

**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.n

## **Veilig voor het milieu?**

Een model voor het kwantificeren  
van milieueffecten in een  
kosten-batenanalyse van  
verkeersveiligheidsmaatregelen

### **Rapport**

Delft, september 2002

Opgesteld door: dr. ir. Joost Vermeulen  
drs. Andries Hof  
ir. Jos Dings



# Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

dr. ir. Joost Vermeulen, drs. Andries Hof, ir. Jos Dings  
Veilig voor het milieu? Een model voor het kwantificeren van milieueffecten  
in een kosten-batenanalyse van verkeersveiligheidsmaatregelen  
Delft, CE, 2002

Verkeer / Veiligheid / Maatregelen / Beleidsinstrumenten / Kosten / Rendement / Milieu / Effecten / Analyse / Besluitvorming / Meetmethoden

Publicatienummer: 02.4223.17

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE  
Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
Tel: 015-2150150  
Fax: 015-2150151  
E-mail: [publicatie@ce.nl](mailto:publicatie@ce.nl)

Opdrachtgever: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid  
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 werkteerijnen:

- 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](http://www.ce.nl)

# Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Achtergrond	3
1.2 Doel van dit rapport	3
1.3 Gehanteerde afbakeningen in de methodiek	3
2 Kwantificeren van milieueffecten	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Invloedsfactoren op milieu	5
2.3 Opzet van het model voor de kwantificering van milieueffecten	6
2.3.1 Emissiefactoren voor personen-, bestel- en vrachtauto's	7
2.3.2 Emissiefactoren voor motorfietsen en bromfietsen	10
2.3.3 Combineren met veranderingen in mobiliteit	11
2.4 Benodigde gegevens	11
3 Waarderen van milieueffecten	13
3.1 Inleiding	13
3.2 Achtergrond van schaduwrijzen	13
3.3 Hoogte van schaduwrijzen	14
3.4 Waardering van geluidhinder	14
3.5 Opzet van het model voor monetarisering van milieueffecten	15
Literatuur	17
A Basis-emissiefactoren	21
B Achtergrond van schaduwrijzen	27
C Lijst van verkeersveiligheidsmaatregelen en verwachte effecten	31



# Samenvatting

## Inleiding

Om de verkeersveiligheid te verbeteren is in het NVVP een groot aantal verkeersveiligheidsmaatregelen voorgesteld. Ter ondersteuning van de besluitvorming over deze maatregelen wil de SWOV de voorgestelde maatregelen, alsmede een aantal aanvullende maatregelen, onderwerpen aan een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA).

De SWOV heeft aan CE gevraagd bij te dragen aan de methodiekontwikkeling van de MKBA voor de voorgestelde maatregelen, in het bijzonder aan het kwantificeren en waarderen van de milieueffecten van deze maatregelen in de MKBA.

## Doelstelling en afbakening

In dit rapport zetten we een methodiek neer voor het kwantificeren en waarderen van milieueffecten van verkeersveiligheidsmaatregelen ten behoeve van de MKBA.

De methodiek is opgezet voor de milieueffecten van brom- en motorfietsen en personen-, bestel-, en vrachtauto's. Voor het milieueffect nemen we de emissies van CO<sub>2</sub> (klimaat), NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> (luchtverontreiniging) mee, alsmede geluid. De methodiek beschouwt de milieueffecten tot het jaar 2030.

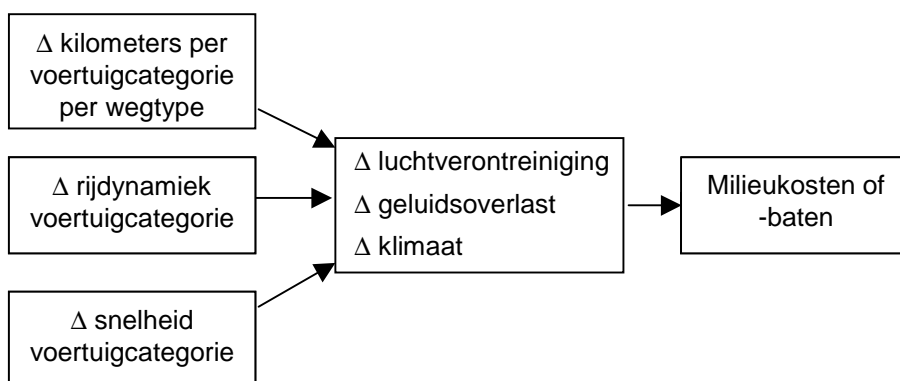
## Opzet van de methodiek

De in dit rapport beschreven methodiek vormt een onderdeel van de berekeningen van de kosten en baten die in een MKBA plaatsvinden. Als invoer voor dit onderdeel gelden de volgende effecten die als gevolg van een verkeersveiligheidsmaatregel kunnen optreden:

- 1 Een verandering van het aantal afgelegde kilometers per voertuigtype per wegtype;
- 2 Een verandering van de rijdynamiek;
- 3 Een verandering van de voertuigsnelheid.

Deze mobiliteitseffecten bepalen vervolgens het milieueffect (zie Figuur 1).

Figuur 1 Relatie tussen mobiliteitseffecten, milieueffecten en milieukosten of -baten



De methodiek beschouwt de verandering van het aantal gereden voertuigkilometers van elke voertuigcategorie op elk van de wegtypen van de "Duurzaam Veilig"-wegindeling. Elk van deze wegtypen kent een afzonderlijke snelheidslimiet en daarmee een andere doorstroomsnelheid. Bovendien zijn voor elk van de DV-wegtypen 3 niveaus van rijndynamiek onderscheiden.

Om de milieueffecten van voor elke combinatie van wegtype en rijndynamiek te bepalen wordt gebruik gemaakt van een basisset van emissiefactoren (emissies per kilometer) voor elk voertuigtype. Deze basisset is gebaseerd op emissiefactoren uit diverse studies, die veelal weer ontleend zijn aan praktijkproeven. Met name studieresultaten naar de invloed van voertuigsnelheid en rijndynamiek op voertuigemissies zijn pas zeer recent beschikbaar.

Aan de hand van prognoses voor de ontwikkeling van voertuigemissies door het RIVM is de basisset van emissiefactoren uitgebreid met emissiefactoren voor de periode tot en met het jaar 2030.

Nadat de milieueffecten zijn bepaald, vindt de waardering van de milieueffecten plaats met behulp van zogenaamde schaduw prijzen, en leiden dan tot jaarlijkse milieukosten of -baten. De in deze methodiek gehanteerde schaduw prijzen zijn ontleend aan diverse (internationale) studies en zijn afgeleid uit de schadekosten (schade als gevolg van een milieueffect) of uit de preventiekosten (kosten die de samenleving ervoor over heeft om een milieueffect te voorkomen) van een milieueffect. De waardering van geluidhinder is gebaseerd op de waardeverandering van bezit (bijvoorbeeld een woning) als gevolg geluidhinder.

Voor de maatschappelijk kosten-batenanalyse worden, ten slotte, de jaarlijkse milieukosten of -baten uitgedrukt in de huidige contante waarde, door ze te verdisconteren. Daarmee kunnen ze worden verrekend met de overige contant gemaakte kosten- en batenposten uit de MKBA.



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Een belangrijke doelstelling in het NVVP is het verbeteren van de verkeersveiligheid. Om dit te bereiken is een groot aantal verkeersveiligheidsmaatregelen voorgesteld. Ter ondersteuning van de besluitvorming omtrent deze maatregelen is de SWOV een project gestart om de voorgestelde maatregelen, alsmede een aantal aanvullende maatregelen, te onderwerpen aan een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA).

De SWOV heeft aan CE gevraagd bij te dragen aan de methodiekontwikkeling van de MKBA voor de voorgestelde maatregelen, in het bijzonder aan het kwantificeren en waarderen van de milieueffecten van deze maatregelen in de MKBA.

## 1.2 Doel van dit rapport

Het doel van dit rapport is het neerzetten van een methodiek voor het kwantificeren en waarderen van milieueffecten van verkeersveiligheidsmaatregelen ten behoeve van de MKBA.

Deze methodiek zal worden ingepast in een rapportage die door de SWOV wordt uitgebracht.

## 1.3 Gehanteerde afbakeningen in de methodiek

### **Voertuigcategorieën**

In overleg met de SWOV en Ecorys is voorgesteld in de MKBA de volgende voertuigcategorieën te onderscheiden:

- 1 Personenauto's.
- 2 Bestelauto's.
- 3 Vrachtauto's (solo).
- 4 Vrachtauto's (combinaties).
- 5 Motorfietsen.
- 6 Bromfietsen.

### **Milieueffecten**

Kwantificeren en waarderen van milieueffecten vindt plaats voor de volgende indicatoren:

- CO<sub>2</sub>-emissie (klimaat: broeikasgas);
- NO<sub>x</sub>-emissie (luchtverontreinigend: gezondheidseffecten en verzuring);
- PM<sub>10</sub>-emissie (luchtverontreinigend: gezondheidseffecten);
- geluidhinder.

We hanteren deze afbakening omdat onze ervaring uitwijst dat de financiële waardering van andere emissies, zoals HC, CO en SO<sub>2</sub>, nauwelijks gewicht in de schaal legt in vergelijking met de vier wel mee te nemen effecten. Dit

komt doordat deze emissies nu al vrij bescheiden zijn, ze in de komende tijd snel zullen afnemen en omdat de schaduwprijs<sup>1</sup> relatief bescheiden is.

### ***Tijdspanne***

In de methodiek worden de milieueffecten bepaald voor de tijdspanne tot het jaar 2030. Voor deze periode zijn op dit moment met enige betrouwbaarheid prognoses te maken van de milieuprestaties van de verschillende voertuigen. De maatregelen zelf worden, zoals nu voorzien, geïntroduceerd in de periode tot het jaar 2020, waarbij effecten te verwachten zijn tot of voorbij het jaar 2050.

---

<sup>1</sup> Schaduwrijzen vormen een hulpmiddel om milieuemissies in geld (kosten) uit te drukken. De schaduwprijs wordt afgeleid van door de overheid gestelde milieudoelen. Het is het (marginale) bedrag per eenheid emissie waarmee het gestelde doel kan worden bereikt.





## 2 Kwantificeren van milieueffecten

### 2.1 Inleiding

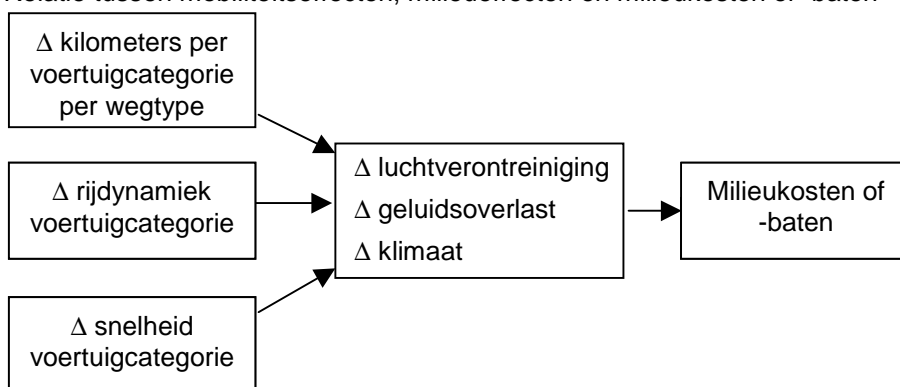
Verkeersveiligheidsmaatregelen hebben als doel het verkeer veiliger te maken. Veelal hebben dergelijke maatregelen echter ook andere gevolgen. Neem als voorbeeld de invoering van 30 km/u zones binnen de bebouwde kom. Naast een veiligheidseffect heeft een dergelijke maatregel ook mobiliteitseffecten tot gevolg. De snelheid van de voertuigen vermindert, waardoor voertuigen zich minder snel van A naar B verplaatsen. Dit heeft weer tot gevolg dat sommige automobilisten er voor kiezen met het openbaar vervoer te gaan reizen. Al deze mobiliteitseffecten zijn van invloed op het milieu. Een verandering van snelheid of een verandering van het aandeel OV in de totale verkeersprestatie heeft bijvoorbeeld een effect op de uitstoot van schadelijke stoffen. Dit hoofdstuk geeft aan hoe de milieueffecten van verkeersveiligheidsmaatregelen gekwantificeerd kunnen worden.

Geluid komt in dit hoofdstuk nog niet aan de orde. In een eerdere CE-studie (CE, 1999) zijn de kosten van geluidsoverlast per vervoerwijze al per kilometer berekend. Met behulp van deze kosten, samen met gegevens over de mobiliteitseffecten, kunnen we direct de kosten of baten van verkeersveiligheidsmaatregelen met betrekking tot geluid vaststellen. In hoofdstuk 3 komt dit nader aan de orde.

### 2.2 Invloedsfactoren op milieu

De milieueffecten van verkeersveiligheidsmaatregelen komen voort uit een verandering in mobiliteit. Mobiliteit is echter een breed begrip. Daarom geven we in deze paragraaf aan welke mobiliteitseffecten bepalend zijn voor de milieueffecten. Dit doen we aan de hand van de onderstaande Figuur 2, waarin de relatie tussen mobiliteitseffecten en milieueffecten schematisch is weergegeven.

Figuur 2 Relatie tussen mobiliteitseffecten, milieueffecten en milieukosten of -baten



Uit deze figuur is af te lezen dat de milieueffecten door drie factoren worden beïnvloedt:

- 4 De verandering van het aantal afgelegde kilometers.
- 5 De verandering van de rijdynamiek.
- 6 De verandering van de voertuigsnelheid.

Wanneer een bepaalde voertuigcategorie (bijv. personenauto's) meer kilometers aflegt, leidt dit tot een stijging van de uitstoot van zowel de luchtverontreinigende stoffen als broeikasgas en geluidsoverlast.

Hetzelfde principe geldt voor de rijdynamiek. Een hogere rijdynamiek kenmerkt zich door meer optrekken en afremmen. Dit heeft in het algemeen een negatief effect op de emissies en leidt tot een toename van de luchtverontreiniging en een versterking van het broeikaseffect.

Bij de invloed van de rijsnelheid ligt het iets complexer. Een hogere snelheid heeft niet per definitie een hogere uitstoot van schadelijke stoffen tot gevolg. Bij een snelheid van ca. 80 km/u stoten auto's in het algemeen de minste luchtverontreinigende stoffen uit en rijden ze het zuinigst (de minste uitstoot van het broeikasgas CO<sub>2</sub>). Zowel snelheden daaronder als boven leiden tot meer luchtverontreiniging en een hoger brandstofverbruik.

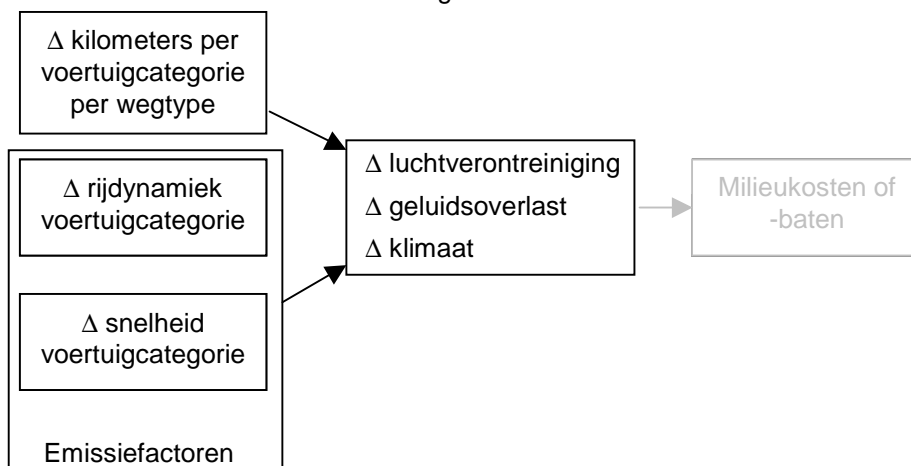
De milieueffecten kunnen uiteindelijk in geld worden uitgedrukt door ze te waarderen. Hierdoor verkrijgen we de zogenaamde milieukosten (of milieubaten). Deze kunnen in de MKBA worden meegenomen en verrekend met de overige kostenposten om tot een kosten-baten afweging te komen.

Zoals is aangegeven in de inleiding van dit hoofdstuk, zal de geluidsemis­sie in hoofdstuk 3 aan de orde komen.

### 2.3 Opzet van het model voor de kwantificering van milieueffecten

In deze paragraaf geven we aan op welke wijze de milieueffecten van verkeersveiligheidsmaatregelen op een kwantitatieve wijze kunnen worden bepaald. Het betreft hier het eerste deel uit het schema van Figuur 2. In Figuur 3 is dit aangeduid.

Figuur 3 1<sup>e</sup> deel van het model: Kwantificering van milieueffecten



In het model worden de invloed van de rijdynamiek en rijsnelheid samengevat in de emissiefactoren voor de betreffende voertuigcategorieën. In de onderstaande paragrafen wordt het vaststellen van deze emissiefactoren nader toegelicht.



***Emissiefactoren voor de snelweg***

Voor de kwantificering van de milieueffecten worden de drie factoren die van invloed zijn op het milieu (rijsnelheid, rijdynamiek en afgelegde kilometers) gecombineerd. Dit doen we door allereerst gebruik te maken van emissiefactoren, die de uitstoot van de diverse stoffen per kilometer aangeven.

In het algemeen wordt voor personenauto's, bestelauto's en vrachtauto's gebruik gemaakt van emissiefactoren voor snelwegritten, stadsritten en overige ritten (met name ritten op provinciale wegen). Hierbij wordt uitgegaan van een "gemiddelde rit" op elk van deze wegen. De effecten van rijdynamiek op emissies zijn hieruit niet te extraheren.

Recentelijk is echter door TNO in opdracht van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) een studie uitgevoerd naar de effecten van files op de emissies van personen-, bestel-, en vrachtauto's op snelwegen. In deze studie zijn, aan de hand van praktijkmetingen, emissiefactoren opgesteld voor een tiental combinaties van rijsnelheid en rijdynamiek op de snelweg en het filevermijdende sluipverkeer op de provinciale weg. Deze emissiefactoren zijn gepubliceerd in een rapport van TNO [TNO, 2001] dat eind juni 2002 openbaar is geworden. De belangrijkste resultaten van de studie zijn besproken in een recent artikel in Verkeerskunde [Veurman et al, 2002].

We stellen voor om de emissiefactoren en informatie uit de genoemde studie ook voor de beoogde bepaling van de milieueffecten van verkeersveiligheidsmaatregelen op het snelwegverkeer in het vervolg op dit project toe te passen.

De emissiefactoren die TNO heeft bepaald gelden voor een "gemiddelde" auto in 1999. De term "gemiddelde" auto vereist hierbij enige uitleg. De gemiddelde uitstoot van een auto is onder meer afhankelijk van de brandstofsoort. De gemiddelde auto is een gewogen gemiddelde (op basis van totale kilometrages) van een diesel-, benzine- en LPG-auto (bij bestel- en vrachtauto's bestaat vrijwel het gehele park uit dieselauto's). TNO heeft hiervoor o.a. gebruik gemaakt van cijfers van het CBS over het Nederlandse voertuigpark.

Uitgaande van de cijfers van TNO hebben we de emissiefactoren voor de toekomstige jaren tot en met 2030 bepaald<sup>2</sup>. Hiervoor is gebruik gemaakt van toekomstscenario's voor emissiefactoren van voertuigen uit de Nationale Milieuverkenning 5 van het RIVM [RIVM, 2000b]. Daarbij is volgens afspraak met de opdrachtgever de ontwikkeling volgens het EC-scenario toegepast. Verder is aangenomen dat:

- de ontwikkeling van de emissiefactoren zich lineair voltrekt tussen de jaren waarvoor het RIVM prognoses geeft (1995, 2010, 2020 en 2030);
- deze ontwikkeling in gelijke mate voor de emissies in de verschillende combinaties van rijsnelheid en rijdynamiek geldt;
- de verhouding tussen de emissiefactoren voor solo-vrachtauto's en die voor combinaties (m.n. trekker-oplegger) in 1999 gelijk is aan die van 1995. Voor dat laatste jaar, alsmede voor de toekomstige jaren tot en met 2030, geeft de Milieuverkenning 5 deze verhouding. De emissiefactoren van de TNO-studie gelden echter voor de "gemiddelde" vrachtauto (gewogen gemiddelde van solo-vrachtauto's en combinaties) van 1999.

Van de op de bovenstaande wijze bepaalde emissiefactoren hanteren we hier de uitstoot van CO<sub>2</sub> bij personenauto's als voorbeeld. Voor de overige

<sup>2</sup> De emissiefactoren zijn te vinden in de bijlagen A.2 t/m A.5.

stoffen (NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub>) zijn de emissiefactoren voor personenauto's opgenomen in bijlage A.2.

Naar verwachting daalt voor CO<sub>2</sub> de gemiddelde uitstoot bij personenauto's in de komende jaren. Dit komt deels doordat auto's in de toekomst naar verwachting zuiniger worden en deels doordat het aandeel van dieselauto's toeneemt (dieselauto's zijn zuiniger dan benzineauto's en LPG-auto's). De onderstaande Tabel 1 geeft een voorbeeld van de CO<sub>2</sub>-emissiefactoren voor personenauto's op basis van de TNO-studie en verwachtingen van het RIVM. Deze voorbeeldmatrix loopt tot en met het jaar 2010. In de uit te voeren studie zullen we werken met emissiefactoren tot en met het jaar 2030. Deze cijfers staan voor de personenauto's in bijlage A.2.

De emissiefactoren voor CO<sub>2</sub> laten de invloed van de rijsnelheid en dynamiek zien voor het snelwegverkeer. Er blijken grote verschillen te zijn in de uitstoot van CO<sub>2</sub> tussen de verschillende doorstromingssituaties. Voor de emissie van luchtverontreinigende stoffen blijken de verschillen soms nog sterker te kunnen zijn (zie bijlage A).

Tabel 1 Voorbeeldmatrix emissiefactoren personenauto snelweg

Nr.	Wegtype en doorstroming	Jaar	CO <sub>2</sub> (gram per kilometer)											
			1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Snelweg: "stop-and-go", < 10 km/u		369	364	359	353	348	343	338	333	327	322	317	312
2	Snelweg: "stop-and-go", < 25 km/u		237	234	230	227	224	220	217	214	210	207	204	200
3	Snelweg: fileverkeer, 25-40 km/u		175	173	170	168	165	163	160	158	155	153	150	148
4	Snelweg: fileverkeer, 40-75 km/u		149	147	145	143	141	139	136	134	132	130	128	126
5	Snelweg: 75-120 km/u, >1000 voertuigen per rijbaan per uur, snelheidslimiet 100 km/u		142	140	138	136	134	132	130	128	126	124	122	120
6	Snelweg: 75-120 km/u, >1000 voertuigen per rijbaan per uur, snelheidslimiet 120 km/u		153	151	149	147	144	142	140	138	136	134	131	129
7	Snelweg: 75-120 km/u, <1000 voertuigen per rijbaan per uur, snelheidslimiet 100 km/u		143	141	139	137	135	133	131	129	127	125	123	121
8	Snelweg: 75-120 km/u, <1000 voertuigen per rijbaan per uur, snelheidslimiet 120 km/u		169	167	164	162	159	157	155	152	150	148	145	143
9	Snelweg: snelheid boven 120 km/u		201	198	195	193	190	187	184	181	178	176	173	170
10	Secundaire weg (sluipverkeer)		174	172	169	167	164	162	159	157	154	152	150	147

Bron: berekeningen door CE op basis van TNO [2001] en RIVM [2000b].

### **Emissiefactoren voor stads- en provinciale wegen**

Voor de wegtypes "stad" en "provinciale weg" waren tot zeer recent nauwelijks gegevens bekend over de invloed van rijdynamiek en –snelheid op emissies. Naar verwachting is die invloed ook kleiner dan voor de snelweg, doordat zowel de snelheidsverschillen als de verschillen in rijdynamiek tussen de verschillende doorstromingssituaties kleiner zijn. Het verkeer in de stad en op de provinciale wegen is al in hoge mate dynamisch, doordat er veel wordt afgeremd en opgetrokken. Tot dusver was daarom voor deze wegen per voertuigtype één emissiefactor beschikbaar, welke door CBS en RIVM worden gehanteerd in de diverse Nederlandse milieuverkenningen en emissieoverzichten. Deze emissiefactoren zijn berekend volgens de methode uit [RIVM, 2000a] op basis van het TNO-model VERSIT. In Tabel 2 wordt voor de CO<sub>2</sub>-emissie van personenauto's een voorbeeld gegeven.



Tabel 2 Voorbeeldmatrix emissiefactoren personenauto provinciale weg en stad

Nr.	Wegtype en doorstroming	CO <sub>2</sub> (gram per kilometer)												
		Jaar	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
11	Provinciale weg		159	157	155	152	150	148	146	143	141	139	137	134
12	Stad		250	246	243	239	236	232	229	225	222	218	215	211

Bron: berekeningen door CE op basis van emissiefactoren uit Statline (CBS) en RIVM [2000b].

Bij het schrijven van dit rapport werden de resultaten bekend van de hier-voor al gememoreerde TNO-studie [TNO, 2001], alsook van een studie naar de invloed van rijgedrag op emissies in de stedelijke omgeving [VUB, 2002]. Een van de zaken die men in de laatstgenoemde studie onderzocht is het effect van een 30 km-zone op de emissies van personenauto's. Op basis van metingen met een aantal voertuigen kwamen de volgende gemiddelde effecten naar voren (zie Tabel 3).

Tabel 3 Gemiddeld effect van 30 km-zone op emissies voor de bebouwde kom. Tussen haakjes staan de minimale en maximale effecten

Type	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>
personenauto benzine	-8% (-5 -- -11 %)	-48% (+10 -- -100 %)	niet meetbaar
personenauto diesel	-10% (-8 -- -13%)	-6% (-29 -- +32 %)	-34% (-20 -- -50%)

We stellen voor de bovenstaande gemiddelde effecten toe te passen voor die wegen die in het kader van het Duurzaam Veilig programma worden aangewezen als erftoegangsweg (ETW) binnen de bebouwde kom, aangezien daar een maximumsnelheid van 30 km/uur gaat gelden. Daarbij zullen deze effecten worden omgerekend naar de "gemiddelde" personenauto, naar gewicht van de kilometrages van benzine- en dieselpersonenauto's.

#### **Omgaan met emissiefactoren voor de Duurzaam Veilig wegindeling**

Op basis van de beschikbare informatie over emissiefactoren in relatie tot rijsnelheid en rijdynamiek uit de tabellen 1 t/m 3, stellen we emissiefactoren samen voor de Duurzaam Veilig wegindeling. Dit is uitgewerkt in de onderstaande Tabel 4.

In de tabel is steeds voor situaties met een lage, gemiddelde of hoge rijdynamiek op de DV-wegen weergegeven op welke wijze de emissiefactoren voor die situaties worden samengesteld uit de basisset van emissiefactoren die vermeld zijn in de tabellen 1 en 2. Voor de erftoegangswegen binnen de bebouwde kom, waar een snelheid van 30 km/uur geldt, wordt gebruik gemaakt van emissiefactoren die kunnen worden afgeleid uit die voor de stad (nr 12 uit Tabel 2) en de reductiepercentages uit Tabel 3. De percentages in Tabel 4 tellen per kolom steeds op tot 100%. In overleg met de opdrachtgever kunnen naar zijn inzicht deze percentages nog bijgesteld worden bij de daadwerkelijke berekeningen voor de MKBA.

Tabel 4 Procentuele samenstelling van emissiefactoren voor de Duurzaam Veilig weging, uit de emissiefactoren en informatie in tabellen 1 t/m 3. Tussen haakjes staan de maximumsnelheden op de DV-wegen vermeld

DV Nr.	NSW bubk (120/100)			RSW bubk (100)			GOW bubk (80)			ETW bubk (60)			GOW bibk (50)			ETW bibk (30)		
	laag	gem.	hoog	laag	gem.	hoog	laag	gem.	hoog	laag	gem.	hoog	laag	gem.	hoog	laag	gem.	hoog
1			5									15			15			25
2		5	10			20			25			10			10			
3			10															25
4		10	10					25		25				10				
5				50	40	30												
6	50	40	30															
7				50	40	30												
8	50	40	30															
9		5	5															
10										75	100	75						
11					20	20		75	100	75								
12													75	100	75			
30*																75	100	75

Legenda: NSW = nationale stroomweg;  
 RSW = regionale stroomweg;  
 GOW = gebiedsontsluitende weg;  
 ETW = erftoegangsweg;  
 bubk / bibk = buiten / binnen de bebouwde kom;  
 laag / gem. / hoog = lage / gemiddelde / hoge rijdynamiek;  
 \* = 30 km/uur –zone.

### 2.3.2 Emissiefactoren voor motorfietsen en bromfietsen

Over emissies van motorfietsen en bromfietsen is vrij weinig bekend doordat er nauwelijks praktijkmetingen uitgevoerd zijn. Dit komt tot uiting in de emissiefactoren in Tabel 5.

Tabel 5 Emissiefactoren van motorfietsen en bromfietsen

Voertuig	emissie	stad	provinciale weg	snelweg
Motorfiets	CO <sub>2</sub>	149	149	149
	NO <sub>x</sub>	0.3	0.3	0.3
	PM <sub>10</sub>	0.12	0.12	0.12
Bromfiets	CO <sub>2</sub>	59	59	-
	NO <sub>x</sub>	0.1	0.1	-
	PM <sub>10</sub>	0.035	0.035	-

RIVM/CBS hanteren geen onderscheid in emissiefactoren voor stad, provinciale weg of snelweg. Ook in haar prognoses gaat het RIVM er vanuit dat er in de komende jaren tot 2030 geen ontwikkeling van de emissiefactoren plaatsvindt [RIVM, 2000b]. Dit is een veilige, maar ook behoudende inschatting. Het ziet er namelijk naar uit dat er in de toekomst Europese richtlijnen komen voor de emissies van motorfietsen en bromfietsen. Deze richtlijnen zijn op dit moment in de maak. Hoe deze er precies gaan uitzien is echter nog niet duidelijk.

Het lijkt daarom voor dit moment veilig nog even uit te gaan van de RIVM-prognoses uit de MV5. Dit betekent dus dat de emissiefactoren uit Tabel 5 voor de gehele tijdspanne van de MKBA gelden. Behoudens nieuwe informatie, komen hierdoor de milieueffecten als gevolg van een verandering in rijnsnelheid of –dynamiek van deze gemotoriseerde tweewielers dus niet tot uiting. Wel zal een verandering van mobiliteitsvolume (bijvoorbeeld door een



verschuiving van de auto naar de motorfiets of door een verandering in de vraag) in de milieueffecten te zien zijn. Gezien de geringe omvang van het voertuigpark verwachten we echter dat deze effecten voor veel verkeersveiligheidsmaatregelen te verwaarlozen zijn ten opzichte van de milieueffecten bij de overige voertuigen.

We raden aan de laatste stand van zaken over de Europese emissierichtlijnen te bepalen op het moment dat de MKBA daadwerkelijk wordt uitgevoerd, en de eventuele nieuwe informatie mee te nemen in de berekeningen van de emissies. Naar verwachting kost dit slechts een geringe (tijds)inspanning.

### 2.3.3 Combineren met veranderingen in mobiliteit

Als eenmaal de (verandering in de) emissiefactoren is vastgesteld, dienen deze te worden vermenigvuldigd met de (verandering in de) afgelegde kilometers. Met een fictief voorbeeld kunnen we aangeven hoe we met behulp van de emissiefactoren en mobiliteitsgegevens de milieueffecten bepalen. Stel dat de verkeersveiligheidsmaatregel tot gevolg heeft dat er:

- jaarlijks 10.000 personenautokilometers meer over de snelweg gaan, en 5.000 minder door de stad;
- op de bewuste snelwegen daarbij een maximumsnelheid van 100 km/u geldt (we gaan uit van 100% doorstromingstype nummer 5 uit Tabel 1, voor de stad: 100% doorstromingstype nummer 11 uit Tabel 2);
- de mobiliteitseffecten vanaf 2005 doorwerken tot en met 2030;
- er geen andere mobiliteitseffecten zijn.

Het effect op de CO<sub>2</sub>-uitstoot kan dan per jaar bepaald worden volgens de berekening in Tabel 6.

Tabel 6 Voorbeeldberekening effect verkeersveiligheidsmaatregel CO<sub>2</sub>-uitstoot

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	e.v..
Extra km snelweg (a)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	e.v..
Uitstoot (gram per km (b))	130	128	126	124	122	120	e.v..
Extra uitstoot in kg (a * b = c)	1.300	1.280	1.260	1.240	1.220	1.200	e.v..
Minder km stad (d)	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	e.v..
Uitstoot (gram per km (e))	229	225	222	218	215	211	e.v..
Minder uitstoot (d * e = f)	1.145	1.125	1.110	1090	1075	1055	e.v..
<b>Totaal effect in kg CO<sub>2</sub> (c - f)</b>	<b>155</b>	<b>155</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>145</b>	<b>145</b>	<b>e.v..</b>

Om de totale milieueffecten van de verkeersmaatregel te berekenen is een zelfde exercitie nodig voor de stoffen PM<sub>10</sub> en NO<sub>x</sub>

## 2.4 Benodigde gegevens

Samenvattend bestaat de input van het beschreven model uit:

- *de verschillen in het gereden aantal kilometers per wegtype en per voertuigcategorie* tussen de nulsituatie en de situatie waarin de verkeersveiligheidsmaatregel (of een combinatie van verkeersveiligheidsmaatregelen) is ingevoerd. De te onderscheiden voertuigcategorieën zijn die welke in de afbakening (paragraaf 1.3) genoemd zijn.
- Informatie over de *dynamiek en snelheid van het verkeer over de weg*. Dit is benodigd indien er een verandering in het gereden aantal kilometers over een wegtype plaatsvindt. De dynamiek en snelheid zijn name-

lijk bepalend voor de hoogte van de emissies. Zoals in paragraaf 2.3.1 is aangegeven, stellen we voor hiertoe de indeling uit Tabel 4 te hanteren.

De hiervoor beschreven methode voor de bepaling en waardering van milieueffecten kan worden toegepast bij die verkeersveiligheidsmaatregelen waarbij veranderingen op de bovenstaande inputgegevens worden verwacht. De verkeersveiligheidsmaatregelen die de SWOV beoogt met behulp van een MKBA te evalueren zijn aan het begin van dit project in samenwerking met haar en Ecorys geanalyseerd op de verwachte effecten. Dit is op een semi-kwantitatieve wijze gebeurd op basis van "expert judgement". De resultaten van deze analyse staan vermeld in bijlage C.

Op basis van de analyse kan geconcludeerd worden dat met name bij maatregelen die via infrastructurele aanpassingen (zoals doorvoering van de Duurzaam Veilig wegindeling), gedragsaanpassing en rijstijlbeïnvloeding een positieve invloed hebben op de verkeersveiligheid, effecten hebben op emissies en geluid. Deze effecten op emissies en geluid vinden in het algemeen hun weg door veranderingen en zowel het aantal voertuigkilometers als in de rijdynamiek. Maatregelen die specifieke doelgroepen aanpakken hebben meestal effect op emissies en geluid via veranderingen in het aantal voertuigkilometers.



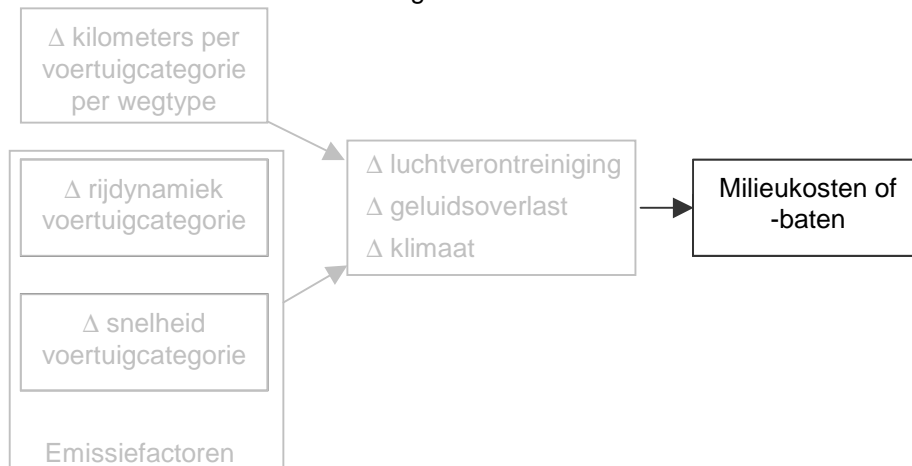


## 3 Waarderen van milieueffecten

### 3.1 Inleiding

Nadat in het model de milieueffecten zijn gekwantificeerd, moeten deze effecten in geld uitgedrukt worden zodat ze als kosten- of batenpost kunnen worden opgenomen in de MKBA. De waardering van de milieueffecten vormt daarmee het tweede deel van het model (zie Figuur 4).

Figuur 4 2<sup>e</sup> deel van het model: Waardering van milieueffecten



Een methodiek voor de waardering van milieueffecten die veelvuldig gehanteerd wordt is het gebruik van schaduwrijzen. Paragraaf 3.2 gaat kort in op de achtergrond bij het totstandkomen van schaduwrijzen. Paragraaf 3.3 geeft de schaduwrijzen voor de verschillende emissies die we in dit model hanteren. In paragraaf 3.4 komt de waardering van geluidhinder aan bod. Tenslotte komt in paragraaf 3.5 de methode van monetarisering aan de orde.

### 3.2 Achtergrond van schaduwrijzen

Schaduwrijzen vormen een hulpmiddel om milieuemissies in geld uit te drukken, zodat men eenvoudiger een afweging kan maken tussen de kosten en baten van bepaalde maatregelen die het milieu beïnvloeden.

Idealiter wordt de financiële waardering van milieueffecten gebaseerd op een raming van de *schade* (welvaartsvermindering) die door het milieueffect wordt veroorzaakt. Voor milieuproblemen die sterk zijn gerelateerd aan leefbaarheid geniet deze methode de voorkeur, omdat bij dit type problemen het welvaartsverlies goed geraamd kan worden. Zo is in het geval van geluidhinder schade goed te ramen middels de waardevermindering van huizen als gevolg van de geluidhinder.

Voor complexere en meer aan duurzaamheid gerelateerde milieuproblemen is het echter vaak onmogelijk een adequate raming van de schadekosten te maken. Een goed voorbeeld is de CO<sub>2</sub>-emissie in relatie tot klimaatverandering, maar ook voor verzuring schiet directe expliciete schadewaardering al snel tekort. Toch heeft de maatschappij voor deze milieuproblemen impliciet, veelal op basis van het voorzorgsprincipe, een schadewaardering voor deze

emissies vastgesteld, omdat zij heeft besloten bepaalde reductiedoelstellingen te willen halen. Door analyse van de kosten van maatregelen die nodig zijn om de doelen te halen kan worden achterhaald hoeveel de maatschappij er impliciet voor over heeft het milieueffect te verminderen. De waardering is in dit geval gebaseerd op zogenoemde *preventiekosten*. De preventiekosten representeren een soort maatschappelijke “willingness to pay”, waarin alle onzekerheden omtrent het feitelijke milieueffect impliciet zijn verwerkt. In bijlage B worden de achtergronden van de schaduwprijsmethodiek wat verder besproken.

### 3.3 Hoogte van schaduwrijzen

CE heeft de afgelopen jaren uitgebreid ervaring opgedaan met het gebruik van schaduwrijzen. De hoogte van de schaduwrijzen die we voor dit project hanteren volgen uit recente studies waarin uitgebreid literatuuronderzoek is gedaan naar schaduwrijzen [CE, 1999 en CE, 2002a,b]. Bijlage B geeft hiervan in grote lijnen de achtergrond weer.

Tabel 7 geeft de schaduwrijzen per ton emissie (van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub>) weer en de onzekerheidsmarge daarin. Tevens laat de tabel zien op basis van welke methode de schaduwrijzen tot stand is gekomen.

Tabel 7 Gehanteerde schaduwrijzen en onzekerheidsmarges voor CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> (in euro's per ton)

Emissie	Schaduwrijzen per ton emissie		Methode
	bibk	bubk	
CO <sub>2</sub>	€ 50 (€ 15 - € 100)	€ 50 (€ 15 - € 100)	preventiekosten
NO <sub>x</sub>	€ 7 (€ 3,5 - € 14)	€ 5 (€ 2,5 - € 10)	preventiekosten / schadekosten
PM <sub>10</sub>	€ 150 (€ 100 - € 225)	€ 20 (€ 15 - € 25)	preventiekosten / schadekosten

Bron: CE, 1999 en CE, 2002a,b

Voor CO<sub>2</sub> maakt het niet uit op welke locatie de emissie plaatsvindt. De beïnvloeding van het klimaat door het broeikaseffect van CO<sub>2</sub> is immers een mondiaal milieuprobleem. Voor de waardering van CO<sub>2</sub> kunnen we derhalve gebruik maken van één vaste schaduwrijzen.

Voor PM<sub>10</sub> en NO<sub>x</sub> is de locatie van de uitstoot echter wel van wezenlijk belang. PM<sub>10</sub> en NO<sub>2</sub> zijn een direct gevaar voor de volksgezondheid en de waarde van de emissies zijn derhalve voor een belangrijk deel afhankelijk van de bevolkingsdichtheid. Voor deze emissies stellen we voor om een schaduwrijzen te hanteren voor emissies binnen de bebouwde kom en een voor de gebieden daarbuiten.

### 3.4 Waardering van geluidhinder

De kwantificering van geluidhinder door het verkeer is een lastige zaak. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het feit dat geluid zich niet lineair laat optellen, het geluidsvolume is namelijk volgens een logaritmische schaal afhankelijk van de geluidsintensiteit. Dit betekent dat waar een reductie van 25% van het aantal auto's op een weg een kwart minder emissies van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> betekent, de geluidhinder nauwelijks merkbaar afneemt.



Geluidsoverlast wordt daarom meestal in een keer uitgedrukt in een bedrag per kilometer. Daarbij vindt de waardering plaats met behulp van de *hedonische* prijsmethode. d.w.z. op basis van het verschil in prijs van onroerend goed in gebieden met veel geluidsoverlast en gebieden met weinig geluidsoverlast, aangevuld met vermijdingskosten indien nodig (zoals bijvoorbeeld de kosten van geluidsisolatie van woningen rondom Schiphol). In diverse recente CE-studies<sup>3</sup> is op basis van deze methode geluidhinder meegenomen in de berekening van de milieukosten door het verkeer. In bijlage B is een kleine toelichting opgenomen over de hedonische prijsmethode. Net als bij PM<sub>10</sub> en NO<sub>x</sub> is het duidelijk dat bij geluidsoverlast de waarde van het milieueffect toeneemt naarmate de bevolkingsdichtheid hoger is. We stellen dus ook hier voor verschillende schaduwrijzen te hanteren voor geluidshinder binnen en buiten de bebouwde kom. Tabel 8 geeft de marginale kosten per voertuigkilometer voor geluidhinder. We stellen voor deze kosten in de onderhavige MKBA toe te passen.

Tabel 8 Gehanteerde schaduwrijzen voor geluid (in eurocent per km)

Voertuigtype	Binnen de bebouwde kom	Buiten de bebouwde kom
Personenauto's	1,3	0,2
Bestelauto's	2,0	0,3
Vrachtauto's solo en bussen	8,1	1,2
Vrachtauto's combinatie	13,4	2,0
Motorfietsen	10,7	1,6
Bromfietsen	5,4	0,8

Bron: CE, 1999

Aangezien er geen wetgeving op stapel staat die een significant effect op de geluidshinder van het verkeer zal betekenen, zullen naar verwachting de bovenstaande schaduwrijzen hierdoor niet noemenswaardig veranderen.

### 3.5 Opzet van het model voor monetarisering van milieueffecten

De omrekening van milieueffecten naar milieukosten is redelijk voor de hand liggend. We kunnen het voorbeeld uit hoofdstuk 2 vervolgen om de methodiek uit te leggen. In Tabel 9 wordt dit gedaan. Uit de berekening volgt jaarlijks een negatief bedrag. De bewuste maatregel levert naar verwachting dus milieubaten op. Hierbij moet worden aangemerkt dat we in dit voorbeeld de emissie van NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> gemakshalve genegeerd hebben.

<sup>3</sup> "Efficiënte prijzen voor het verkeer" [CE, 1999], "Benzine, diesel en LPG: balanceren tussen milieu en economie" [CE, 2001], "External costs of aviation" [CE, 2002].

Tabel 9 Monetariseren van milieueffecten (in euro)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Extra uitstoot CO <sub>2</sub> in kg (a)	<b>155</b>	<b>155</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>145</b>	<b>145</b>
Prijs per kg CO <sub>2</sub> (b)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Kosten extra uitstoot CO <sub>2</sub> (a * b = c)	7,75	7,75	7,5	7,5	7,25	7,25
Extra personenautokm's over snelweg (d)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Geluidskosten per pers.autokm bubk (e)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Kosten extra geluid bubk (d * e = f)	20	20	20	20	20	20
Minder personenautokm door stad (g)	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Geluidskosten per pers.autokm bibk (h)	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Kosten extra geluid bibk (g * h = i)	65	65	65	65	65	65
Milieukosten maatregel (c + f - i)	-37,25	-37,25	-37,5	-37,5	-37,75	-37,75

NB: Dit is een fictief voorbeeld voor CO<sub>2</sub>. Eventuele effecten op de emissie van NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> zijn niet meegenomen.

Nu we de milieukosten of -baten van de maatregel in kaart hebben, hoeft er alleen nog verdisconteerd te worden. Daarbij worden de toekomstige kosten of baten verdisconteerd en uitgedrukt in de huidige contante waarde. Als we 2002 als basisjaar nemen laat Tabel 10 de contante waarden per jaar zien. In het voorbeeld blijkt dat we de toekomstige baten lager waarderen naar mate ze verder in de toekomst tot stand komen. De som van de contante waarden is daarom lager dan de som van de nominale baten voor elk jaar.

Tabel 10 Contante waarde kosten maatregel in het voorbeeld (4% discontovoet)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Som
Kosten per jaar	-37,25	-37,25	-37,5	-37,5	-37,75	-37,75	
Contante waarde	-33,12	-31,84	-30,82	-29,64	-28,69	-27,58	<b>-181,69</b>



# Literatuur

CE, 1999

Centrum voor energiebesparing en schone technologie

*Efficiënte prijzen voor het verkeer; Raming van maatschappelijk kosten van het gebruik van verschillende vervoermiddelen.*

Dings, J.M.W., P. Janse, B.A. Leurs, M.D. Davidson

Oktober 1999.

CE, 2001

CE, Oplossingen voor milieu, economie en technologie

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

Kampman, Bettina, Joost Vermeulen, Jos Dings

Augustus 2001.

CE, 2002a

CE, Oplossingen voor milieu, economie en technologie

*Schaduw prijzen voor milieuemissies; Financiële waardering op basis van Nederlandse overheidsdoelen*

Davidson, Marc, Andries Hof.

Nog niet openbaar.

CE, 2002b

CE, Oplossingen voor milieu, economie en technologie

*Externe kosten van de luchtvaart (external costs of aviation)*

Dings, J.M.W., R.C.N. Wit, B.A. Leurs, M.D. Davidson (CE)

W. Fransen (INTEGRAL Knowledge Utilization)

Februari 2002.

RIVM, 2000a

Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu

*Nieuwe berekeningsmethodiek emissies wegverkeer*

Brink, R.M.M. van den, N.L.J. Gense, J. Klein.

Paper gepresenteerd op het Colloquium Verkeer, Milieu en Techniek

29 juni 2000, RIVM rapport 773002 016.

RIVM, 2000b

Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu

*Verkeer en vervoer in de Nationale Milieuverkenning 5*

Feimann, P.F.L., K.T. Geurs, R.M.M. van den Brink, J.A. Annema, G.P. van Wee.

December 2000, RIVM rapport 408129014.

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.

Veurman et al, 2002

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

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

VUB, 2002

*Invloed van het rijgedrag op de verkeersemissies: kwantificatie en maatregelen*

Mierlo, Joeri van, Erik de Bisschop (Vrije Universiteit Brussel)

Burgwal, Erik van de, Raymond Gense, Dion Bremmers (TNO-WT)

Juli 2002.



**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

## **Veilig voor het milieu?**

Een model voor het kwantificeren van  
milieueffecten in een  
kosten-batenanalyse van  
verkeersveiligheidsmaatregelen

Bijlagen

### **Rapport**

Delft, september 2002

Opgesteld door: drs. Andries Hof  
dr. ir. Joost Vermeulen  
ir. Jos Dings







# A Basis-emissiefactoren

## A.1 Toelichting op wegtype/doorstroming combinaties 1 t/m 12

In de navolgende tabellen worden de emissiefactoren voor CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> voor de jaren 1999 t/m 2030 weergegeven. Deze staan telkens gegeven voor twaalf combinaties van wegtype en doorstroming. Deze combinaties zijn:

- 1 Snelweg: "stop-and-go", snelheid < 10 km/u.
- 2 Snelweg: "stop-and-go", snelheid < 25 km/u.
- 3 Snelweg: fileverkeer, snelheid 25-40 km/u.
- 4 Snelweg: fileverkeer, snelheid 40-75 km/u.
- 5 Snelweg: snelheid 75-120 km/u, >1000 voertuigen per rijbaan per uur, snelheidslimiet 100 km/u.
- 6 Snelweg: snelheid 75-120 km/u, >1000 voertuigen per rijbaan per uur, snelheidslimiet 120 km/u.
- 7 Snelweg: snelheid 75-120 km/u, <1000 voertuigen per rijbaan per uur, snelheidslimiet 100 km/u.
- 8 Snelweg: snelheid 75-120 km/u, <1000 voertuigen per rijbaan per uur, snelheidslimiet 120 km/u.
- 9 Snelweg: snelheid boven 120 km/u.
- 10 Secundaire weg (sluipverkeer).
- 11 Secundaire weg.
- 12 Stad.

A.2

Personenauto's

		CO2 (gram per kilometer)																																
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
1		369	364	359	353	348	343	338	333	327	322	317	312	309	305	302	299	296	292	289	286	283	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	
2		237	234	230	227	224	220	217	214	210	207	204	200	198	196	194	192	190	188	186	184	181	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	179	
3		175	173	170	168	165	163	160	158	155	153	150	148	146	145	143	142	140	139	137	136	134	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	
4		149	147	145	143	141	139	136	134	132	130	128	126	125	123	122	121	119	118	117	115	114	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	
5		142	140	138	136	134	132	130	128	126	124	122	120	119	118	116	115	114	113	111	110	109	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	
6		153	151	149	147	144	142	140	138	136	134	131	129	128	127	125	124	123	121	120	119	117	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	
7		143	141	139	137	135	133	131	129	127	125	123	121	120	118	117	116	115	113	112	111	110	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	
8		169	167	164	162	159	157	155	152	150	148	145	143	141	140	138	137	135	134	132	131	129	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	
9		201	198	195	193	190	187	184	181	178	176	173	170	168	166	165	163	161	159	157	156	154	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	
10		174	172	169	167	164	162	159	157	154	152	150	147	146	144	142	141	139	138	136	135	133	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132
11		159	157	155	152	150	148	146	143	141	139	137	134	133	132	130	129	127	126	125	123	122	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
12		250	246	243	239	236	232	229	225	222	218	215	211	209	207	205	202	200	198	196	194	191	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189	189

		NOx (gram per kilometer)																															
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1		0.52	0.48	0.44	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.17	0.13	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
2		0.43	0.40	0.37	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.17	0.14	0.11	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
3		0.43	0.40	0.37	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.17	0.14	0.11	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
4		0.41	0.38	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.19	0.16	0.13	0.10	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
5		0.44	0.41	0.37	0.34	0.31	0.28	0.24	0.21	0.18	0.14	0.11	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
6		0.50	0.46	0.43	0.39	0.35	0.31	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
7		0.42	0.39	0.36	0.33	0.29	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.11	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
8		0.59	0.55	0.50	0.46	0.41	0.37	0.32	0.28	0.24	0.19	0.15	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
9		0.84	0.78	0.71	0.65	0.59	0.53	0.46	0.40	0.34	0.27	0.21	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
10		0.43	0.40	0.37	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.17	0.14	0.11	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
11		0.60	0.56	0.51	0.47	0.42	0.38	0.33	0.29	0.24	0.20	0.15	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
12		0.80	0.74	0.68	0.62	0.56	0.50	0.44	0.38	0.32	0.26	0.20	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09



	PM10 (gram per kilometer)																															
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
2	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
3	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
4	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
7	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
9	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
11	0.023	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12	0.042	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	

### A.3 Bestelauto's

	CO2 (gram per kilometer)																															
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	381	375	370	364	359	354	348	343	337	332	326	321	320	318	317	315	314	313	311	310	308	307	307	307	307	307	307	307	307	307	307	
2	264	260	256	253	249	245	241	238	234	230	226	223	222	221	220	219	218	217	216	215	214	213	213	213	213	213	213	213	213	213	213	
3	213	210	207	204	201	198	195	192	189	186	183	180	179	178	177	176	176	175	174	173	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	
4	191	189	186	183	181	178	175	172	170	167	164	161	161	160	159	159	158	157	157	156	155	154	154	154	154	154	154	154	154	154	154	
5	178	175	173	170	168	165	163	160	158	155	153	150	149	149	148	147	147	146	145	145	144	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	
6	194	191	188	185	183	180	177	174	172	169	166	163	163	162	161	160	160	159	158	158	157	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	
7	178	175	173	170	168	165	163	160	158	155	152	150	149	149	148	147	147	146	145	145	144	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	
8	214	211	208	205	202	199	196	193	190	187	184	181	180	179	178	178	177	176	175	174	174	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	
9	271	267	263	259	256	252	248	244	240	236	232	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	
10	217	214	211	208	205	202	199	196	193	189	186	183	183	182	181	180	179	178	178	177	176	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	
11	198	195	192	190	187	184	181	178	175	173	170	167	166	166	165	164	163	163	162	161	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	
12	299	295	290	286	282	278	273	269	265	261	256	252	251	250	249	248	247	246	244	243	242	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241	

		<i>NOx (gram per kilometer)</i>																															
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1		1.60	1.51	1.41	1.32	1.23	1.14	1.05	0.96	0.86	0.77	0.68	0.59	0.57	0.56	0.54	0.52	0.50	0.49	0.47	0.45	0.44	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
2		1.10	1.03	0.97	0.91	0.84	0.78	0.72	0.66	0.59	0.53	0.47	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
3		0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.64	0.59	0.54	0.49	0.44	0.39	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
4		0.96	0.91	0.85	0.80	0.74	0.69	0.63	0.58	0.52	0.47	0.41	0.36	0.35	0.34	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
5		0.91	0.86	0.80	0.75	0.70	0.65	0.59	0.54	0.49	0.44	0.39	0.33	0.32	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
6		1.08	1.02	0.96	0.90	0.83	0.77	0.71	0.65	0.59	0.52	0.46	0.40	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
7		0.89	0.84	0.79	0.74	0.68	0.63	0.58	0.53	0.48	0.43	0.38	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
8		1.25	1.18	1.11	1.04	0.97	0.89	0.82	0.75	0.68	0.61	0.53	0.46	0.45	0.44	0.42	0.41	0.40	0.38	0.37	0.36	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
9		2.03	1.91	1.79	1.68	1.56	1.44	1.33	1.21	1.10	0.98	0.86	0.75	0.73	0.70	0.68	0.66	0.64	0.62	0.60	0.57	0.55	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
10		1.02	0.96	0.91	0.85	0.79	0.73	0.67	0.61	0.55	0.49	0.44	0.38	0.37	0.36	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
11		1.10	1.04	0.97	0.91	0.85	0.78	0.72	0.66	0.60	0.53	0.47	0.41	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.32	0.31	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
12		1.40	1.32	1.24	1.16	1.08	1.00	0.92	0.84	0.76	0.68	0.60	0.52	0.50	0.49	0.47	0.46	0.44	0.43	0.41	0.40	0.38	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37

		<i>PM10 (gram per kilometer)</i>																															
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1		0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
2		0.16	0.15	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
3		0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
4		0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
5		0.10	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
6		0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
7		0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
8		0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
9		0.53	0.49	0.45	0.41	0.37	0.33	0.29	0.25	0.21	0.17	0.13	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
10		0.35	0.32	0.30	0.27	0.25	0.22	0.19	0.17	0.14	0.11	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	
11		0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
12		0.23	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	



A.4

Vrachtauto's (solo)

	CO2 (gram per kilometer)																															
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	890	890	890	889	889	889	889	888	888	888	888	887	888	888	888	888	889	889	889	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890
2	890	890	890	889	889	889	889	888	888	888	888	887	888	888	888	888	889	889	889	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890
3	890	890	890	889	889	889	889	888	888	888	888	887	888	888	888	888	889	889	889	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890
4	890	890	890	889	889	889	889	888	888	888	888	887	888	888	888	888	889	889	889	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890
5	667	667	667	666	666	666	666	666	666	665	665	665	665	665	665	666	666	666	666	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667
6	667	667	667	666	666	666	666	666	666	665	665	665	665	665	665	666	666	666	666	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667	667
7	615	614	614	614	614	614	613	613	613	613	613	612	613	613	613	613	613	614	614	614	614	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615
8	615	614	614	614	614	614	613	613	613	613	613	612	613	613	613	613	613	614	614	614	614	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615
9	615	614	614	614	614	614	613	613	613	613	613	612	613	613	613	613	613	614	614	614	614	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615	615
10	890	890	890	889	889	889	889	888	888	888	888	887	888	888	888	888	889	889	889	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890
11	825	825	824	824	824	824	823	823	823	823	822	822	822	823	823	823	824	824	824	824	825	825	825	825	825	825	825	825	825	825	825	825
12	1172	1172	1171	1171	1171	1170	1170	1169	1169	1169	1168	1168	1168	1169	1169	1170	1170	1170	1171	1171	1172	1172	1172	1172	1172	1172	1172	1172	1172	1172	1172	1172

	NOx (gram per kilometer)																															
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	13.14	12.45	11.76	11.07	10.38	9.69	9.00	8.31	7.62	6.93	6.24	5.55	5.36	5.18	5.00	4.81	4.63	4.44	4.26	4.08	3.89	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71
2	13.14	12.45	11.76	11.07	10.38	9.69	9.00	8.31	7.62	6.93	6.24	5.55	5.36	5.18	5.00	4.81	4.63	4.44	4.26	4.08	3.89	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71
3	13.14	12.45	11.76	11.07	10.38	9.69	9.00	8.31	7.62	6.93	6.24	5.55	5.36	5.18	5.00	4.81	4.63	4.44	4.26	4.08	3.89	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71
4	13.14	12.45	11.76	11.07	10.38	9.69	9.00	8.31	7.62	6.93	6.24	5.55	5.36	5.18	5.00	4.81	4.63	4.44	4.26	4.08	3.89	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71
5	6.73	6.37	6.02	5.67	5.31	4.96	4.61	4.25	3.90	3.55	3.19	2.84	2.75	2.65	2.56	2.46	2.37	2.28	2.18	2.09	1.99	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
6	6.73	6.37	6.02	5.67	5.31	4.96	4.61	4.25	3.90	3.55	3.19	2.84	2.75	2.65	2.56	2.46	2.37	2.28	2.18	2.09	1.99	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
7	6.41	6.08	5.74	5.40	5.07	4.73	4.39	4.06	3.72	3.38	3.04	2.71	2.62	2.53	2.44	2.35	2.26	2.17	2.08	1.99	1.90	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
8	6.41	6.08	5.74	5.40	5.07	4.73	4.39	4.06	3.72	3.38	3.04	2.71	2.62	2.53	2.44	2.35	2.26	2.17	2.08	1.99	1.90	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
9	6.41	6.08	5.74	5.40	5.07	4.73	4.39	4.06	3.72	3.38	3.04	2.71	2.62	2.53	2.44	2.35	2.26	2.17	2.08	1.99	1.90	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
10	13.14	12.45	11.76	11.07	10.38	9.69	9.00	8.31	7.62	6.93	6.24	5.55	5.36	5.18	5.00	4.81	4.63	4.44	4.26	4.08	3.89	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71	3.71
11	8.00	7.58	7.16	6.74	6.32	5.90	5.48	5.06	4.64	4.22	3.80	3.38	3.27	3.15	3.04	2.93	2.82	2.71	2.59	2.48	2.37	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	
12	10.00	9.47	8.95	8.42	7.90	7.37	6.85	6.32	5.80	5.27	4.75	4.22	4.08	3.94	3.80	3.66	3.52	3.38	3.24	3.10	2.96	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	

	<i>PM10 (gram per kilometer)</i>																																
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
1	0.51	0.47	0.43	0.39	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.17	0.13	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
2	0.51	0.47	0.43	0.39	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.17	0.13	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
3	0.51	0.47	0.43	0.39	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.17	0.13	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
4	0.51	0.47	0.43	0.39	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.17	0.13	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
5	0.24	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10	0.08	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
6	0.24	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10	0.08	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
7	0.22	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
8	0.22	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
9	0.22	0.21	0.19	0.17	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
10	0.51	0.47	0.43	0.39	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.17	0.13	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
11	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.14	0.12	0.10	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
12	0.46	0.42	0.39	0.35	0.32	0.29	0.25	0.22	0.18	0.15	0.12	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

## A.5

### Vrachtauto's (combinatie)

	<i>CO2 (gram per kilometer)</i>																																	
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
1	990	989	988	987	987	986	985	984	983	983	982	981	978	976	973	970	968	965	962	960	957	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	
2	990	989	988	987	987	986	985	984	983	983	982	981	978	976	973	970	968	965	962	960	957	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954
3	990	989	988	987	987	986	985	984	983	983	982	981	978	976	973	970	968	965	962	960	957	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954
4	990	989	988	987	987	986	985	984	983	983	982	981	978	976	973	970	968	965	962	960	957	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954
5	742	741	740	740	739	739	738	737	737	736	736	735	733	731	729	727	725	723	721	719	717	715	715	715	715	715	715	715	715	715	715	715	715	715
6	742	741	740	740	739	739	738	737	737	736	736	735	733	731	729	727	725	723	721	719	717	715	715	715	715	715	715	715	715	715	715	715	715	715
7	683	683	682	682	681	680	680	679	679	678	678	677	675	673	672	670	668	666	664	662	661	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659
8	683	683	682	682	681	680	680	679	679	678	678	677	675	673	672	670	668	666	664	662	661	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659
9	683	683	682	682	681	680	680	679	679	678	678	677	675	673	672	670	668	666	664	662	661	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659	659
10	990	989	988	987	987	986	985	984	983	983	982	981	978	976	973	970	968	965	962	960	957	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954	954
11	968	967	966	966	965	964	963	962	962	961	960	959	957	954	951	949	946	944	941	938	936	933	933	933	933	933	933	933	933	933	933	933	933	933
12	1442	1441	1440	1438	1437	1436	1435	1434	1432	1431	1430	1429	1425	1421	1417	1413	1410	1406	1402	1398	1394	1390	1390	1390	1390	1390	1390	1390	1390	1390	1390	1390	1390	1390



		NOx (gram per kilometer)																																	
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030		
1		17.64	16.70	15.75	14.80	13.86	12.91	11.97	11.02	10.07	9.13	8.18	7.24	6.96	6.68	6.40	6.13	5.85	5.57	5.30	5.02	4.74	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	
2		17.64	16.70	15.75	14.80	13.86	12.91	11.97	11.02	10.07	9.13	8.18	7.24	6.96	6.68	6.40	6.13	5.85	5.57	5.30	5.02	4.74	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
3		17.64	16.70	15.75	14.80	13.86	12.91	11.97	11.02	10.07	9.13	8.18	7.24	6.96	6.68	6.40	6.13	5.85	5.57	5.30	5.02	4.74	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
4		17.64	16.70	15.75	14.80	13.86	12.91	11.97	11.02	10.07	9.13	8.18	7.24	6.96	6.68	6.40	6.13	5.85	5.57	5.30	5.02	4.74	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
5		9.03	8.55	8.06	7.58	7.09	6.61	6.13	5.64	5.16	4.67	4.19	3.70	3.56	3.42	3.28	3.14	3.00	2.85	2.71	2.57	2.43	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	
6		9.03	8.55	8.06	7.58	7.09	6.61	6.13	5.64	5.16	4.67	4.19	3.70	3.56	3.42	3.28	3.14	3.00	2.85	2.71	2.57	2.43	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	
7		8.61	8.15	7.69	7.23	6.76	6.30	5.84	5.38	4.92	4.45	3.99	3.53	3.40	3.26	3.13	2.99	2.86	2.72	2.59	2.45	2.32	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	
8		8.61	8.15	7.69	7.23	6.76	6.30	5.84	5.38	4.92	4.45	3.99	3.53	3.40	3.26	3.13	2.99	2.86	2.72	2.59	2.45	2.32	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	
9		8.61	8.15	7.69	7.23	6.76	6.30	5.84	5.38	4.92	4.45	3.99	3.53	3.40	3.26	3.13	2.99	2.86	2.72	2.59	2.45	2.32	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	
10		17.64	16.70	15.75	14.80	13.86	12.91	11.97	11.02	10.07	9.13	8.18	7.24	6.96	6.68	6.40	6.13	5.85	5.57	5.30	5.02	4.74	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47	4.47
11		11.00	10.41	9.82	9.23	8.64	8.05	7.46	6.87	6.28	5.69	5.10	4.51	4.34	4.17	3.99	3.82	3.65	3.48	3.30	3.13	2.96	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	
12		14.20	13.44	12.68	11.92	11.15	10.39	9.63	8.87	8.11	7.35	6.59	5.82	5.60	5.38	5.16	4.93	4.71	4.49	4.26	4.04	3.82	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	3.59	

		PM10 (gram per kilometer)																																
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
1		0.48	0.45	0.41	0.37	0.33	0.29	0.25	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
2		0.48	0.45	0.41	0.37	0.33	0.29	0.25	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
3		0.48	0.45	0.41	0.37	0.33	0.29	0.25	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
4		0.48	0.45	0.41	0.37	0.33	0.29	0.25	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
5		0.23	0.21	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
6		0.23	0.21	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
7		0.21	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
8		0.21	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
9		0.21	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
10		0.48	0.45	0.41	0.37	0.33	0.29	0.25	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
11		0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
12		0.38	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.11	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04





## B Achtergrond van schaduw prijzen

### B.1 Waardering van CO<sub>2</sub>

De belangrijkste gebruikte methoden om schaduw prijzen te bepalen voor kooldioxide (CO<sub>2</sub>) zijn directe schadewaardering en de preventiekostenmethode. Gezien de grote onzekerheid in de effecten van het versterkte broeikas effect, waaraan de emissie van CO<sub>2</sub> bijdraagt, zijn ook directe schadewaardering studies met grote onzekerheden en p.m.-posten omgeven. Deze onzekerheid wordt soms verbloemd door het feit dat vele studies resultaten opleveren in dezelfde orde van grootte. Reden hiervan is slechts dat de studies dezelfde veronderstellingen hanteren.

We illustreren de noodzaak om zorgvuldig om te gaan met directe schadewaardering studies aan de hand van het volgende voorbeeld: In vele studies (waaronder de gezaghebbende studie van Nordhaus, 1991) wordt het maximale welvaartsverlies ten gevolge van schade aan de landbouw door het versterkte broeikas effect geschat op 3% van het wereld-BNP, aangezien dit ook de bijdrage is van de landbouw aan het wereld-BNP. Dat een dergelijke raming ten onrechte hogere orde-effecten bij een wegvallen van de landbouw verwaarloost, zal evident zijn. Hoe zou een wereld(economie) kunnen draaien zonder voedsel? Het genoemde voorbeeld is echter illustratief voor de grote onzekerheden in directe schadewaarderingen in het geval van de uitstoot van broeikasgassen, zoals CO<sub>2</sub>.

Wij hanteren daarom in deze studie de preventiekostenmethode, waarbij de schaduw prijs voor CO<sub>2</sub> wordt afgeleid uit de kosten die moeten worden gemaakt om te voldoen aan de overheidsdoelstellingen. Wij gaan er hierbij vanuit dat de doelstelling een juiste weerspiegeling is van zowel de thans beschikbare kennis over risico's en schade van klimaatverandering<sup>4</sup> en de maatschappelijke bereidheid om kosten te maken om de risico's te verminderen. De overheidsdoelstelling en de kosten die daarvoor worden gemaakt, geven daarmee naar ons inzicht de meest betrouwbare indicatie van de maatschappelijke kosten van de uitstoot van CO<sub>2</sub>.

Dat de preventiekostenmethode met name in het geval van CO<sub>2</sub>-emissies tot zinvolle resultaten leidt, is als volgt te beredeneren. De Nederlandse regering heeft volgens de Kyoto-onderhandelingen en de verdeling van verplichtingen binnen de EU als doel de emissie van broeikasgassen in de periode tot 2008-2012 met 6% ten opzichte van 1990 te reduceren. Deze verplichting is hard en onafhankelijk van mogelijke groei van sectoren of andere (on)voorzien omstandigheden. Deze situatie impliceert dat de marginale maatschappelijke kosten van extra CO<sub>2</sub>-emissie niet worden bepaald door extra optredende (ecologische) schade. De doelstelling en daarmee de getolereerde ecologische schade staan immers vast. De extra maatschappelijke kosten worden daarentegen bepaald door de kosten die optreden doordat in de samenleving extra emissiereducerende maatregelen moeten worden getroffen.

Onlangs heeft de regering in de Uitvoeringsnota Klimaatverandering een basispakket maatregelen voorgesteld waarmee de Kyoto-doelstelling kan worden behaald. Ook is een aanvullend pakket maatregelen voorgesteld,

<sup>4</sup> Hierbij is ook rekening gehouden met informatie over mogelijke baten van klimaatverandering, zoals de mogelijk gunstigere omstandigheden voor landbouw in momenteel koude gebieden.

dat wordt ingezet indien de doelstelling dreigt niet te worden gehaald. Indien de pakketten aan maatregelen kosteneffectief zijn vormgegeven – dat wil zeggen goedkope maatregelen het eerst -, zou de duurste maatregel uit het basispakket ongeveer gelijk in prijs (in € per vermeden kilo CO<sub>2</sub>) moeten zijn aan de goedkoopste maatregel uit het aanvullende pakket. De marginale maatschappelijke kosten van extra CO<sub>2</sub>-emissie zouden dan gelijk zijn aan deze prijs van de goedkoopste maatregel in het aanvullende pakket. Extra emissies leiden immers tot de inzet van maatregelen uit het aanvullende pakket en minder emissies tot het achterwege laten van maatregelen uit het basispakket. Probleem is echter dat ook andere overwegingen dan kosteneffectiviteit aan de maatregelenpakketten ten grondslag liggen, zoals een spreiding over de doelgroepen. Vandaar dat de duurste maatregel uit het basispakket circa € 85 per ton vermeden CO<sub>2</sub> kost en de goedkoopste maatregel uit het reservepakket circa € 15 per ton vermeden CO<sub>2</sub> [ECN/RIVM, 1998]. Het gehele pakket aan maatregelen uit de Uitvoeringsnota Klimaatverandering in ogenschouw nemend, lijkt ons een schaduwprijs voor CO<sub>2</sub> van circa € 50 resp. € 100 en € 15 goede uitgangspunten voor een middenvariant resp. hoge en lage variant voor waardering van CO<sub>2</sub>.

## B.2 Waardering van NO<sub>x</sub>

De belangrijkste methoden die geschikt zijn om schaduw prijzen te bepalen voor stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) zijn net als voor CO<sub>2</sub> de directe schadewaardering en de preventiekostenmethode. Directe schadewaardering kent echter ook hier grote onzekerheden en leidt daarom tot een grote bandbreedte aan waarden. Illustratief is een studie van IWW/INFRAS (1995) die uitkomt op circa € 6,5 per kg NO<sub>x</sub>, als gemiddelde van de waarden uit twee afzonderlijke studies: respectievelijk € 1,5 en € 12 per kg NO<sub>x</sub>. Volgens IWW/INFRAS is er geen methodologisch verschil tussen de twee studies, waarin de directe schade ten gevolge van de uitstoot van NO<sub>x</sub> wordt bepaald. In een literatuurstudie door CE [CE, 1994] zijn schadekosten gevonden voor de emissie van NO<sub>x</sub> variërend van € 0,1 tot € 19 per kilo.

Gezien de grote onzekerheid in de uitkomsten gebaseerd op directe schadewaardering, zien wij hier de preventiekostenmethode als meer betrouwbaar. In het geval van de uitstoot van NO<sub>x</sub> heeft er immers een grondige afweging plaatsgevonden in het overheidsbeleid. Mede op basis van de schadelijkheid en de kosten van emissiereductie, is vastgesteld welk emissieniveau de maatschappij acceptabel acht. Dit emissieniveau is vertaald naar emissiereductiedoelstellingen. De kosten die moeten worden gemaakt om de doelstelling te bereiken kunnen daarom worden gezien als een redelijke afspiegeling van de financiële waardering door de maatschappij van de emissie van NO<sub>x</sub>.

Voor de emissie van NO<sub>x</sub> geldt een emissiedoel van 231 kiloton in 2010. Het International Institute for Applied Systems Analysis houdt voor verschillende landen in Europa gedetailleerde inventarisaties bij van de kosten en effecten van mogelijke maatregelen om NO<sub>x</sub>-emissies te reduceren. De IIASA-inventarisatie heeft als referentie een NO<sub>x</sub>-emissieniveau van 280 kiloton in 2010. De inventarisatie toont dat in Nederland in 2010 het emissiedoel van 231 kiloton kan worden bereikt met maatregelen tot € 7 per kg vermeden NO<sub>x</sub>.

NO<sub>x</sub> heeft echter op stedelijk niveau nog specifieke gezondheidseffecten. Het verkeer levert verreweg de grootste bijdrage aan deze problemen. We zien dan ook dat in de verkeerssector, juist vanwege deze stedelijke lucht-



kwaliteitsproblemen, duurdere maatregelen worden getroffen. De kosten van de duurste maatregelen die worden genomen voor NO<sub>x</sub>-reductie buiten de bebouwde kom bedragen ca. € 5 per kg NO<sub>x</sub>. De schaduwprijs van NO<sub>x</sub> stellen we daarom vast op € 7 binnen de bebouwde kom en € 5 buiten de bebouwde kom.

### B.3 Waardering van PM<sub>10</sub>

Op basis van een studie van IVM (1997, € 18/kg) en Kågeson (1998, € 20/kg), waarden we emissies van PM<sub>10</sub> buiten de bebouwde kom op € 20 per kg. PM<sub>10</sub> heeft echter op stedelijk niveau, net als NO<sub>x</sub>, specifieke gezondheidseffecten. In de CE-studie 'Optimale brandstofmix voor het wegverkeer' (1997) is geanalyseerd hoe hoog de meerkosten van de technische maatregelen in het wegverkeer zijn om specifiek de stedelijke luchtkwaliteitsdoelen te halen. De studie leverde destijds *extra* preventiekosten van PM<sub>10</sub> binnen de bebouwde kom van € 65 per kg op. Hierbij zijn reductiekosten voor NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> verdeeld met een sleutel 70/30, op basis van het gewicht dat werd gegeven aan het halen van luchtkwaliteitseisen voor NO<sub>2</sub> en de dientengevolge relatief milde eisen voor PM<sub>10</sub>.

Sindsdien is er echter een belangrijke ontwikkeling geweest. In juni 1998 is een akkoord bereikt tussen de Raad en het Europees Parlement over nieuwe emissie-eisen aan personen- en bestelauto's en aan nieuwe milieueisen voor benzine en diesel (Richtlijnen 98/69 en 98/70). Verder is in december 1998 de Raad tot overeenstemming gekomen over het terugdringen van de emissies van nieuwe vrachtautomotoren. Een Richtlijn is nog niet vastgesteld, maar de verwachting is dat de uiteindelijke maatregelen niet veel zullen verschillen van het huidige standpunt van de Raad. De maatregelen zijn strenger dan ten tijde van de studie naar de brandstofmix kon worden voorzien, met andere woorden, de revealed preference voor reductie van emissies is hoger gebleken dan destijds werd voorzien. Met name zijn forse maatregelen aangekondigd ter reductie van PM<sub>10</sub>-emissie, mede als gevolg van nieuwe inzichten over de gezondheidseffecten van fijn stof. Deze ernstige gezondheidseffecten van PM<sub>10</sub> worden ook bevestigd door onderzoek van het Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM) naar de effecten van verhoogde PM<sub>10</sub>-concentraties op bepaalde corridors. Uit deze studie volgde een waardering op basis van schadekosten voor PM<sub>10</sub> in bebouwde gebieden die varieerde tussen € 110 en € 382 per kg, stukken hoger dan in de brandstofmixstudie verondersteld. Deze bandbreedte wordt o.a. veroorzaakt door het aantal mensen dat in een straat aan het fijne stof wordt blootgesteld (de immissie). We gaan in deze studie uit van een redelijk voorzichtige inschatting van gemiddeld € 150 per kg.

De schaduwprijs van PM<sub>10</sub> binnen de bebouwde kom komt daarmee uit op € 150, tegen € 20 buiten de bebouwde kom.

## B.4 Waardering van geluidhinder

Voor de waardering van geluidhinder wordt veelal gebruik gemaakt van de hedonische prijsmethode. De hedonische prijsmethode gebruikt prijzen van bezit als instrument om de waarde van economische kosten en baten te bepalen. De hedonische prijsmethode is gebaseerd op het idee dat een huishouden nut ervaart van o.a. het wonen (woongenot). In een hedonisch prijs-evenwicht in een competitieve markt zal de huizenprijs als gevolg van een verandering in een bepaalde eigenschap gelijk zijn aan de marginale vraag en aanbod van die eigenschap door de onroerend goed makelaars. De hedonische prijs voor de eigenschap "rust" is een schatting van de marginale maatschappelijke bereidheid om voor die milieukwaliteit te betalen. Een overzicht van de waardering van geluidhinder, met uitgebreide besprekingen en verwijzingen naar de internationale literatuur, is te vinden in bijlage IV van het achtergrondrapport van de CE-studie naar de externe kosten van de luchtvaart [CE, 2002b].

### Aanvullende referenties:

CE, 1994

Centrum voor energiebesparing en schone technologie

*Maatschappelijke kosten van het verkeer, Literatuuroverzicht*

Bleijenberg, A., W.J. van den Berg, G. de Wit.

ECN/RIVM, 1998

Energieonderzoek Centrum Nederland en Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu

*Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen (inventarisatie in het kader van de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid)*

Petten/Bilthoven.

IIASA, 1998

International Institute for Applied Systems Analysis

*Nitrogen oxides emissions, abatement technologies and related costs for Europe in the RAINS model database*

Laxenburg, Oostenrijk, september 1998. IIASA Interim Report, IR-98-88

IVM, 1997

Instituut voor Milieuvraagstukken, Vrije Universiteit Amsterdam

*ExternE Transport, Dutch case studies on transport externalities*

Amsterdam.

IWW/Infras, 1995

*External Effects of Transport*

Karlsruhe/Zürich.

Kågeson, 1998

*The impact on competition and modal split from internalising the social costs of transport; Results from a Swedish case study.*

Kågeson, P.

Nordhaus, 1991

To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect, in: *The Economic Journal*, July 1991, 101, 407, p. 920-937.

Nordhaus, W.D.



## C Lijst van verkeersveiligheidsmaatregelen en verwachte effecten

		verkeersveiligheid / ongevallen	voertuig km's	reistijd	rijdynamiek	emissie	geluid	angstgevoelens	voertuigcategorieën	motief	tijdstop (spits / dal)	Overige
	effect relevant en nader te bepalen											
	effect relevant maar klein, niet nader te bepalen											
	waarschijnlijk geen effect											
	geen effect											
<b>1. SWOV analyse van NVVP</b>												
<b>Infrastructuur</b>												
1.1	ETW bibeko (sober voltooiën laatste 50%)											
1.2	GOW bibeko (eerste 30%)											
1.3	ETW bubeko (eerste 30%)											
1.4	GOW bubeko (eerste 30%)											
1.5	Stroomwegen (2x1) (eerste 30%)											
<b>Gedragsbeïnvloeding</b>												
1.6	Handhaving en voorlichting (incl.0,2 pm BAG)											
1.7	Rijbewijs beginnende bestuurders											
1.8	Safety culture vrachtovervoerders (10%)											
1.9	Praktijkexamen br/sn-fiets											
<b>Voertuigen</b>												
1.10	Voorreflector fiets											
1.11	Zichtveld bestelauto's											
1.12	Zijafscherming v.a. (gesloten)											
<b>ITS (Telematica en vrt-gebonden systemen)</b>												
1.13	Elektronische tachograaf bestelauto											
1.14	Elektronische tachograaf vrachtauto											
<b>2. Veilig, wat heet veilig?</b>												
<b>Infrastructuur</b>												
2.1	ETW bibeko (Duurzaam Veilig voltooiën volle 100%)											
2.2	GOW bibeko (laatste 70%)											
2.3	ETW bubeko (laatste 70%)											
2.4	GOW bubeko (laatste 70%)											
2.5	Stroomwegen (2x1) (laatste 70%)											
2.6	Categorisering/ hogere kwaliteit DV											
2.7	Autosnelwegen (ROA-aanpak; telematica)											
2.8	Veilige bermen ETW bubeko											

		verkeersveiligheid / ongevallen	voertuig km's	reistijd	rijdynamiek	emissie	geluid	angstgevoelens	voertuigcategorieën	motief	tijdstip (spits / dal)	Overige
<b>Aanpak doelgroepen met hoge risico's</b>												
2.9	Nachtrijverbod beginnende automobilisten											
2.10	Afschaffen snorfiets )											
2.11	18 jr grens bromfiets )											
<b>Snelheidsbeheersing</b>												
2.12	Rijsnelheid = limietsnelheid (extra snelheidstoezicht)											
<b>Voertuig en telematica</b>												
2.13	Boord computer lease-auto's											
<b>3. Groslijst</b>												
<b>infrastructuur</b>												
3.1	Snelheidslimieten bij slechte weersomstandigheden											
3.2	Doelgroepstroken											
3.4	Spoorwegovergangen											
3.5	Verlichting op autosnelwegen en niet-autosnelwegen											
<b>Voertuigen en veiligheidsvoorzieningen</b>												
3.6	Gebruik retro-reflecterend materiaal											
3.8	Helmdraagplicht jongere snorfietsers											
3.10	Invoering APK bromfietsen											
3.11	Autogordel melder in personenauto's											
3.12	Intelligente' auto gordels											
<b>Gedragsbeïnvloeding</b>												
3.18	Controle gordeldraagplicht inzittenden bestelauto's (en vrachtauto's)											
<b>ITS</b>												
3.29	Crash recorder personen auto's											
3.31	Alcoholinterlock											
<b>Resterende SWOV opties (nog in te delen)</b>												
3.42	Tijdelijk rijverbod 0,5-0,8 BAG											
3.43	MVO											
3.45	Safety culture vrachtovervoerders (40% extra)											

