g	Alleen voor vrachtauto's interessant
Vervanging scheepsmotoren versnellen	G	A	TE	3	3	3	4			3	x	x		g	
Vuile diesels verbieden (< Euro 2)	G	A	O	3	4	4	4	3	1			x		g	mag juridisch niet
Afschaffen MRB-vrijstelling > 25 jr auto's	G	A	E	2	5	3	5	4	4			x		g	levert geld op
Diesel-personenauto's ombouwen voor LPG, incl. stimulerings-regeling	G	A	TE	2	1	1	1		4	2	x	x		g	technisch vrijwel onmogelijk
Elektrische en hybride vrachtauto's stimuleren (m.n. t.b.v. stadsdistributie)	G	A	TE	2	1	1	4			3	x			g	
Inruil regeling (korting op hybride voertuigen, H2, LPG CNG)	G	A	TE	2	1	2	4			3	x			g	

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./Econ./ RO /Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog; 5: laag)	kosteneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan wet of verbetering gezondheid	Opmerking
LPG bevorderen (door stimuleringsregeling)	G	A	TE	2	1	1	4		2	2*	x			g	
Stimuleren aanschaf schone auto's	G	A	E	2	3	3	4		4		x			g	
Stimuleren onderhoud voertuigen	G	A	EO	2	3	2	4		4		x	x		g	
Aanscherpen koude start-eisen in EU verband	G	A	T	1	4	3	4		4			x		g	
Elektrisch OV in steden verplichten	G	A	TO	1	1	1	4		3		x	x		g	
Stimuleren elektrische bromfiets	G	A	TE	1	3	3	4		4		x			g	
Verhogen en controle bandenspanning vrachtauto's	G	A	T	1	4	1	4					x		g	
Zuinige airco's verplichten	G	A	TO	1	3	1	4	2	3			x		g	

B.2.2 Volumebeperking

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./Econ./ RO /Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog; 5: laag)	kosteneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan wet of verbetering gezondheid	Opmerking
Invoeren rijkswegvergunning voor vuile auto's	G	B	O	4	5	4	4	2	1	2*		x		g	mag juridisch niet
verbod verkoop nieuwe dieselvoertuigen (alle voertuigen)	G	B	O	3	4	3	4	4	1	3*		x		g	mag juridisch niet
Accijnsverhoging brandstoffen	G	B	E	2	3	4	4		4			x		g	
Belast houden van woon/werk kilometers	G	B	E	2	3	3	5		5			x		g	geen effect, want nu ook belast
Niet uitbreiden van wegen (via congestie mensen uit auto dwingen)	G	B	T	2	4	2	4							g	
Platte kilometer-heffing voor vrachtauto's	G	B	E	2	3	3	4		4	3		x		g	
Restrictief parkeerbeleid, minder plaatsen + duurder	G	B	ER	2	4	4	5	4	4			x		g	Parkeerinkomsten omhoog
Stimuleren car-poolen/thuiswerken	G	B	OC	2	3	2	4		4	3*	x			g	
Verbieden recreatief verkeer in spits	G	B	O	2	4	3	5	1	1	2				g	mag juridisch niet?

Naam maatregel	Maatregel werkt snelwegverkeer op een knelpunt	Generiek of alleen op Groep	Aard van de maatregel (Techn./ Econ./Organ./RO/Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog; 5: laag)	kosteneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien rele- vant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan wet of verbe- tering gezondheid	Opmerking
Werkgevers verplichten % werknemers per OV (afdwingen in milieuvergunning)	G	B	O	2	2	2	5	1	2	2		x		g	keuzevrijheid
Beperken korte ritten d.m.v. communicatie	G	B	C	1	4	2	5				x			g	
Bevorderen goederenvervoer via pijplijn	G	B	TEO	1	3	1	2		4		x	x		g	
Creëren multimodale knooppunten vracht	G	B	TO	1	1	1	3				x			g	
Draadloos breedband internet heel Nederland	G	B	T	1	1	1	2					x		g	
Elke maand auto-vrije dag	G	B	OC	1	4	2	4	1	2			x		g	
Herstellen fietsafrek	G	B	E	1	4	2	5		5		x			g	
Meer fietsen in de trein, meer treinen	G	B	O	1	2	1	4				x			g	
Meer fietsmogelijkheden bij spoorvervoer [fiets mee in trein]	G	B	O	1	3	1	4		4		x			g	zie nr. 1
OLS ondergronds logistiek systeem, gebruik metronet 's nachts.	G	B	TO	1	2	1	2				x	x		g	
Stimuleren dicht bij werk wonen	G	B	ER	1	2	1	4		4		x			g	
Stimuleren vracht per spoor en schonere maken diesellocomotieven/elektrificeren	G	B	TEO	1	2	1	3		4		x			g	
Toelaten lange en zware vrachtwagens	G	B	TO	1	5	3	5		4					g	
Verbieden van SUV's	G	B	O	1	5	3	4		1					g	mag juridisch niet
Verbod kinderen per auto naar school te brengen	G	B	O	1	4	2	4	1	1			x		g	mag juridisch niet
Voetgangers- en fietsvriendelijke inrichting	G	B	TR	1	2	1	3				x			g	
Voortzetten campagne 'bewegen naar je werk'	G	B	C	1	2	1	5				x			g	mogelijkheden voor communicatie
Witte fietsenplan NL	G	B	TO	1	1	1	4				x			g	
Toepassen mobiliteitstoets bedrijventerreinen en woonwijken	G	B	O	1	3	1	4				x			g	

B.2.3 Inzet op techniek

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (T echn./ E con./ O rgan./ R O./ C ommunicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog, 5: laag)	kosteneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan w et of verbetering g econdheid	Opmerking
Automotoren optimaliseren voor hogere snelheden	G	C	T	?	2	2	3					x		g	
Uitlaat waterpijp	G	C	T	?	?	1	?					x		g	
Introduceren en stimuleren van waterstof als brandstof	G	C	TE	4	1	3	1		4	4	x	x		g	
Roetfilters op vrachtauto's stimuleren	G	C	ET	3	3	2	4		4	4	x	x		g	
Stimuleren van aardgas als brandstof	G	C	ET	2	2	2	4		4	2	x	x		g	
Toepassen en stimuleren diesel/water emulsie (Aquazole) bij bussen	G	C	ET	2	3	3	4		4	3	x	x		g	
Instructies gebruik in-car instrumenten	G	C	CT	1	3	2	4				x			g	
Optimaliseren banden + wegdek (minder slijtage deeltjes)	G	C	T	1	3	1	3				x	x		g	
Roetfilters op bussen stimuleren	G	C	ET	1	3	2	4		4	4*	x	x		g	
Stads-OV op waterstof stimuleren	G	C	ET	1	1	1	4		4		x			g	
Stadsvervoer (OV, vuilnis) verplicht op LPG/aardgas	G	C	TO	1	2	1	4	3	4		x	x		g	
Stop/start systemen auto's verplichten op nieuwe auto's	G	C	TO	1	4	2	4	4	4			x		g	
Zonnepanelen in dak t.b.v. airco stimuleren	G	C	ET	1	2	1	4		4		x	x		g	

B.2.4 Snelheidsbeperking en homogeniseren

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (T echn./ E con./ O rgan./ R O./ C ommunicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog, 5: laag)	kosteneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan w et of verbetering g econdheid	Opmerking
Snelheidsbegrenzer bestelauto's verplichten: max 100 km/uur	G	D	TO	2	4	2	4	4	4	2		x		g	
Verlagen maximumsnelheid bestelauto's (van 120 naar 100 km/uur)	G	D	O	2	4	2	4	4	?	3		x		g	

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./Econ./Organ./RO/Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog; 5: laag)	kosteneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan wet of verbetering gezondheid	Opmerking
"Keep your lane" invoeren op snelwegen	G	D	T	2	3	2	4			3		x		g	
Groene golf stimuleren	G	D	T	2	4	3	4		5	3*	x			g	
Kilometer-heffing tarief zeer hoog als > maximum snelheid (naast de boete)	G	D	E	2	5	4	4	4	?	2		x		g	
Stimuleren aanschaf in-car instrumenten	G	D	TE	2	2	2	4		4		x			g	
Verbeteren doorstroom binnenwegen (groene golf)	G	D	T	2	4	3	4				x			g	
Verplichten cruise control + navigatie (parkeer reserveer systeem met file-info)	G	D	T	2	3	3	4	1	2	2	x	x		g	juridisch zeer twijfelachtig
Verplichten LARGAS bij lokale wegen	G	D	OR	2	2	2	4	1	?	2*	x			g	alleen bij nieuwe wegen en onderhoud/reconstructie
Intensiveren HNR	G	D	C	1	3	1	4				x			g	
Landelijk inhaalverbod voor vrachtauto's	G	D	O	1	4	3	4	2	4		x			g	
Wegen verbreden (minder files)	G	D	T	1	1	1	3				x			g/w	
Straat/wegenverlichting uit	G	D	O	1	5	4	5							g	

B.2.5 Overig verkeer

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./Econ./Organ./RO/Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog; 5: laag)	kosteneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan wet of verbetering gezondheid	Opmerking
Katalysatoren op schepen verplichten	G	E	T	2	3	3	3		?	4		x		g	
Accijns op kerosine	G	E	E	1	5	2	4		1			x		g	internationale afspraken staan dit in de weg
Luchthaven in zee	G	E	R	1	1	1	1				x			g	
Normstelling binnenvaart	G	E	O	1	2	2	4	3	4	4		x		g	
Reguleren gebruik mobiele werktuigen	G	E	O	1	3	2	4	2	4			x		g	

B.2.6 Overige bronnen

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (T echn./ E con./ O rgan./ R O./ C ommunicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog, 5: laag)	costeneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan w et of verbetering g econdheid	Opmerking
Industrie: strenger handhaven + op zwarte lijst komen	G	F	OC	2	3	1	4	2	4	3	x	x		g	
Stimuleren vervanging oude CV-ketels	G	F	TEC	2	4	1	4		4	3	x	x		g	
Energiebesparing huishoudens + infrastructuur	G	F	TC	1	4	3	4							g	
Verbod op openhaard stoken en BBQ/vuurwerk	G	F	O	1	5	2	5	1	4					g	

B.3 Maatregelen voor het snelwegverkeer op een knelpunt

B.3.1 Sneller schoner

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (T echn./ E con./ O rgan./ R O./ C ommunicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog, 5: laag)	costeneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan w et of verbetering g econdheid	Opmerking
Alleen vrachtwagens die aan EEV-norm of Euro-5 voldoen toelaten op het knelpunt	K	A	O	5	4	3	4	2	1?			x		g	waarschijnlijk mag dit niet?
Kilometer-heffing personenauto's gedifferentieerd naar locatie en emissiefactoren	K	A	E	4	3	3	4	4	4	3		x		g	
Kilometer-heffing vrachtauto's gedifferentieerd naar locatie en emissiefactoren	K	A	E	4	4	4	4	4	4	3		x		g	
Vuile dieselauto's (vracht en personen < Euro-2) niet toelaten op knelpunt	K	A	T	4	4	4	4	3	1?	4		x		G	
Tolheffing op knelpunten in de spits, hoog tarief voor vuile auto's	K	A	EC	4	4	4	4	4	4	3		x		g	zelfde effecten en kosten als 134 en 128; zie groslijst AVV
Vuile vrachtwagens (< Euro-2) niet toelaten op knelpunt	K	A	T	3	4	3	4	2	1?	3		x		G	
Alleen bestelauto's op LPG toe-	K	A	O	2	4	3	4	2	1?	2		x		g	waarschijnlijk mag dit

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./Econ./Organ./RO/Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog; 5: laag)	costeneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan w et of verbetering g econdheid	Opmerking
laten op knelpunt															niet?
Oude non-kat benzineauto's niet toelaten op het knelpunt	K	A	T	2	4	4	5	4	1?						waarschijnlijk mag dit niet?
Vuile buitenlandse vrachtauto's verbieden op knelpunt	K	A	O	1	4	2	4	1	?			x		g	Waarschijnlijk mag dit niet? Zijn er ook heel weinig

B.3.2 Volume beperken

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./Econ./Organ./RO/Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog; 5: laag)	costeneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan w et of verbetering g econdheid	Opmerking
Aanleg rondwegen en doelgroepstroken	K	B	T	?	1	1	2				x			g	
Nieuwe weg openen (ontlasten bestaande weg)	K	B	T	?	1	2	1			3	x			g/w	Kan tijdelijk soelaas bieden, maar verplaatst het probleem
Toelating op knelpunt afhankelijk maken van luchtkwaliteit	K	B	TO	5	3	4	1		2	3	x			w	effect 3 als alleen geldig voor personenauto's
Limiet stellen aan het aantal auto's op knelpunten	K	B	O	4	4	4	3	4	1	2*				g	effect 3 als alleen geldig voor personenauto's
Even/oneven kentekens afwisselend toelaten op knelpunt	K	B	O	3	4	2	4	3	3	2*		x		g	rebound-effect: mensen schaffen 2 auto's aan
Sluiten van snelweg op knelpunt + instellen van alternatieven (busbaan)	K	B	O	3	3	3	4	4	1	3*	x			g	
Toegangsheffing steden à la Londen voor vuile voertuigen	K	B	E	3	4	4	4	4	4	2		x		g	zelfde effect en kosten als 134 en 135
Tolheffing op knelpunten in de spits	K	B	EC	3	4	4	4	4	4	3		x		g	zelfde effecten en kosten als 135 en 128; zie groslijst AVV
Verplichten carpoolen binnenkomst stad middels carpoolstrook en carpoolafsprakendienst	K	B	OT	3	4	1	3	2	1	2				g	Verplichting is zeer lastig zonder alternatief (rijstroken voor niet-poolers).

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./Econ./Organ./RO/Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog; 5: laag)	costeneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan w et of verbetering g econdheid	Opmerking
Gratis OV op knelpunten	K	B	TE	1	1	1	5				x			g	Is vaak geen alternatief en trekt vooral nieuwe reizigers aan
Inrichten van transferia	K	B	O	1	3	2	3				x			g	
Stimuleren personenvervoer over water	K	B	E	1	3	1	4		4		x			g	
Venstertijden verruimen	K	B	O	1	4	2	4							w	
Werktijden spreiden	K	B	O	1	4	2	4							g	

B.3.3 Inzet op techniek

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./Econ./Organ./RO/Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog; 5: laag)	costeneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan w et of verbetering g econdheid	Opmerking
Schok absorbers (auto's bumper aan bumper duwen)	K	C	TO	?	?	?	4							?	
Katalyserende toplaag in asfalt van knelpunt	K	C	T	?	?	?	?				x			g	
Auto's op de trein door knelpunt	K	C	T	4	1	2	1			3	x			g	
Lopende band als wegdek	K	C	T	4	1	2	1			3*	x			g	
Nat houden wegdek (minder opspattende deeltjes)	K	C	T	2	3	1	3				x			g	

B.3.4 Snelheidsbeperking en homogeniseren

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (T echn./ E con./ O rgan./ R O/ C ommunicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog, 5: laag)	kosteneffectiviteit (1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffenen	Gericht op voldoen aan w et of verbetering g ezondheid	Opmerking
Blokrijden met safety car op knelpunten	K	D	T	4	3	3	5			2*	x			g	
Grote schaal invoeren van trajectcontrole	K	D	TO	4	2	3	4	4	4	3	x			g	
Toepassen Overschie-pakket op alle knelpunten	K	D	TO	4	4	4	4	4	4	4	x			g	
Keep your lane afdwingen d.m.v. muurtjes/richels tussen rijstroken	K	D	T	3	3	3	4			2	x			g	
Landelijk invoeren ISA (met lage snelheid bij knelpunt)	K	D	T	3	1	2	3			4	x	x		g	mogelijkheden voor just-in-time
Mistmachines bij knelpunten zodat men langzamer rijdt	K	D	T	3	1	1	3		1	1*	x			g	gevaarlijk
Sluiten/heroverwegen aantal afritten in spits	K	D	TO	3	4	3	5			2		x		g	
Smallere rijstroken met lagere maximumsnelheid (vgl. onderhoud A10 West)	K	D	T	3	2	3	4			2*	x			g	
Gelijkmatiger overgang van maximumsnelheid (van 120 naar 80 eerst via 110, 100, 90)	K	D	T	2	2	2	5			3	x			g	
Invoegen en ritsen met LED-geleiding	K	D	TO	2	3	3	4	1	4	3	x			g	
Kilometer-heffing tarief zeer hoog als > maximum snelheid op knelpunt (naast boete)	K	D	E	2	5	4	4	4	?	2*		x		g	
Betere afstemming verkeerslichtenregime (snelweg > afvoerwegen)	K	D	O	1	3	1	4				x			g	
Opheffen inhaalverbod vrachtwagens	K	D	O	1	1	1	5	5	5		x			g	

B.3.5 Passieve afscherming

Naam maatregel	Maatregel werkt Generiek of alleen op snelwegverkeer op een knelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./Econ./Organ./RO/Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: laag, 5: hoog)	costeneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan wet of verbetering gezondheid	Opmerking
Kantoren bouwen als scherm (waarbij de lege plekken tussen kantoren opgevuld worden)	K	G	R	3	1	2	2		4	3	x			w	
Tijdelijke blinde muren langs snelwegen plaatsen (zoals nu al bij ongevallen gebeurt)	K	G	T	3	3	2	3			2*	x			w?	
Geluidsschermen plaatsen	K	G	T	2	3	3	3			3	x			w?	
Hoge schermen plaatsen (schoorsteen-effect)	K	G	T	2	1	1	2			3	x			w?	
Bomen planten (of heggen,....)	K	G	T	1	3	1	4				x			g	Ook actieve NO ₂ -opname

B.3.6 Actieve verdunning van concentraties

Naam maatregel	Maatregel werkt Generiek of alleen op snelwegverkeer op een knelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./Econ./Organ./RO/Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: laag, 5: hoog)	costeneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan wet of verbetering gezondheid	Opmerking
Afvangen van schadelijke componenten middels chemische reacties	K	H	T	?	1	1	?				x			g	
Geoptimaliseerd luchtscherm plaatsen (afzuiging, plexiglas tunnel, etc.)	K	H	T	4	2	3	3			3	x			g/w?	
Overkapping wegen + alternatief energieopwekking en afzuiging	K	H	T	4	1	3	3			3	x			g	
"Fijn-stofzuiger" in vangrail/tunnel	K	H	T	3	1	1	3			3	x			g	

B.3.7 Vrijwaring / Ruimtelijke ordening

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (T echn./ E con./ O rgan./ R O/ C ommunicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog, 5: laag)	kosteneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan w et of verbetering g econdheid	Opmerking
"Slimme" RO	K	I	R	?	?	?	?				x			w	onduidelijk
Op grote schaal huizen afbreken (> 10)	K	I	T	4	1	1	3		1	2*	x		x	w	
Op kleine schaal huizen afbreken (< 10)	K	I	T	4	3	3	4		3	3	x		x	w	
R.O. beperkingen verscherpen, vrijwaringszone van 200 meter (ook t.b.v. externe veiligheid)	K	I	R	4	1	2	2	4	3	3	x			w	
Parkeerplaatsen i.p.v. woningen (P+R fietsen)	K	I	R	3	1	1	4			2	x			w	
Snelwegen verhoogd aanleggen (zodat emissies sterker verdunnen en/of overwaaien)	K	I	R	2	1	1	3			3	x			w	
Verbeteren coördinatie overheden w.b. R.O. planning	K	I	RO	2	4	3	3			4	x			g	

B.3.8 Relocatie

Naam maatregel	Maatregel werkt G eneriek of alleen op snelwegverkeer op een K nelpunt	Groep	Aard van de maatregel (T echn./ E con./ O rgan./ R O/ C ommunicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog, 5: laag)	kosteneffectiviteit(1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan w et of verbetering g econdheid	Opmerking
Scholen buiten knelpunten plaatsen	K	J	O	4	1	2	3			4	x			w	
Blootgestelde woningen omvormen tot kantoren	K	J	R	3	1	2	3			3	x			w	
functie-ruil woningen langs snelweg (bedrijven i.p.v. mensen in de woningen)	K	J	O	3	1	1	2			2*	x			w	

B.3.9 Gezondheidszorg en compensatie

Naam maatregel	Maatregel werkt Generiek of alleen op snelwegverkeer op een knelpunt	Groep	Aard van de maatregel (Techn./Econ./Organ./RO/Communicatief.)	effect op luchtkwaliteit op knelpunt (1: verwaarloosbaar, 5: heel groot)	kosten (1: hoog, 5: laag)	kosteneffectiviteit (1: ongunstig, 5: gunstig)	technische haalbaarheid (voor 2010)	handhaving (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	juridische mogelijkheden (indien relevant) 1: lastig 5: eenvoudig	maatschappelijke haalbaarheid	actie ligt bij overheid	actie ligt bij verkeersdeelnemers	actie ligt bij getroffen	Gericht op voldoen aan wet of verbetering gezondheid	Opmerking
Anti- NO _x pil	K	K	T	3	1	2	1			1*	x			w	toekomstmuziek
SUS-kasten voor lucht (binnen-huis filtersysteem)	K	K	T	3	2	2	3			3			x	g	NB technisch mogelijk, maar ethisch bezwaar: symptoombestrijding
Compenseren van milieuschade d.m.v huurverlaging	K	K	E	1	2	1	4		?		x			-	wellicht negatief effect; lokt toename van huurders langs snelwegen uit
Hulpdiensten permanent paraat houden	K	K	O	1	2	1	4				x			g	
Compensatie voor wonen aan knelpunt (volkstuint, vakantiehuis [hypotheekrente-aftrek weer invoeren], sportschool)	K	K	E	1	2	2	4		?		x			-	NB lijkt eerlijk: compensatie, maar ethisch bezwaar: symptoombestrijding

C Bepaling van de bijdragen aan de concentraties

C.1 Inleiding

In deze bijlage presenteren we de berekeningen achter de schattingen in de figuren en tabellen uit paragraaf 2.4. Deze figuren en tabellen geven de concentraties van NO₂ en PM₁₀ op het voorbeeldknelpunt en de bijdragen hieraan door het snelwegverkeer op het voorbeeldknelpunt en door de achtergrondbronnen.

In de volgende paragrafen geven we eerst een beknopte uitleg van de gebruikte methodiek (paragraaf C.2). Daarna splitsen we de emissies van voertuigen uit naar hun milieuklasse (paragraaf C.3). In paragraaf C.4 bepalen we dan per milieuklasse de bijdrage van deze voertuigen aan de achtergrondconcentratie in het voorbeeldknelpunt. Ten slotte bepalen we, wederom per milieuklasse, de bijdrage van het snelwegverkeer op het knelpunt aan de totale concentratie (paragraaf C.5).

We benadrukken opnieuw dat deze berekeningen een indicatief karakter hebben en gebaseerd zijn op een diverse aannames. Ook deze aannames zullen in de volgende paragrafen aan bod komen.

C.2 Beknopte uitleg van de methodiek

De schatting van de bijdragen van het snelwegverkeer op het knelpunt en die van de achtergrondbronnen is in grote lijnen als volgt opgebouwd:

- De bijdragen van de verschillende hoofdcategorieën van bronnen (verkeer, industrie, huishoudens, buitenland, etc.) zijn rechtstreeks ontleend aan inschattingen door het RIVM voor het jaar 2010 voor deze bijdragen. Voor NO₂ staan deze bijdragen vermeld in Tabel 34 en voor PM₁₀ in Tabel 36.
- De bijdragen van de verschillende voertuigcategorieën binnen de categorie wegverkeer zijn gebaseerd op de per bouwjaar geprognosticeerde *emissies* van de verschillende voertuigtypen. Deze prognoses zijn door het RIVM gebruikt t.b.v. de herziene referentieraming en aan ons beschikbaar gesteld (Hoen, 2003, pers. comm.). Vervolgens rekenen we de emissiegegevens per bouwjaar om naar emissies per milieuklasse en verdelen deze ook over emissies op de snelweg en emissies op overige wegen.

Het kernpunt is vervolgens dat we aannemen dat de bijdragen aan de *concentraties* van NO₂ en PM₁₀ op dezelfde manier verdeeld zijn als de aandelen in de emissies. Als bijvoorbeeld een bepaald type voertuig voor 20% deel heeft aan de totale NO_x-emissie, dan veronderstellen we dat dit type voertuig ook voor 20% bijdraagt aan de concentratie van NO₂ in het knelpunt.

We beginnen hierna met de uitsplitsing van de emissies van wegvoertuigen naar milieuklasse.

C.3 Uitsplitsing van emissies naar milieuklasse en voertuigtypes

De bijdragen per voertuigtype en milieuklasse aan de concentraties van NO₂ en PM₁₀ bepalen we m.b.v. een uitsplitsing van emissies naar milieuklasse en voertuigtypes. Deze paragraaf beschrijft de uitsplitsing. Hiervoor geven we eerst de emissieprognoses in 2010 uitgesplitst naar voertuigtype en

bouwjaar. Daarna beschrijven we de afbeelding van bouwjaren naar milieuklassen (Euroklassen). Hieruit volgt de uitsplitsing van emissies naar milieuklasse en voertuigtypes.

C.3.1 Emissieprognoses

We maken gebruik van emissieprognoses voor de diverse voertuigtypen. Deze prognoses zijn afkomstig van de herziene referentieraming voor het jaar 2010 (Hoen, 2003, pers. comm.). Onderstaande Tabel 27 geeft deze weer voor NO_x en PM₁₀.

Tabel 27 Totale emissies per voertuigtype / sector in 2010 en aandeel (%) van het nationale totaal. PM₁₀-emissies door verbranding zijn alleen voor verkeer bekend, deze zijn geschaald naar het totaal van verkeer en vervoer

Voertuigtype / sector	NO _x (kton)	%	PM ₁₀ verbranding (kton)	%	PM ₁₀ totaal (kton)	%
PAB	5	1	0,4	4		
PAD	23	7	1,8	18	4,5	10
PAL	3	1	0,1	1		
BAD	10	3	0,8	8	1,4	3
VA+TR	56	17	1,0	10	2,0	4
AB	4	1	0,1	1	0,2	0
MOT	1	0	0,2	2	0,2	0
Overig	3	1	0,1	1	0,1	0
TOTAAL Wegverkeer	105	32	4,6	45	8,5	19
Spoorwegen (diesel)	2	1	0,1	1	0,1	0
Binnenvaart	36	11	1,8	18	1,8	4
Recreatievaart	1	0	0,1	1	0,1	0
Visserij (incl. NCP)	13	4	0,3	3	0,3	1
Luchtvaart	5	1	0,3	3	0,3	1
Mobiele werktuigen	24	7	2,1	20	2,1	4
TOTAAL niet-wegverkeer	80	25	4,7	46	4,7	10
NEC-TOTAAL verkeer en vervoer	185	57	9,3	91	13,2	29
Zeescheepvaart (binnengaats)	30	9	0,9	9	0,9	2
TOTAAL verkeer en vervoer	215	66	10,2		14,1	31
Industrie, energie en afvalverbranding	76	23			14	30
Consumenten	13	4			3	7
Handel, diensten, overheid en bouw	10	3			5	11
Landbouw	10	3				22
TOTAAL nationaal	324				46	

PA = Personenauto (B = benzine, D = diesel, L = LPG), BA = Bestelauto, D = diesel, VA = Vrachtauto, TR = Trekker, AB = Autobus, MOT = motorfiets, Overig = som van bestelauto benzine, bestelauto LPG en speciale voertuigen. Bron: Hoen (2003), pers. comm., aangepast door CE.

De emissieprognoses van het wegverkeer zijn uitgesplitst naar voertuigtype en bouwjaar in Tabel 28 en Tabel 29.

Tabel 28 Emissieprognose (in kilotonnen) voor NO_x per voertuigtype per bouwjaar voor het jaar 2010

NO _x	PAB	PAD	PAL	BAB	BAD	BAL	VA 3,5-10	VA 10-20	VA > 20	TR	AB
rest	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04
1980	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04
1981	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04
1982	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04
1983	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04
1984	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04
1985	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04
1986	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04
1987	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04
1988	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04
1989	0	0	0	0	0	0	0,03	0,05	0,02	0,02	0,04
1990	0	0	0	0	0	0	0,05	0,3	0,2	0,2	0,1
1991	0	0	0	0	0,01	0,00	0,05	0,3	0,2	0,2	0,1
1992	0	0	0	0	0,02	0,00	0,05	0,3	0,2	0,2	0,1
1993	0	0	0	0	0,01	0,00	0,04	0,2	0,1	0,1	0,1
1994	0	0	0	0	0,02	0,00	0,04	0,2	0,1	0,1	0,1
1995	0,8	0,2	0,2	0	0,03	0,00	0,04	0,2	0,1	0,1	0,1
1996	0,6	0,2	0,2	0	0,03	0,00	0,04	0,2	0,1	0,1	0,1
1997	0,2	0,3	0,03	0	0,05	0,00	0,04	0,2	0,1	0,1	0,1
1998	0,3	0,5	0,05	0	0,07	0,00	0,04	0,2	0,1	0,1	0,1
1999	0,3	0,6	0,06	0	0,1	0,00	0,09	0,5	0,4	0,6	0,2
2000	0,4	1	0,08	0,001	0,2	0,00	0,1	0,5	0,5	0,9	0,4
2001	0,5	1	0,1	0,002	0,6	0,00	0,1	0,5	0,5	0,9	0,3
2002	0,2	1	0,1	0,003	1,0	0,01	0,06	0,4	0,4	2	0,2
2003	0,2	2	0,1	0,004	1	0,01	0,1	0,6	0,6	1	0,2
2004	0,2	2	0,2	0,004	1	0,01	0,1	0,7	1,0	2	0,3
2005	0,1	2	0,2	0,005	1	0,01	0,2	1	1	4	0,3
2006	0,1	2	0,2	0,003	0,8	0,01	0,1	0,7	0,9	3	0,2
2007	0,2	2	0,3	0,003	0,9	0,01	0,1	0,8	1	4	0,2
2008	0,2	3	0,3	0,003	0,9	0,01	0,2	1,0	1	6	0,2
2009	0,2	3	0,4	0,003	1,0	0,01	0,08	0,5	0,8	3	0,2
2010	0,2	3	0,4	0,004	1	0,01	0,09	0,6	0,8	4	0,2
totaal	5	23	3	0,04	10	0,08	2	10	11	32	4
totaal gen.	100										

Bron: Hoen, 2003, pers. comm.

Bij de bovenstaande NO₂-emissies dienen die voor motorfietsen (ca. 570 ton) en speciale voertuigen (ca. 2700 ton) nog te worden opgeteld. Voor deze voertuigcategorieën is een uitsplitsing van de emissies naar bouwjaar niet voorhanden. Het totaal van de emissies van het wegverkeer komt daarmee op ca. 105 kton, hetgeen overeenkomt met de referentieraming in Tabel 27. De emissieprognose voor PM₁₀ is uitgesplitst naar voertuigtype en bouwjaar in Tabel 29.

Tabel 29 Emissieprognose (in kilotonnen) voor PM₁₀ per voertuigtype per bouwjaar voor het jaar 2010

PM ₁₀	PAB	PAD	PAL	BAB	BAD	BAL	VA 3,5-10	VA 10-20	VA > 20	TR	AB
rest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0,1	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0
2000	0,03	0,1	0,002	0	0	0	0	0,01	0,01	0,02	0,01
2001	0,03	0,1	0,002	0	0	0	0	0,01	0,01	0,02	0,01
2002	0,03	0,1	0,002	0	0,1	0	0	0,01	0,01	0,04	0,01
2003	0,03	0,1	0,003	0	0,1	0	0	0,01	0,01	0,02	0,01
2004	0,03	0,1	0,004	0	0,1	0	0	0,02	0,02	0,05	0,01
2005	0,03	0,1	0,005	0	0,1	0	0	0,02	0,03	0,10	0,01
2006	0,04	0,1	0,01	0	0,1	0	0	0,01	0,01	0,02	0
2007	0,04	0,2	0,01	0	0,1	0	0	0,01	0,01	0,03	0
2008	0,04	0,2	0,01	0	0,1	0	0	0,01	0,01	0,04	0
2009	0,05	0,2	0,01	0	0,1	0	0	0,01	0,01	0,04	0
2010	0,1	0,2	0,01	0	0,1	0	0	0,01	0,01	0,05	0
totaal	0,4	2	0,1	0	0,8	0	0	0,2	0,2	0,5	0,1
totaal gen.	4										

Bron: Hoen, 2003, pers. comm.

Bij de bovenstaande PM₁₀-emissies dienen die voor motorfietsen (ca. 206 ton) en speciale voertuigen (ca. 107 ton) nog te worden opgeteld. Voor deze voertuigcategorieën is een uitsplitsing van de emissies naar bouwjaar niet voorhanden. Het totaal van de emissies van het wegverkeer komt daarmee op ca. 4,6 kton, hetgeen overeenkomt met de referentieraming in Tabel 27 (PM₁₀ door verbranding).

C.3.2 Afbeelding van bouwjaren naar milieuklassen

Om bouwjaren af te beelden op de milieuklassen van auto's gebruiken we de introductiejaren van de Europese emissienormen (Euro-klassen) en van een aantal aannames. Tabel 30 t/m Tabel 32 geven een overzicht van de Euro-normen en hun ingangsdata.

Tabel 30 Europese emissienormen personenauto's (g/km)

		Euro-1	Euro-2	Euro-3	Euro-4
<i>Ingangsjaar:</i>		1992	1996	2000	2005
<i>Benzine</i>					
CO		2,72	2,70	2,30	1,00
HC + NO _x		0,97	0,59	0,35	0,18
HC		-	0,34	0,20	0,10
NO _x		-	0,25	0,15	0,08
<i>Diesel</i>					
CO	IDI en DI	2,72	1,06	0,64	0,50
HC + NO _x	IDI	0,97	0,71	0,56	0,30
	DI	1,36	0,91	0,56	0,30
NO _x	IDI	-	0,63	0,50	0,25
	DI	-	0,81	0,50	0,25
PM ₁₀	IDI	0,14	0,08	0,05	0,03
	DI	0,19	0,10	0,05	0,03

Tabel 31 Europese emissienormen bestelauto's (gr/km)

	Euro-1			Euro-2			Euro-3			Euro-4		
<i>Ingangsjaar</i>	1992			1996			2000			2005		
<i>Categorie</i> <i>a)</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>Z</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>Z</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>Z</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>Z</i>
<i>Benzine</i>												
CO	2,72	5,17	6,90	2,20	4,00	5,00	2,30	4,17	5,22	1,00	1,81	2,27
HC + NO _x	0,97	1,40	1,70	0,50	0,70	0,80	-	-	-	-	-	-
HC	-	-	-	-	-	-	0,20	0,25	0,29	0,10	0,13	0,16
NO _x	-	-	-	-	-	-	0,15	0,18	0,21	0,08	0,10	0,11
<i>Diesel</i>												
CO	2,72	5,17	6,90	1,00	1,25	1,50	0,64	0,80	0,95	0,50	0,63	0,74
HC + NO _x ^{b)}	0,97	1,40	1,70	0,70	1,10	1,30	0,56	0,72	0,86	0,30	0,39	0,46
NO _x	-	-	-	-	-	-	0,50	0,65	0,78	0,25	0,33	0,39
PM ₁₀ ^{b)}	0,14	0,19	0,25	0,08	0,15	0,20	0,05	0,07	0,10	0,025	0,04	0,06

a Licht: RM < 1.250 kg; Midden: RM > 1.250 kg en < 1.700 kg; Zwaar: RM > 1.700 kg.

RM = Referentie Massa = leeggewicht+100 kg.

b De normen tot 2000 gelden voor IDI dieselmotoren. De normen voor DI dieselmotoren in deze jaren zijn ongeveer 30 procent hoger voor HC+NO_x en 25 procent hoger voor PM₁₀. Met ingang van 1 januari 2000 zijn de normen voor DI dieselmotoren gelijk getrokken aan die van IDI dieselmotoren.

Tabel 32 Emissie-eisen voor nieuwe motoren voor wegvoertuigen met een GVW >3,5 ton, vroeger, nu en in de toekomst

Richtlijn		NM ^a	AP ^a	Emissienorm (g/kWh)							
				NO _x		PM		HC		CO	
				TA ^b	COP ^b	TA	COP	TA	COP	TA	COP
ECE 49 ('Euro-0')		1982		18,0	-	-	-	3,50	-	14,0	-
88/77/EEC ('Euro-0')		04.88	10.90	14,4	15,8	-	-	2,40	2,64	11,4	13,2
91/542/EEC 'Euro-1'	≤ 85 kW	07.92	10.93	8,0	9,0	0,36	0,40	1,10	1,23	4,5	4,9
	> 85 kW					0,61	0,68				
91/542/EEC 'Euro-2'	≤ 85 kW	10.95	10.96	7,0		0,15		1,10	4,0		
	> 85 kW					0,26					
'Euro-2'-norm bij nieuwe testcycli (fictief)	ESC/ ELR ^d			7,2		0,14		0,94		3,0	
	ETC ^d					0,23		1,21		7,8	
'Euro-3'	ESC/ ELR	10.00	10.01	5,0		0,10/0,13 ^e		0,66		2,1	
	ETC ^f					0,16/0,21 ^e		0,78		5,45	
'Euro-4'	ESC/ ELR	10.05	10.06	3,5		0,02		0,46		1,5	
	ETC ^f					0,03		0,55		4,0	
'Euro-5'	ESC/ ELR	10.08	10.09	2,0		0,02		0,46		1,5	
	ETC ^f					0,03		0,55		4,0	
EEV ^g	ESC/ ELR			2,0		0,02		0,25		1,5	
	ETC ^f							0,40		3,0	

^a NM: New model, datum waarop nieuwe typekeuringen aan de eisen moeten voldoen.

AP: All Production, datum waarop alle nieuwe op de markt verschijnende motoren aan de eis moeten voldoen.

^b TA: Type Approval, norm voor typekeuringsmotor.

COP: Conformity of Production, norm voor iedere willekeurige productiemotor.

^c Voor motoren met een cilinderinhoud < 0,7 l en een maximaal toerental boven 3.000 min⁻¹ mochten tot 1 oktober 1999 nog exemplaren met een PM-emissie van 0,25 g/kWh geproduceerd worden.

^d ESC: European Steady State Cycle, nieuwe Europese 13 mode stationaire emissietest, met andere meetpunten en andere weegfactoren dan de huidige ECE 49 '13 mode'-test.

ELR: European Load Response, nieuwe Europese emissietest waarbij een snel toenemende belasting op de motor wordt aangebracht en het toerental zo goed mogelijk constant wordt gehouden.

^e Het tweede getal geldt voor motoren met een cilinderinhoud < 0,75 l en een maximaal toerental boven 3.000 min⁻¹.

^f ETC: European Transient Cycle, nieuwe Europese dynamische emissietest met 10 minuten stadsbedrijf, 10 minuten buitenwegbedrijf en 10 minuten snelwegbedrijf. Deze test wordt alleen afgenomen bij motoren die zijn voorzien van 'geavanceerde uitlaatgasbehandelingssystemen zoals DeNO_x-systemen of deeltjesfilters' en ook bij aardgasmotoren.

^g EEV: Enhanced Environmentally-friendly Vehicles, die nationale overheden kunnen opleggen aan bijvoorbeeld LPG-voertuigen of stadsdistributievoertuigen.

^h HC-eisen exclusief methaan.

Bij de indeling van bouwjaren in Euroklassen hebben we er rekening mee gehouden dat voorafgaand aan het ingaan van een nieuwe emissie-eis er al voertuigen op de markt zijn die aan de nieuwe eis voldoen. Dit geldt met name voor personen- en bestelauto's op benzine, en in mindere mate voor dieselveertuigen (lichte voertuigen en vrachtauto's) doordat het reduceren van emissies van dieselmotoren in het algemeen lastiger is. Dieselveertuigen die aan de nieuwe eis voldoen komen daarom in het algemeen pas vlak voor het ingaan van de eis op de markt. Door de genoemde geleidelijke overgang naar lagere emissiefactoren ontstaan onnauwkeurigheden in de afbeelding van bouwjaren op Euroklassen. Deze onnauwkeurigheden worden tot een minimum beperkt door het toepassen van de volgende aannamen voor de indeling:

- voor personenauto's op benzine geldt dat in het bouwjaar voorafgaand aan een nieuwe emissie-eis de helft van de voertuigen al aan de nieuwe eis voldoet;
- voor personenauto's op diesel en LPG geldt de ingangsdatum van de emissie-eis als moment waarop 100% van het bouwjaar aan de nieuwe eis voldoet;
- voor voertuigen boven de 3,5 ton leeggewicht (met name vrachtauto's en autobussen) gelden t.a.v. de emissie-eisen twee ingangsdata: De eerste datum (NM in de bovenstaande tabel) geldt voor nieuw op de markt gebrachte modellen. De tweede datum geldt voor alle geproduceerde voertuigen (AP). Bovendien is de ingangsdatum telkens 1 oktober i.p.v. 1 januari van een jaar.

Wij hebben aangenomen dat in het bouwjaar waarin per oktober alle geproduceerde voertuigen (AP) aan een nieuwe emissie-eis moeten voldoen 60% van de van de voertuigen al aan de nieuwe eis voldoet. Deze wijze van instroom in het park komt grotendeels overeen met een eerdere studie (CE, 1997) waarin de instroom van nieuwe emissietechnologie in het vrachtautopark is bepaald met het model CLEAR.

C.3.3 Uitgesplitste emissies

De gegevens in de bovenstaande paragrafen resulteren in de emissies per voertuigtype en Euroklasse. De aandelen van verschillende voertuigtypes en Euroklassen aan de totale emissies van het wegverkeer zijn samengevat in Tabel 33.

Tabel 33 Aandelen van voertuigtypen en milieuklasse in de totale emissies van het wegverkeer in procenten

	Euroklasse	PAB	PAD	PAL	BAB	BAD	BAL	VA			TR	AB	SPEC	MOT
								3,5-10	10-20	> 20				
NO _x	Euro 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,46	1,3	0,66	0,79	0,78		
	Euro 1	0,40	0,22	0,23	0,00	0,07	0,00	0,12	0,58	0,34	0,38	0,30		
	Euro 2	1,5	1,5	0,30	0,00	0,25	0,00	0,35	1,7	1,4	2,2	0,96		
	Euro 3	1,6	6,8	0,57	0,01	4,0	0,03	0,52	3,2	3,9	10,3	1,2		
	Euro 4	1,0	13,7	1,7	0,02	5,6	0,04	0,39	2,3	3,1	11,9	0,60		
	Euro 5							0,13	0,82	1,2	5,2	0,31		
	Totaal	4,5	22,3	2,8	0,04	9,9	0,08	2,0	9,9	10,6	30,6	4,2	2,6	0,54
	Totaal gen.													100
PM ₁₀	Euro 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,43	1,4	0,70	0,88	1,6		
	Euro 1	0,04	0,84	0,01	0,00	0,33	0,00	0,09	0,52	0,31	0,37	0,29		
	Euro 2	0,26	4,2	0,02	0,00	0,81	0,00	0,13	0,72	0,66	1,1	0,46		
	Euro 3	2,8	12,0	0,30	0,04	6,9	0,02	0,24	1,6	1,9	5,3	0,70		
	Euro 4	6,1	22,7	1,3	0,05	9,1	0,02	0,07	0,45	0,56	2,2	0,12		
	Euro 5							0,04	0,27	0,38	1,6	0,10		
	Totaal	9,2	39,8	1,6	0,09	17,3	0,04	1,0	5,0	4,5	11,4	3,2	2,4	4,5
	Totaal gen.													100

C.4 Bijdragen aan de achtergrondconcentratie

Nu we de aandelen in de verkeersemisies per voertuigtype en milieuklasse kennen, kunnen we ook de afzonderlijke bijdragen aan de achtergrondconcentratie bepalen. We nemen namelijk aan dat *voor het wegverkeer* de verhouding van aandelen aan de uitstoot van NO_x en PM₁₀ (zie Tabel 33) gelijk is aan de verhouding van aandelen aan de totale gemeten concentraties van NO₂ en PM₁₀.

C.4.1 Bijdrage aan de achtergrondconcentratie van NO₂

Voor NO₂ maken we gebruik van prognoses voor het jaar 2010 voor twee regio's: Amsterdam en Rotterdam (Tabel 34). Beide regio's kennen luchtkwaliteitsknelpunten en worden daarom door ons als representatief beschouwd.

Tabel 34 Relatieve bijdrage (in %) van NO_x-bronnen aan de achtergrondconcentratie van NO₂ in 2 regio's

Bron	2010	
	A'dam	R'dam
Wegverkeer totaal, waarvan:	34	30
<i>Licht wegverkeer</i>	13	10
<i>Zwaar wegverkeer</i>	16	14
<i>Overig verkeer</i>	6	6
Buitenland	19	19
Landbouw	15	20
Huishoudens + HDO	10	8
Scheepvaart	10	15
Industrie & Energie	7	6
Luchtvaart	3	1
Overig	1	0

Bron: RIVM, 2002

We zien in de tabel dat de bijdrage van het wegverkeer aan de achtergrondconcentratie in beide knelpunten ongeveer een derde bedraagt. De achtergrondconcentratie in ons voorbeeldknelpunt is $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De bijdrage van het wegverkeer is hier dus $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Uitgaande van een totale bijdrage van het wegverkeer van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en de verdeling van de emissies van dat wegverkeer over de voertuigtypen en milieuklassen uit Tabel 33, zijn de bijdragen aan de achtergrondconcentratie zoals weergegeven in Tabel 35.

Tabel 35 Bijdragen aan de achtergrondconcentratie (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) van NO_2

NO_x	PAB	PAD	PAL	BAD	VA+TR	AB	MOT	overig weg	overig verkeer	Industrie en energie	Land- bouw	Huishoudens, handel, diensten en overheid	Buiten- land
Euro 0/1	0,04	0,02	0,02	0,01	0,47	0,11		0,00					
Euro 2	0,15	0,15	0,03	0,03	0,56	0,10		0,00					
Euro 3	0,16	0,68	0,06	0,40	1,8	0,12		0,00					
Euro 4	0,10	1,4	0,17	0,56	1,8	0,06		0,01					
Euro 5					0,73	0,03	0,05	0,00					
Totaal	0,45	2,2	0,28	0,99	5,3	0,42	0,05	0,27	4,4	2,0	5,3	2,7	5,7
Totaal gen.								10					20

Het resterende deel van de achtergrondconcentratie ($=20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt over de overige bronnen verdeeld op basis van de relatieve bijdragen uit Tabel 34. De resulterende absolute bijdrage aan de achtergrondconcentratie staat vermeld in het rechterdeel van bovenstaande Tabel 35.

C.4.2 Bijdrage aan de achtergrondconcentratie van PM_{10}

Voor PM_{10} bestaat een prognose van de bijdrage van verschillende bronnen aan de achtergrondconcentratie in 2010. Tabel 36 presenteert de absolute en relatieve bijdragen.

Tabel 36 Absolute en relatieve bijdrage van PM₁₀-bronnen aan de achtergrondconcentratie voor PM₁₀ in 2010

Bron	Bijdrage aan concentratie (in µg/m ³)	Bijdrage aan totale achtergrondconcentratie (in %)
Binnenland		
Industrie	0,4	1,4
Energie	0,1	0,3
Verkeer	1,3	4,5
Landbouw	1,1	3,8
Overig	0,6	2,1
Totaal	3,5	12
Buitenland		
Industrie	0,8	2,7
Energie	1,8	6,2
Verkeer	2,3	7,9
Landbouw	1,1	3,8
Overig	1,7	5,8
Totaal	7,6	26
Totaal antropogeen	11	38
Totaal natuurlijk	18	62
Totale achtergrondconcentratie	29	100,0

Bron: RIVM, 2002b

Het eerste dat opvalt is dat de bijdrage van alle binnenlandse bronnen aan de achtergrondconcentratie in totaal slechts 12% bedraagt. Buitenlandse bronnen dragen ruim een kwart bij. Het overgrote deel van de achtergrondconcentratie (ruim 60%, 18 µg/m³) is echter afkomstig van natuurlijke bronnen.

We zien verder dat de bijdrage van alle binnenlands verkeer aan de achtergrondconcentratie van PM₁₀ 1,3 µg/m³ is. Op basis van het aandeel van het wegverkeer in de binnenlandse emissies (ca. 60%, zie Tabel 27, PM₁₀ totaal) concluderen we dat van deze 1,3 µg/m³ ca. 0,8 µg/m³ voor rekening van het binnenlandse wegverkeer komt. Deze bijdrage kan over de overige bronnen verdeeld worden op basis van de relatieve bijdragen aan de PM₁₀-emissies uit Tabel 33. De resulterende absolute bijdrage aan de achtergrondconcentratie staat vermeld in de onderstaande Tabel 37.

Tabel 37 Bijdragen aan de achtergrondconcentratie (in µg/m³) van PM₁₀

PM ₁₀	PAB	PAD	PAL	BAD	VA+TR	AB	MOT	overig weg	overig verkeer	Industrie en energie	Land- bouw	Huishoudens, handel, diensten en overheid	Buiten- land
Euro 0/1	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,01		0,00					
Euro 2	0,00	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00		0,00					
Euro 3	0,02	0,10	0,00	0,06	0,07	0,01		0,00					
Euro 4	0,05	0,18	0,01	0,07	0,03	0,00		0,00					
Euro 5					0,02	0,00	0,04	0,00					
Totaal	0,07	0,32	0,01	0,14	0,18	0,03	0,04	0,02	0,50	0,50	1,1	0,60	7,6
Totaal gen.								0,80					10

C.5 Bijdrage van het snelwegverkeer op een knelpunt

Voor de bijdrage van de verschillende voertuigtypen en milieuklassen aan het deel van de concentratie op het knelpunt dat aan het snelwegverkeer ter

plekke kan worden toegeschreven gaan we weer uit van Tabel 33. De aandelen in de emissies van het wegverkeer in deze tabel splitsen we op naar emissies op de snelweg en emissies op overige wegen. We maken hiervoor gebruik van een dergelijke opsplitsing die het RIVM (van den Brink, 2002, pers. comm.) heeft gemaakt voor de emissies van verschillende voertuigtypen met bouwjaar 2001 naar wegtype (snelweg / stad / overige wegen). Hoewel een dergelijke opsplitsing niet voorhanden is voor het jaar 2010 verwachten we dat de verdeling van voertuigen uit bouwjaar 2001 redelijk representatief is voor het gehele wagenpark in 2010.

De verhouding tussen de snelwegemissies en de emissies op de overige wegen per voertuigtype is samengevat in de onderstaande Tabel 38.

Tabel 38 Aandeel van snelwegemissies in het totaal van de emissies door het wegverkeer per voertuigtype

Aandeel sies	snelwegemis-	PAB	PAD	PAL	BAB	BAD	BAL	VA 3,5-10	VA 10-20	VA > 20	TR	AB	SPEC	MOT
NO _x		0,22	0,38	0,49	0,20	0,40	0,21	0,58	0,58	0,58	0,59	0,41	0,15	0,22
PM ₁₀		0,34	0,38	0,34	0,17	0,30	0,17	0,54	0,54	0,54	0,54	0,35	0,12	0,22

NB: De aandelen van de bestelauto op diesel (BAD) zijn omhoog aangepast, o.a. aan de hand van de gebruikte ritpatronen in CE, 2001.

Wanneer we de bovenstaande aandelen loslaten op de emissies van het wegverkeer per voertuigtype (dus voor NO_x is dit 105 kton, verdeeld volgens de Tabel 33), krijgen we bijdrage van voertuigen en emissieklassen in de snelwegemissies in 2010 in Tabel 39.

Tabel 39 Bijdrage van voertuigen en emissieklassen in de snelwegemissies in 2010 (in %)

NO _x	PAB	PAD	PAL	BAD	VA+TR	AB	MOT	overig
Euro 0/1	0	0	0	0	6	1		0
Euro 2	1	1	0	0	7	1		0
Euro 3	1	5	1	3	22	1		0
Euro 4	0	11	2	5	22	1		0
Euro 5	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	9	0		0
totaal	2	17	3	8	65	4	0	1
PM ₁₀	PAB	PAD	PAL	BAD	VA+TR	AB	MOT	Overig
Euro 0/1	0	1	0	0	7	2		0
Euro 2	0	4	0	1	4	0		0
Euro 3	2	12	0	5	13	1		0
Euro 4	5	23	1	7	5	0		0
Euro 5	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	3	0		0
totaal	8	40	1	14	31	3	3	1

De relatieve bijdragen aan de snelwegemissies uit Tabel 39 passen we vervolgens toe op de bijdrage van het snelwegverkeer aan de totale concentratie op ons voorbeeldknelpunt (15 µg/m³ voor NO₂ en 3 µg/m³ voor PM₁₀) waarna we de absolute bijdragen per voertuigtype en milieuklasse verkrijgen in de onderstaande Tabel 40.

Tabel 40 Bijdragen van het snelwegverkeer aan de concentratie (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) van NO_2 en PM_{10} op het standaardknelpunt

	Euroklasse	PAB	PAD	PAL	BAD	VA+TR	AB	MOT	overig weg
NO_2	Euro 0/1	0,03	0,03	0,03	0,01	0,85	0,14		0,00
	Euro 2	0,10	0,18	0,05	0,03	1,0	0,12		0,00
	Euro 3	0,11	0,80	0,09	0,50	3,3	0,16		0,00
	Euro 4	0,07	1,6	0,25	0,70	3,2	0,08		0,00
	Euro 5					1,4	0,04		0,00
	Totaal	0,31	2,6	0,42	1,2	9,7	0,53	0,04	0,13
	Totaal gen.	15							
PM_{10}	Euro 0/1	0,001	0,025	0,000	0,009	0,20	0,052		0,000
	Euro 2	0,007	0,13	0,001	0,019	0,110	0,013		0,000
	Euro 3	0,074	0,36	0,008	0,16	0,38	0,019		0,001
	Euro 4	0,16	0,68	0,033	0,22	0,14	0,003		0,001
	Euro 5					0,098	0,003		0,000
	Totaal	0,24	1,2	0,042	0,41	0,93	0,090	0,079	0,024
	Totaal gen.	3							

D Resultaten en verslagen van de workshops

D.1 Inleiding

In deze bijlage geven we de resultaten van de twee workshops die in het kader van dit project zijn gehouden. Voor deze bijlage hebben we gebruik gemaakt van de (licht geredigeerde) verslagen van deze workshops die na afloop aan de deelnemers zijn verzonden.

D.2 Resultaten en verslag van de eerste workshop

Datum en plaats 26 augustus 2003 bij AVV te Rotterdam

Deelnemers

Annemarie van der Rest	Shell International BV
J.G. van der Steen	Vereniging Ned. Petroleum Industrie
Paul Poppink	Transport en Logistiek Nederland.
C. Pereboom	RAI
Wybe Zijlstra	BOVAG
Nathan Hooghof	ANWB
Bas de Jong	Stichting Natuur en Milieu
Albert ten Kate	Milieudefensie
Nicole Dierdorp	Provincie Zuid-Holland
Ingrid Walda	GGD Rotterdam
Johan Voerman	DCMR
Hans Schmitz	InfoMil
Gerard de Groot	ECN
Anco Hoen	RIVM
Paul Peeters	Peeters Advies BV
Hans Herremans	VROM
Leendert van Geldermalsen	Rijkswaterstaat
Simone Houtman	V&W, DGP
Ingrid Schrauwen	V&W
Diederik Metz	DWW
Peter van Breugel	DWW
Marcel Koeleman	DWW
Leo Schlösser	AVV
Hans Erbrink	Kema
Joost Vermeulen	CE
Rens Kortmann	CE

Doel

Het doel van de eerste workshop VIPL was het vinden van zoveel mogelijk (innovatieve) oplossingen voor verbetering van luchtkwaliteit bij zgn. knelpunten rond snelwegen. Het was niet de bedoeling om compleet uitgewerkte oplossingen aan te dragen, maar eerder om in een creatieve brainstorm sessie nieuwe invalshoeken op het probleem te creëren.

Programma

9.30 uur – 10.00 uur	Ontvangst met koffie
10.00 uur – 10.15 uur	Welkom door DGP/AVV/DWW
10.15 uur – 10.50 uur	Creatieve brainstormsessie I
10.50 uur – 11.10 uur	Koffiepauze
11.10 uur – 11.45 uur	Creatieve brainstormsessie II
11.45 uur – 12.00 uur	Korte presentatie van de gevonden maatregelen
12.00 uur – 12.15 uur	Stickersessie
12.15 uur – 12.45 uur	Criteria/argumenten ranking achterhalen
12.45 uur – 13.00 uur	Toelichting op vervolgstappen en sluiting

Verslag

Na een korte introductie door L. Schlösser en J. Vermeulen over het programma VIPL en de inhoud van de workshop werden de aanwezigen verdeeld over twee groepen. Onder leiding van J. Vermeulen en R. Kortmann heeft iedere groep in een aparte ruimte gebrainstormed.

De resulterende oplossingen werden opgeschreven op flip-over vellen en kort plenair gepresenteerd (zie bijlage). Daarna werd de deelnemers gevraagd om op een formulier de, naar hun mening, vijf beste en vijf slechtste oplossingen in te vullen. Ook werd gevraagd om de keuzes te beargumenteren door de belangrijkste beslisriteria te noemen. Daarna konden de deelnemers hun keuzes kenbaar maken door op de flip-over vellen rode en groene stickertjes te plakken bij de vijf beste en vijf slechtste oplossingen, respectievelijk, van hun keuze.

Gebaseerd op de uitkomsten van de stickersessie werd nagepraat over de verschillende maatregelen en de belangrijkste criteria om maatregelen positief, dan wel negatief te beoordelen. De belangrijkste conclusies die hieruit werden getrokken zijn:

- de kilometerheffing (in diverse varianten) werd door velen als goede maatregel aangeduid;
- maatregelen aan de ontvangerzijde van de bron-ontvanger keten werden minder goed beoordeeld dan maatregelen aan de bronzijde. Hoewel een aantal deelnemers wel iets zag in maatregelen aan de ontvangerzijde op de korte termijn, wilde men voorkomen dat de politiek deze maatregelen zou gebruiken als excuus om verder geen actie te ondernemen. Tevens bestaat het risico dat door dergelijke maatregelen de laagste inkomens extra blootgesteld worden aan slechte luchtkwaliteit (bijvoorbeeld bij het internaliseren van de milieuschade in de huurprijs van woningen langs snelwegen). Ten slotte werd opgemerkt dat maatregelen aan de ontvangerzijde complexer zijn dan bronmaatregelen;
- naar aanleiding van bovenstaand punt werd opgemerkt dat er voorkeur bestaat voor het principe 'de vervuiler betaalt', maar dat het vergelijkbare principe 'de vervuilde wordt gecompenseerd' nauwelijks bijval krijgt. In reactie hierop werd opgemerkt dat de antipathie waarschijnlijk voortkomt uit de gedachte dat compensatiemaatregelen niet structureel van aard zijn (symptoombestrijding);
- er bestond een aantal maatregelen die gemengd scoorden, d.w.z. het aantal rode en aantal groene stickers bij de maatregel was ongeveer gelijk. Een voorbeeld is het spreiden van werktijden. Deze maatregel kan files helpen oplossen, maar het totale volume aan auto's neemt niet af;
- de wens bestaat dat het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) maatregelen zal opleveren die een lange termijn effect hebben. Dit vanwege de vernieuwde blik op de problematiek die verwacht wordt uit het vooronderzoek (VIPL) te resulteren;



- ten slotte wordt geconcludeerd dat communicatie over luchtkwaliteitsmaatregelen van groot belang is: de overheid moet aangeven waar de vervuiler voor betaalt. Uiteraard wordt de communicatie noodzakelijker wanneer de relatie tussen de maatregel en het effect minder duidelijk is.

Criteria en argumenten naar voren gebracht in de eerste workshop

De belangrijkste criteria:

- bewezen effectief (ook wanneer politiek onhaalbaar):
 - lange-termijn/korte-termijn oplossing;
 - effect op de specifieke tijd van de dag of knelpunt: maatwerk;
 - verplaatsing van het probleem (geen netto-effect).
- kosten/baten;
- kosteneffectiviteit (rendement);
- haalbaarheid (economisch, juridisch, maatschappelijk, politiek);
- handhaving;
- esthetische argumenten.

Aangedragen stellingen / meningen:

- de belangrijkste factoren bij luchtverontreiniging zijn: transportvolume; brandstofsoort; homogeniseren v.d. snelheid; lage snelheid;
- vrachtverkeer is grote bron van overlast (vooral in files);
- woon-werk verkeer veroorzaakt veel overlast;
- oude auto's veroorzaken veel overlast;
- bronmaatregelen zijn beter dan andere maatregelen;
- bewustwording werkt (zowel bij bedrijven als individuen);
- bewustwording werkt niet;
- goede communicatie vanuit de overheid werkt (wanneer de relatie tussen maatregel en milieueffect duidelijk is);
- preventie werkt;
- verminderen achtergrondconcentratie werkt;
- publieke ruimte moet behouden blijven.

Waarom koos u juist (niet) voor deze maatregel?

- Het is een sterke (effectieve) maatregel;
- het is een eenvoudige maatregel;
- (te weinig) generieke maatregel;
- eerlijke maatregel (vervuiler betaalt; gezondheidseffecten voor gevoelige mensen);
- maatregel met positieve uitstraling;
- gemakkelijk te communiceren;
- innovatief (nieuwerwets);
- creatieve oplossing (ander denkraam, nieuwe benadering van het probleem);
- symptoombestrijding (End-of-pipe maatregel; effect bij ontvanger).

Welke neveneffecten zijn voor u belangrijk?

- Neveneffect op economie en welvaart (verminderde bereikbaarheid; verminderde concurrentiepositie);
- neveneffect op verkeersveiligheid;
- neveneffect op geluid;
- sociale nadelen;
- afname van keuzevrijheid voor weggebruikers.

Maatregelen uit de brainstorm-sessies

In onderstaande tabel staan alle maatregelen die naar voren kwamen uit de brainstorm-sessies. Ook aangegeven zijn de aantallen groene (top-five) en rode (bottom-five) stickertjes die bij de maatregelen geplakt werden.

Maatregel	Groen	Rood
Meer fietsen in de trein, meer treinen	1	1
Snelweg verhoogde ligging	1	1
Restrictief parkeerbeleid, minder plaatsen + duurder	1	1
Grote schaal homogeniseren van de verkeersstroom (traject controle, inhaalverbod vrachtwagens opheffen, smalle rijstroken [met muurtjes])	3	1
Spoedwet wegversmalling [vgl. A10 West onderhoud]	3	1
Kilometerheffing gedifferentieerd naar locatie en emissiefactoren	3	1
Verbeteren doorstroom binnenwegen (groene golf)		1
Huizen afbreken		1
Luchthaven in zee		1
Rijksweg vergunning (oude auto's, alle auto's)		1
Mistmachines bij knelpunten		1
Inhaalverbod vrachtauto's landelijk		1
Overkapping wegen + alternatief energieopwekking en afzuiging		1
Verplichten carpoolen binnenkomst stad middels carpoolstrook en back-up		1
Stimuleren vracht per spoor en schoner maken dieselloos/elektrificeren		1
Zuinige airco's verplichten		1
Bomen planten [heggen,...]	1	2
Werkgevers verplichten % werknemers per OV [afdwingen in milieuvergunning]	1	2
Meer onderzoek fijn stof [NAP-2]	1	2
Internaliseren van milieuschade in huur		2
Introduceren waterstof als brandstof		2
Verbieden recreatief verkeer in spits		2
Nat houden wegdek [minder deeltjes]		2
Afschaffen MRB-vrijstelling > 25 jr auto's		2
Oude buitenlandse vrachtauto's verbieden	1	3
Werktijden spreiden	2	3
Compensatie voor wonen aan knelpunt (volkstuint, vakantiehuis [hypotheekrente aftrek weer invoeren], sportschool)		3
Auto's op de trein door knelpunt		3
SUS-kasten voor lucht (binnenhuis filtersysteem)		3
Elke maand auto-vrije dag		3
Lopende band als wegdek		3
Industrie: strenger handhaven + op zwarte lijst komen		3
Even/oneven kentekens afwisselend weren		3
Blinde muren langs snelwegen		3
Nieuwe weg openen [ontlasten bestaande weg]	1	4
Virtuele schoorsteen ("verdunnen")	3	4
Verbod op openhaard stoken en BBQ/vuurwerk		4
Anti-NO _x pil		5
Wegen verbreden [minder files]	1	6
Diesel verbieden	7	6
Negeren doelstelling of uitstel		7
Witte fietsenplan NL	1	
Keep your lane [hoofdwegen] (cruise control)	1	
functie-ruil woningen langs snelweg [varkens voor mensen]	1	
Draadloos breedband internet heel Nederland	1	
Gratis OV op knelpunten	1	
Openbaar vervoer op alt. Brandstof	1	
Groene golf stimuleren	1	
Leren van maatregelen in buitenland	1	
Invoegen en ritsen met LED-geleiding	1	
OLS ondergronds logistiek systeem, gebruik metronet 's nachts.	1	
Sluiten/heroverwegen aantal afritten in spits	1	
Verplichten cruise control + navigatie [parkeer reserveer systeem met file-info]	1	



Maatregel	Groen	Rood
Verplichten LARGAS bij lokale wegen	1	
Kilometerheffing tarief zeer hoog als > maximum snelheid	1	
Invoeren ISA (lage snelheid bij knelpunt)	1	
Elektrisch OV in steden	1	
LPG bevorderen	1	
Elektriciteit/hybride stimuleren [stadsdistri.]	1	
Oude diesels verbieden [< Euro x]	1	
Katalysatoren op schepen	1	
Sluiten van snelweg ter plekke + alternatieven busbaan	1	
Parkeerplaatsen i.p.v. woningen [P+R fietsen] vieze zone > autobezitters	2	
Limiet immissies (just-in-time maatregelen)	2	
Opkopings- en sloopregeling (Euro-o, Euro-1)	2	
Verbeteren coördinatie overheden w.b. R.O. planning	2	
Stimuleren dicht bij werk wonen	2	
Snelheid optimaliseren [lager]	2	
Oude auto's versneld slopen	2	
Vervanging scheepsmotoren versnellen	2	
Stimuleren carpoolen/thuiswerken	2	
Bewustwording bestuurder d.m.v. informatiesysteem luchtkwaliteit [in/buiten auto] (Postbus 51, bill boards knelpunten, 3 ANWB)	3	
Scholen buiten knelpunten	4	
Toepassen Overschie-pakket op alle knelpunten	4	
R.O. beperkingen verscherpen, 200 meter? [vrijwaringszones, ook t.b.v. externe veiligheid]	4	
Kilometerheffing voor vrachtauto's	4	
Slimme RO	5	
Inruil regeling (voor hybride voertuigen, ...H2, LPG CNG, [BIO-diesel])	6	
Verkeersheffing gedifferentieerd naar milieuklasse	6	
Lokale achtergrondbronnen verwijderen (open haarden, vuurkorven, grasmaaiers, binnenvaart, diesel loc.)		
Geluidsschermen [eventueel t.b.v. virtuele schoorsteen]		
Intensiveren HNR		
Meeliften met ANWB [engin]		
Schok absorbers [bumper aan bumper en duwen > trein]		
Venstertijden verruimen		
Limiet aantal auto's op knelpunten		
Kantoren als scherm		
Uitlaat waterpijp		
Accijns op kerosine		
Aardgas als brandstof		
Voortzetten campagne 'bewegen naar je werk'		
Meer fietsmogelijkheden bij spoorvervoer [fiets mee in trein]		
Stimuleren personenvervoer over water		
Stimuleren OV-fiets [witte fiets]		
Niet uitbreiden wegen [mensen uit auto dwingen]		
Energiebesparing huishoudens + infrastructuur		
Straat/wegenverlichting uit		
Betere afstemming verkeerslichtenregime [snelweg > afvoerwegen]		
Vegetatie langs snelwegen neerzetten		
Verdunnen met ventilatoren		
Afvangen middels chemische reacties van schadelijke componenten		
Verbieden suv's		
Toeritdosering afh. van luchtkwaliteit		
Automatische voertuiggeleiding		
Blokrijden met safety car		
Keep your lane		
Stimuleren vervanging oude CV-ketels		
Bevorderen goederenvervoer via pijplijn		
Herstellen fietsafrek		
Toepassen mobiliteitstoets bedrijventerreinen en woonwijken		
Verbeteren afstemming overheden [algemeen]		
"Fijn-stofzuiger" in vangrail/tunnel		
Beter monitoren fijn stof		

Maatregel	Groen	Rood
Belast houden van woon/werk kilometers		
Creëren multimodale knooppunten vracht		
Gelijkmatiger overgang maximum snelheid		
Zonnepanelen in dak t.b.v. airco		
Stop/start systemen auto's		
Aanscherpen koude start-eisen in EU verband		
Diesel verbieden		
Diesel auto's niet toelaten op knelpunt		
Oude diesels 'schoon' maken		
Stadsvervoer [OV, vuilnis] op LPG/aardgas		
Optimaliseren banden + wegdek [minder slijtage deeltjes]		
Toegangsheffing steden à la Londen		
Verbod kinderen per auto naar school te brengen		

D.3 Resultaten en verslag van de tweede workshop

Tijd: 30 september 2003, van 13.30 uur tot 16.30 uur.

Locatie: Adviesdienst Verkeer en vervoer, Boompjes 200, Rotterdam

Zaal: Tentoonstellingsruimte, 1^e verdieping gebouw Directie Zuid-Holland.

Aanwezigen:

Wybe Zijlstra	Bovag
Kees Pereboom	RAI vereniging
Chris Kampfraath	DGG/TW (V&W)
Hans Nugteren	RWS hoofdkantoor
Karin Blaauw	Stichting Natuur en Milieu
Anco Hoen	RIVM
Johan Voerman	DCMR Milieudienst Rijnmond
Hans Groeneveld	RWS/DZH
Gerard de Groot	ECN
Marcel Koeleman	RWS/DWW
Hans Smits	Infomil
Simone Houtman	DGP (V&W)
Hans Erbrink	KEMA
Diederik Metz	RWS/DWW
Joost Vermeulen	CE
Rens Kortmann	CE

Het doel van de tweede workshop was het terugkoppelen van de lijst van maatregelen uit de eerste workshop en van de resultaten van CE/AVV/DWW/KEMA n.a.v. de eerste workshop. Deze resultaten omvatten een clustering van de maatregelen naar oplossingsrichting en een beoordeling van de resultaten op een zestal criteria. De deelnemers van de workshop kregen de mogelijkheid om te reageren op de resultaten. Ten slotte had de workshop als doel de maatregelen te beoordelen op twee additionele criteria: gezondheidseffect en maatschappelijke acceptatie.

Programma:

13.00 – 13.30 uur	Ontvangst met koffie
13.30 – 13.40 uur	Welkom namens het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (door DWW)
13.40 – 14.00 uur	Toelichting op werkwijze en voorlopige resultaten 1 ^e workshop (door CE)
14.00 – 14.30 uur	Reactie op resultaten (beoordeling op effect)
14.30 – 14.45 uur	Koffiepauze
14.45 – 16.00 uur	Scoren op maatschappelijke acceptatie en gezondheidseffect
16.00 – 16.15 uur	Terugmelding uit de twee groepen
16.15 – 16.30 uur	Toelichting vervolg en sluiting

Diederik Metz verwelkomde de deelnemers en gaf een korte uitleg over het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL). De huidige workshop is onderdeel van het vooronderzoek van dit programma (VIPL). Hierna gaf Joost Vermeulen een toelichting op de werkwijze en de voorlopige resultaten van het vooronderzoek n.a.v. de eerste workshop.

Werkwijze en voorlopige resultaten

Na een korte analyse van het probleem (de slechte luchtkwaliteit in woningen langs snelwegen) is besloten de lijst van maatregelen uit de eerste workshop op twee manieren in te delen:

- 1 Indeling naar achtergrond of knelpunt. Hiervoor wordt bepaald of een maatregel effect heeft op de achtergrondconcentraties van gezondheidsbepalende stoffen of dat de maatregelen ingrijpt op de bijdrage van de snelweg op de lokale luchtkwaliteit in het knelpunt.
- 2 Indeling naar cluster. Voor zowel de achtergrond- als knelpuntmaatregelen zijn tien clusters vastgesteld die elk een oplossingsrichting van het probleem voorstellen. Voor de vorming van clusters is teruggegrepen op de bron-receptor keten van verkeersemisies. Deze keten was eerder al gebruikt als systematische indeling van maatregelen in de eerste workshop. De clusters zijn samengevat in Tabel 41.

Tabel 41 Clusters van maatregelen gebaseerd op de bron-receptor keten van verkeersemisies

Bron-receptor keten	Clusters van achtergrondmaatregelen	Clusters van knelpuntmaatregelen
Bron	A: Sneller schoner B: Volumebeperking C: Technische innovatie F: Overige verkeersmodaliteiten (trein, schip, vliegtuig, etc.) G: Industrie H: Landbouw I: Buitenland J: Huishoudens	A: Sneller schoner B: Volumebeperking C: Technische innovatie
Emissies	D: Snelheidsbeperking E: Homogeniseren van de verkeersstroom	D: Snelheidsbeperking E: Homogeniseren van de verkeersstroom
Overdracht	–	F: Passieve afscherming van huizen G: Actieve verdunning van concentraties
Receptor	–	H: Vrijwaring / RO I: Relocatie (bestemmingsruil van woningen aan knelpunten) J: Gezondheidszorg

Na de presentatie van de clusters en de reacties van de deelnemers werd geconcludeerd dat het woord 'emissies' in de bron-effect keten niet het beste woord is. In deze schakel van de keten wordt namelijk geduid op de bijdrage van het rijgedrag op de verkeersemisies. Hiervoor zal een nieuwe naam gekozen worden. NB in een latere bijeenkomst van het projectteam is besloten de indeling in clusters enigszins te herzien.

Voor de beoordeling van maatregelen zijn negen criteria opgesteld:

- 1 Effect op de concentraties.
- 2 Kosten.
- 3 Kosteneffectiviteit.
- 4 Technische haalbaarheid.
- 5 Handhaving.
- 6 Juridische haalbaarheid.
- 7 Maatschappelijke haalbaarheid.
- 8 Politieke haalbaarheid.
- 9 Gezondheidseffect.

Deze criteria zijn deels gekozen uit eerder studies, deels uit de stickersessie van de eerste workshop en deels uit eigen ervaring. De maatregelen zijn door CE/AVV/DWW/KEMA beoordeeld op de eerste zes criteria.

De presentatie van deze beoordeling leidde tot de volgende reacties:

- Wat wordt bedoeld met het effect op de concentraties? Effect op jaargemiddelden of op de pieken (uurgemiddelden)?
- Op welke concentraties wordt gelet? NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, Ultrafine (UF) stof? Een maatregel kan namelijk een verschillend effect hebben op verschillende stoffen.
- Waarom wordt 'effect' gepresenteerd als het belangrijkste criterium? Kosteneffectiviteit is ook belangrijk.

Daarnaast zijn twee additionele criteria genoemd:

- 10 Verkeersveiligheid en doorstroming.
- 11 Duurzaamheid (heeft de maatregel ook effect op de lange termijn?).

De genoemde reacties zijn besproken in het projectteam en verwerkt in het eindrapport. Tevens hebben de deelnemers de gelegenheid gekregen per e-mail te reageren op de beoordeling van het effect van de maatregelen (zie de eerder per e-mail toegestuurde stukken met de beoordelingslijsten).

Beoordeling op maatschappelijke haalbaarheid en gezondheidseffect

De deelnemers zijn vervolgens opgesplitst in twee groepen. In de eerste groep hebben experts op het gebied van milieu en gezondheid de meest effectvolle maatregelen beoordeeld op hun gezondheidseffecten. In de tweede groep hebben medewerkers van maatschappelijke organisaties hun visie gegeven op de maatschappelijke haalbaarheid van effectvolle maatregelen.

Gezondheidseffect

Alvorens de maatregelen werden beoordeeld is gesproken over een algemeen punt. Namelijk, de koppeling tussen concentraties van stoffen en het gezondheidseffect is vaak moeilijk te maken. Bijvoorbeeld, het is onduidelijk welk type fijn stof de gezondheid het meeste beïnvloedt: zwarte rook (koolstof), PM₁₀, PM_{2,5}, of UF (ultra fine stof). Van wat nu bekend is, lijkt UF de grootste bron van zorg. Echter, het Besluit Luchtkwaliteit geeft alleen normen voor NO₂ en PM₁₀. Sommige maatregelen reduceren wel de concentratie PM₁₀, maar niet die van UF (bijvoorbeeld, sommige mensen beweren dat roetfilters de UF concentratie zelfs kunnen verhogen). Deze maatregelen



zullen dus aan de letter van de wet voldoen, terwijl ze een klein of zelfs negatief effect op de gezondheid kunnen hebben. Uit deze discussie resulteren de volgende punten voor verder onderzoek:

- effect van verschillende soorten fijn stof op de gezondheid;
- effect van NO₂-concentratie op de gezondheid;
- meetmethodes voor de verschillende soorten fijn stof (bijvoorbeeld, de koolstof concentraties geven wellicht een indicatie van de concentratie UF stof).

Hierna zijn de gezondheidseffecten besproken door in de lijst van *clusters* een prioritering aan te brengen. De clusters waarin het meeste effect wordt verwacht zijn:

- bron-maatregelen in de achtergrond (A t/m C in de achtergrond);
- herlocatie van woonbestemming en vrijwaring (H en I op het knelpunt).

Een gemiddeld effect wordt verwacht bij:

- bron-maatregelen op het knelpunt (A t/m C op het knelpunt);
- afschermingsmaatregelen (F en G op het knelpunt);
- snelheidsbegrenzing en homogeniseren van de verkeersstroom op het knelpunt (D en E op het knelpunt). NB uit het TNO rapport over de maatregelen in Overschie blijkt echter dat de emissiereducties hoog zijn (25 tot 35%). Wellicht zouden deze clusters toch een hoog effect sorteren als het gaat om gezondheidsmaatregelen;
- overige verkeersmodaliteiten in de achtergrond (F in de achtergrond; vnl. scheepvaart).

Bij de overige clusters wordt het minste effect verwacht:

- snelheidsbegrenzing en homogenisering in de achtergrond (D en E in de achtergrond);
- maatregelen met overige achtergrondbronnen (G t/m J in de achtergrond);
- gezondheidsmaatregelen op het knelpunt (J op het knelpunt).

De prioritering is onderbouwd met de opmerkingen in Tabel 42.

Tabel 42 Bespreking van de gezondheidseffecten van de clusters

Achtergrond	
Cluster A: sneller schoner	Het gebruik van roetfilters en de overschakeling van benzine naar LPG hebben veel effect op fijn stof, maar minder op NO ₂ . De overschakeling van diesel naar LPG verlaagt zowel fijn stof als NO ₂ . Roetfilters kunnen de uitstoot van UF stof vergroten.
Cluster B: Volumebeperking	Effect is ongeveer gelijk aan cluster A. Deze maatregelen hebben meer effect wanneer ze worden gedifferentieerd naar brandstofsoort.
Cluster C: technische innovatie	Het gebruik van waterstof heeft een positief effect op zowel NO ₂ , PM ₁₀ , als UF. Roetfilters verlagen alleen de PM ₁₀ -concentratie; UF uitstoot wordt wellicht hoger.
Cluster D: snelheidsbeperking	Geen opmerkingen
Cluster E: homogeniseren van de verkeers-stroom	Geen opmerkingen
Cluster F t/m J: overige achtergrondbronnen	Geen opmerkingen
Knelpunt	
Cluster A: sneller schoner	Knelpuntmaatregelen hebben over het algemeen minder effect op de gezondheid dan generieke maatregelen, omdat de laatste zowel op de achtergrondconcentraties als op de bijdragen van het knelpunt werken (twee vliegen in één klap). Het effect op ultrafijn stof (UF) is waarschijnlijk echter gelijk — de UF concentratie wordt voornamelijk veroorzaakt door lokale bronnen.
Cluster B: Volumebeperking	Het effect van de maatregel 'toeritdosering afhankelijk van luchtkwaliteit' is discutabel, omdat (1) op deze manier alleen de pieken worden afgevlakt, niet de jaargemiddelde concentratie, en (2) de overschrijdingen van de norm mogelijk niet ongedaan kunnen worden gemaakt door locale maatregelen. Niet alle deelnemers kunnen zich hier echter in vinden.
Cluster C: technische innovatie	Er zijn vooral mogelijkheden in vrachtovervoer.
Cluster D: snelheidsbeperking	Uit het TNO rapport over de A13 ter hoogte van Overschie blijkt dat snelheidsbeperking voornamelijk effect heeft wanneer dat leidt tot een meer homogene verkeersstroom. De emissies van het verkeer op de A13 zijn door de maatregel gereduceerd met 15-25% (NO _x) en 25-35% (PM ₁₀).
Cluster E: Homogeniseren van de verkeers-stroom	Homogeniseren is belangrijker voor de reductie van emissies dan het beperken van de snelheid. Het leidt dus ook tot betere gezondheidseffecten (zie hierboven).
Clusters F en G: passieve en actieve afscherming	Uit een praktijktest blijkt dat een lang scherm bij Schiedam (5 à 10 m hoog) goed werkt als het gaat om gezondheid. De bouwdienst van Rijkswaterstaat onderzocht de werking van schermen: er is een effect in een gebied direct achter het scherm ter grootte van ongeveer tien maal de hoogte.
Cluster H t/m J: Receptor maatregelen	UF stof is voornamelijk afkomstig van bronnen op de snelweg. Relocatie/vrijwaring is daarom goed om het UF probleem aan te pakken. Het bouwen van kantoren is geen oplossing voor het gezondheidsprobleem.

Maatschappelijke haalbaarheid

In de tweede deelgroep is de maatschappelijke haalbaarheid van de maatregelen besproken. De deelnemers hebben daarbij scores toegekend aan deze maatregelen. Een samenvatting van deze scores is te vinden in de tabellen van bijlage B.

E Details doorrekening maatregelpakketten

E.1 Gehanteerde emissiefactoren en verkeersintensiteiten

De gehanteerde emissiefactoren staan samengevat in de onderstaande Tabel 43.

Tabel 43 Emissiefactoren zoals gebruikt bij de doorrekening van de cases

Stof		100 km/uur	80 km/uur	congestie
NO_x	Personenauto	0,22		0,23
	Vrachtauto middel		3,09	6,27
	Vrachtauto zwaar		4,64	9,42
	Vrachtauto middel (Euro5)		1,66	
	Vrachtauto zwaar (Euro 5)		2,45	
PM₁₀	Personenauto	0,025		0,042
	Vrachtauto middel		0,123	0,263
	Vrachtauto zwaar		0,140	0,300

Voor het aandeel direct uitgestoten NO₂ is voor vrachtverkeer 5,5% aangenomen en voor personenverkeer 4,5%. Er bestaan aanwijzingen dat het initieel aandeel van NO₂ bij de uitstoot van verkeer significant hoger is, maar ten tijde van deze studie kon geen onderbouwde alternatieve waarde worden gevonden.

De verkeersintensiteit op een weekenddag is gesteld op 75% van die op een werkdag. Het aandeel van vrachtverkeer is uitgesplitst in middelzwaar en zwaar vrachtverkeer met beide unieke emissiecijfers.

De verkeersintensiteitsprofielen (in de tijd) zijn afgeleid van meetgegevens van de A13, waarbij informatie over verkeersintensiteiten met dezelfde indeling (licht- middelzwaar en zwaar vrachtverkeer) beschikbaar is (RWS, 2003). De verkeersintensiteiten voor de rekencases 1 en 2 zijn hiervan afgeleid en afgerond. De onderstaande Tabel 44 vat deze intensiteiten samen. Opvallend is dat het aandeel vrachtverkeer over de dag niet constant is, hiermee is rekening gehouden in de berekeningen.

Voor de uren dat er congestie optreedt (20% van de tijd bij case 1 en 5% bij case 2) wordt aangenomen dat het effect van de maatregelen nihil is. Dat wil zeggen dat in die uren de emissie conform de bovenstaande emissietabel is (functie van de snelheid en type verkeer).

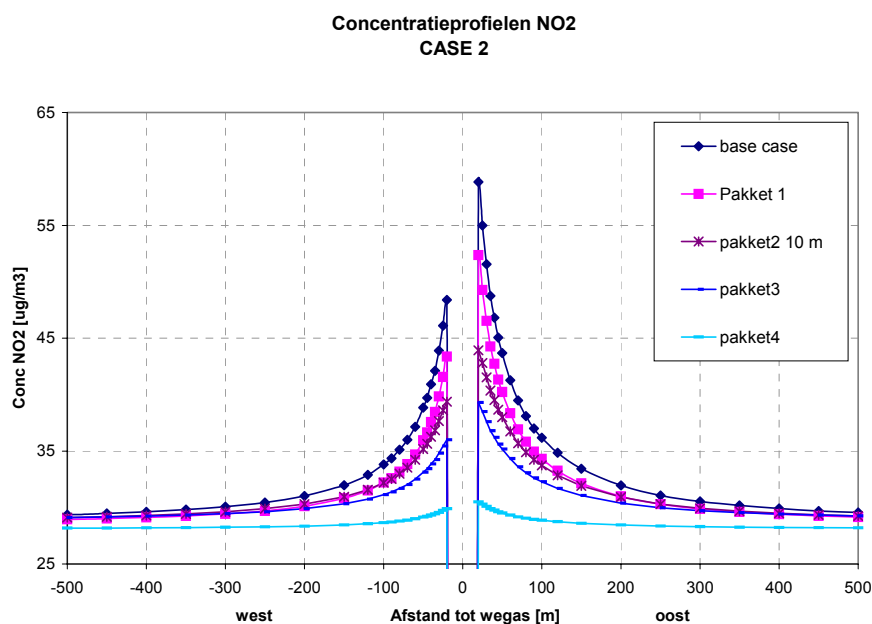
Tabel 44 Verkeersintensiteiten in voertuigen per uur, uitgesplitst in licht verkeer, middelzwaar vrachtverkeer en zwaar vrachtverkeer voor het jaar 2010

Case 1					Case 2			
uur	Type verkeer			Aandeel vrachtverkeer	Type verkeer			Aandeel vrachtverkeer
	Licht	Middel vracht	Zwaar Vracht		Licht	Middel vracht	Zwaar Vracht	
1	2107	59	52	5.24%	1513	67	87	10.18%
2	971	43	46	9.14%	697	49	77	18.09%
3	546	39	41	14.74%	392	45	69	29.15%
4	476	38	48	18.05%	342	44	80	36.25%
5	659	72	89	24.44%	473	83	149	48.97%
6	2952	248	229	16.17%	2120	285	384	31.56%
7	9103	705	392	12.06%	6537	810	657	22.45%
8	12221	645	306	7.78%	8776	741	513	14.29%
9	12749	558	299	6.72%	9155	641	501	12.47%
10	11170	616	386	8.98%	8021	708	647	16.90%
11	9915	677	421	11.08%	7120	778	705	20.83%
12	9653	702	423	11.65%	6932	806	709	21.86%
13	10620	676	410	10.22%	7626	776	686	19.18%
14	11022	687	393	9.80%	7914	789	658	18.29%
15	11249	725	383	9.84%	8078	833	641	18.24%
16	11855	719	331	8.86%	8513	826	555	16.23%
17	12002	589	293	7.35%	8619	677	491	13.55%
18	12833	428	251	5.30%	9215	492	421	9.91%
19	12533	351	230	4.64%	9000	404	386	8.77%
20	10096	264	181	4.41%	7250	303	304	8.37%
21	6981	186	151	4.82%	5013	214	253	9.30%
22	6136	151	121	4.44%	4406	174	203	8.55%
23	5662	124	92	3.81%	4066	142	154	7.28%
24	4488	98	71	3.76%	3223	112	119	7.18%
				gemiddeld				gemiddeld
	188000	9400	5640	8.00%	135000	10800	9450	15.00%

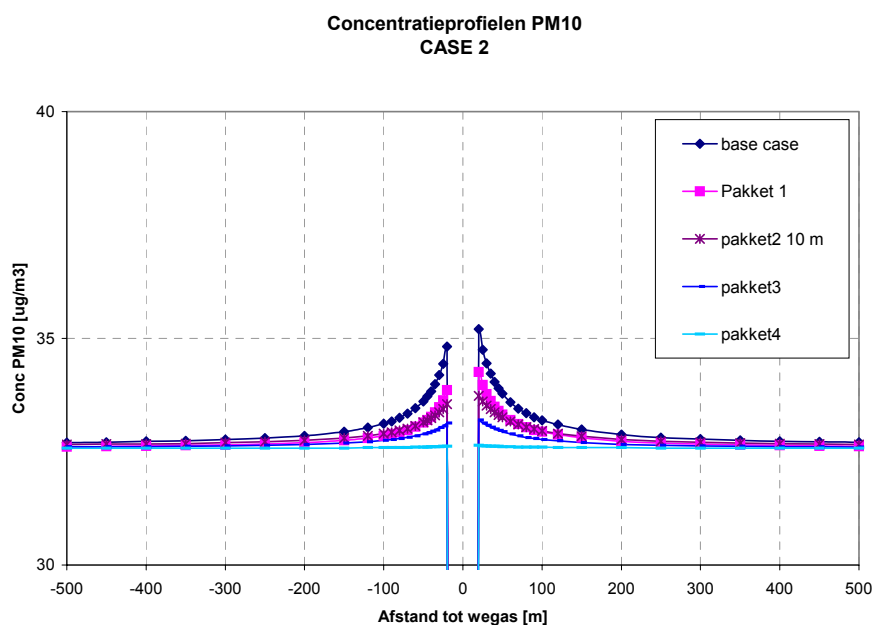
E.2 Resultaten: concentratiecontouren case 2

De onderstaande en geven de concentratiecontouren zoals die met het NNM+ model zijn berekend voor case 2.

Figuur 18 NO₂-concentraties in 2010 voor case 2, dwarsprofiel over de weg



Figuur 19 PM₁₀-concentraties in 2010 voor case 2, dwarsprofiel over de weg



E.3 Korte beschrijving van het NNM+ model

Emissies door verkeer op een autosnelweg kunnen niet met de standaardversie van het Nieuwe Nationaal Model worden doorgerekend. Dit is in de beschrijving van het model (het Paarse Boekje) duidelijk aangegeven. De achterliggende reden hiervoor is dat het NNM geen rekening houdt met:

- het lijnbronkarakter van een verkeersweg, met name op de NO₂-vorming;

- de emissiekaracteristieken van verkeer;
- de eigen turbulentie gegenereerd door het wegverkeer;
- de aanwezigheid van geluidsschermen;
- de wijze waarop het geëmitteerde NO naar NO₂ wordt omgezet in de atmosfeer voor een lijnbron.

Voor het modelleren van deze aspecten bestaat geen nationale consensus. Andere modellen (CAR, VLW etc) houden met deze aspecten wel (ten dele) rekening. KEMA-STACKS bevat echter meer mogelijkheden dan de standaardversie van het NNM. Bovengenoemde specifieke verkeersaspecten zijn in een speciale versie KEMA-STACKS wel gemodelleerd (NNM+), zodat voor rijkswegen de concentraties ten gevolge van verkeer berekend kunnen worden. In het navolgende wordt kort aangegeven hoe hiermee omgegaan wordt.

Het lijnbronkarakter van een verkeersweg, met name op de NO₂-vorming

Voor puntvormige bronnen (lees: de meeste industriële bronnen) is een nationale consensus opgezet om uit de NO emissies NO₂ concentraties in de omgeving te berekenen. Dit is in het "Paarse Boekje" beschreven. Het NNM gaat uit van berekeningen die van uur-tot-uur worden uitgevoerd om op een zo hoog mogelijk detailniveau het gevormde NO₂ te kunnen berekenen. Een belangrijk punt is daarbij is dat de reacties van NO met ozon naar NO₂ niet plaatsvinden in uurgemiddelde rookpluimen maar in pluimvormen zoals die instantaan zijn. Voor puntbronnen is daar een rekenmethode in het NNM ingebouwd. Voor verkeerswegen is dit principe in KEMA-STACKS uitgebreid naar lijnbronnen, waarbij de inmenging van de omgevingslucht (met ozon) zo goed mogelijk wordt beschreven. Daarbij wordt weer uitgegaan van instantane concentraties. Voor lijnbronnen betekent dit dat de verdunning in de dwarswindrichting (loodrecht op de windrichting; de "y-richting") wegvalt (de concentratie is in deze richting immers uniform verdeeld), alleen de verdunning in de verticale richting is nog van belang. De NO₂/NO_x verhouding wordt berekend op "neushoogte" (1.5 m). Bij lijnbronnen is de inmenging van ozon daardoor minder dan bij puntbronnen en zal de verhouding NO₂/NO_x lager zijn. Deze inmenging van ozon in de pluim wordt hiermee zo goed mogelijk ingecalculleerd. Daarbij wordt rekening gehouden met de initiële verdunning door turbulentie van het verkeer zelf en met de extra turbulentie die wordt gegenereerd door een eventueel geluidsscherm. De initiële waarde van sigma-z wordt vergroot, afhankelijk van de grootte van het geluidsscherm.

De emissiekaracteristieken van verkeer

Het NNM is een uur-voor-uur model, hiervan wordt geprofiteerd door de uurlijkse variatie van de verkeersemisatie ook daadwerkelijk te verrekenen. In KEMA-STACKS wordt daarom rekening gehouden met de dagelijkse gang van de verkeersintensiteit: de verkeersintensiteit is 's nachts laag en tijdens de spitsuren hoog. Ook de wekelijkse variatie (minder verkeer op weekenddagen) wordt doorgerekend (zaterdag en zondag 75% verkeer ten opzichte van een doordeweekse dag).

Verkeersintensiteiten en emissies

Naast de wijze van modellering is voor verkeer de wijze waarop de emissie wordt ingevoerd van doorslaggevend belang. Hieraan is veel zorg besteed door gebruik te maken van gedetailleerde gegevens van verkeersintensiteiten. Voor de berekening van de concentraties NO₂ door de verkeersemisaties is rekening gehouden met:

- de opgetreden verkeersintensiteiten op het betreffende wegtracé;
- de wisselende verkeersintensiteiten over de 7 dagen van de week;
- het sterk wisselend verkeersaanbod over de 24 uren van een etmaal;
- het aandeel vrachtverkeer dat van uur tot uur verschilt.

Er wordt rekening gehouden met files tijdens de spitsuren en met meerdere rijstroken op een weggedeelte. Omdat er geen gegevens beschikbaar waren van de aparte verkeersintensiteiten op de diverse rijstroken is hiermee geen rekening gehouden. Voor de emissies van NO_x en PM_{10} van het verkeer is gebruik gemaakt van gegevens van verkeersemissies voor vrachtverkeer en personenauto's volgens het referentiescenario.

De eigen turbulentie van het verkeer

Voor het berekenen van de concentraties ter zijde van de weg op korte afstanden kan het van belang zijn om rekening te houden met de turbulentie die het verkeer zelf veroorzaakt. Dit is in KEMA-STACKS geïmplementeerd met functies waarin de windsnelheid en de windrichting van belang zijn. In KEMA-STACKS wordt bovendien de invloed van turbulentie door vrachtverkeer afzonderlijk van die van personenauto's in rekening gebracht: vrachtverkeer geeft meer turbulentie dan personenauto's. In het geval dat een geluidsschermbaan aanwezig is, is deze eigen turbulentie echter minder relevant.

De aanwezigheid van geluidsschermen

De aanwezigheid van geluidsschermen maakt dat de aanstroming wordt opgetild tot boven het scherm en dat achter het scherm extra turbulentie ontstaat (en dus een sterkere verdunning). De verkeersemissies moeten over het geluidsschermbaan heen en zullen achter het geluidsschermbaan weer tot grondniveau dalen. Het geluidsschermbaan werkt dus positief op de verdunning. Dit effect wordt opgeteld bij het effect van de eigen turbulentie door de auto's. In de berekeningen wordt de aanvangshoogte van de verkeersemissies daarom op grotere hoogte gesteld en de extra initiële verticale verdunning verrekend in de verticale verspreiding sigma-z.

Ten behoeve van de modellering wordt het wegsegment (gekozen is voor de arbitraire lengte van 1000 m) opgedeeld in meerdere stukken om het mogelijk te maken de immissie van zo'n wegsegment te kunnen berekenen op een bepaald receptorpunt. Elk wegstukje wordt daartoe loodrecht geprojecteerd loodrecht op de windrichting, waarna de lijnbron benadering zoals die in het NNM beschikbaar is toegepast kan worden (zie Figuur 20). Dit wordt voor elk uur apart en binnen een uur voor elk receptorpunt apart gedaan. Voor NO_2 concentraties wordt daarbij weer rekening gehouden met de beschikbare hoeveelheid ozon in dat uur. Ook ozonconcentraties kennen een sterke daggang (laag in de nacht en hoog overdag).

Figuur 20 In het NNM+ wordt een weggedeelte – afhankelijk van de positie van een receptorpunt – opgedeeld in meerdere lijnbronnen. De emissie wordt hier-vandaan verspreid na projectie loodrecht op de windrichting

