

RIVM rapport 773008002

**Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen**

K. Vringer, A.H. Hanemaaijer

Juni 2000

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het ministerie van VROM, Directoraat generaal Milieubeheer, directie Strategie en Planvorming, in het kader van project 773008, kosten en financiering milieubeleid, mijlpaal: Method rapport Kosteneffectiviteit, MAP1999.

## Abstract

The main aims of the cost-effectiveness study carried out by the RIVM during 1998 and 1999 were: 1) to describe the method for calculating the cost-effectiveness of environmental measures, including the determination of the sensitivity on some of the parameters used for the cost-effectiveness calculations, and 2) to gather and store information on the costs and effects of environmental measures needed to calculate cost-effectiveness.

Defined in this study as the costs per unit avoided emission, the cost-effectiveness is relatively high when the costs per unit are low. The calculation method for environmental costs, described earlier in 'Costs and benefits in environmental policy; definitions and computational methods' (a report issued by the Ministry of the Environment in 1998), assumes direct tangible costs only for the individual applying the measure and monetarisation of the direct environmental benefits (saved energy and raw materials). Indirect costs like loss of employment and indirect benefits like damage avoided to buildings and crops were excluded. Costs of the measures were calculated using the annuity method of depreciation and a fixed interest rate of 4% (the real rate on the capital market) for all investments.

A calculating model built in Excel and a database containing more than 100 environmental measures for reducing acid emissions (mainly to reduce NO<sub>x</sub> emissions) were used to calculate cost-effectiveness. Information on the introduction year, the number of units the measure applies to in 1995 and the penetration of the measure in eight years were stored per measure, along with the emission reduction and the costs of the measure in the framework of the European Co-ordination (EC) scenario. The main conclusions follow:

- The total emission reduction of the package of measures analysed in this study is approximately 9 billion acid equivalents in 2020 compared to 1995. The average cost-effectiveness of this emission reduction is about 200 Euro per 1000 acid equivalents.
- Measures applied to traffic contribute half of the total reduction, contrasted the highest average costs for this group (around 320 Euro per 1000 acid equivalents). However, these traffic measures also reduce VOC, fine particles and carbon monoxide.
- Measures taken by industry are contrasted to the lowest average costs (around 55 Euro per 1000 acid equivalents), amounting to a quarter of the total emission reduction in 2020.
- Halving or doubling the interest rate or depreciation period leads to a considerable change in costs, but hardly influences the sequence of measures on the cost-effectiveness curve for NO<sub>x</sub>.
- Comparison of volume measures with technical measures based on only direct costs has limited value. The indirect costs (loss of employment or increase in travel time) and benefits appear to have more influence on volume measures.

The overall results of this study apply only to the set of measures calculated here. In the 5<sup>th</sup> Environmental Outlook a selection of the collected data in this study will be used to calculate the cost-effectiveness curves for NO<sub>x</sub> and acidification. The results of this study are also expected to support the 4<sup>th</sup> National Environmental Policy Plan.

## Voorwoord

Dit onderzoek naar de kosteneffectiviteit van milieumaatregelen is verricht in opdracht van het ministerie van VROM. Aanleiding voor dit onderzoek vormde het ontbreken van een actueel maatregelbestand met kosten en effecten van milieumaatregelen op het terrein van Verzuring bij het RIVM. Tijdens dit onderzoek is in Excel een model ontwikkeld, waarmee op transparante wijze de kosteneffectiviteit kan worden bepaald en eenvoudig enkele gevoeligheidsanalyses op de dataset kunnen worden uitgevoerd.

Het kosteneffectiviteitsmodel is in nauwe samenwerking met verschillende deskundigen uit de doelgroepafdelingen binnen het LAE ontwikkeld. Deze samenwerking is van groot belang geweest, omdat de database uiteindelijk gevuld moest worden met concrete maatregelen door de deskundigen. Door de doelgroepdeskundigen zijn vaak creatieve oplossingen verzonnen om de koppeling tussen kosten en effecten van maatregelen (waarvan de informatie niet altijd op hetzelfde aggregatieniveau beschikbaar is) in hetzelfde format tot stand te brengen.

Voor het tot stand brengen van het in dit rapport gepresenteerde maatregelpakket zijn de volgende personen verantwoordelijk: Paulien Feimann, Jan Spakman, Roel Thomas, Hans Elzenga jr, Hilbert Booi, Dick Nagelhout en last but not least Petra van Egmond. Hierbij willen we hen bedanken voor hun meedenkende rol bij het tot stand komen van de modellering en het zoeken naar praktische oplossingen. Daarnaast willen we Jolanda Jansen en Jaap Slootweg danken voor hun hulp bij het programmeren, programmeerwerk en het bedenken van de modelstructuur. Tot slot willen we Marianne Kuijpers, Robert Engelen en Bert van Wee bedanken voor hun commentaar op eerder versies en het meedenken gedurende het onderzoeksproces.

Kees Vringer  
Aldert Hanemaaijer

Bilthoven, April 2000.

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2. De methodiek milieukosten</b>	<b>8</b>
<b>3. Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen</b>	<b>12</b>
3.1 <i>De berekening van de kosteneffectiviteit</i>	12
3.2 <i>Gehanteerde uitgangspunten voor de kosteneffectiviteit</i>	13
<b>4. Rekenmodel</b>	<b>15</b>
<b>5. Toepassing rekenmodel voor verzuring</b>	<b>18</b>
5.1 <i>Invoer</i>	18
5.2 <i>Resultaten</i>	19
<b>6. Gevoeligheidsanalyse van de gebruikte methode</b>	<b>28</b>
<b>7. Discussie</b>	<b>35</b>
<b>8. Conclusies</b>	<b>36</b>
<b>Literatuur</b>	<b>38</b>
<b>Bijlage A Verzendlijst</b>	<b>40</b>
<b>Bijlage B Variabelen in het databestand</b>	<b>42</b>
<b>Bijlage C Groeireeksen</b>	<b>46</b>
<b>Bijlage D Set maatregelen</b>	<b>50</b>
<b>Bijlage E Kosteneffectiviteit maatregelen Verzuring in 2020</b>	<b>54</b>

## Samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten van het project kosteneffectiviteit van milieumaatregelen dat in de periode 1998-1999 door het RIVM is uitgevoerd. Aanleiding voor dit onderzoek vormde het ontbreken van een overzichtelijk maatregelbestand met kosten en effecten van milieumaatregelen bij het RIVM en een goede beschrijving van de gehanteerde uitgangspunten bij het bepalen van kosteneffectiviteit. Het doel van dit project was tweeledig. Enerzijds was het doel het maken van een actueel en volledig maatregelbestand voor maatregelen gericht op verzurende emissies. Anderzijds stond het beschrijven van de gehanteerde methode om kosteneffectiviteit te berekenen centraal (incl. een bepaling van de gevoeligheid van de resultaten op enkele belangrijke methodische uitgangspunten).

Kosteneffectiviteit wordt in deze studie gedefinieerd als de kosten per vermeden eenheid gereduceerde emissie. Er is sprake van een hoge mate van kosteneffectiviteit als de kosten per eenheid laag zijn. Voor het bepalen van de kosten is uitgegaan van de herziene Methodiek Milieukosten (VROM, 1998). Dit heeft als belangrijkste consequentie dat alleen de directe materiele kosten worden meegenomen voor de actor die de maatregel treft. Milieubaten worden alleen in de vorm van direct uitgespaarde energie en materialen meegenomen. Bij het bepalen van de kosteneffectiviteit van maatregelen wordt in deze studie annuitair afgeschreven (ook door consumenten) met een uniform rentepercentage van 4% (reële kapitaalmarktrente). Hierdoor zijn maatregelen die door verschillende doelgroepen in Nederland worden genomen onderling goed te vergelijken op basis van kosteneffectiviteit.

Aangezien het beschikbare instrumentarium binnen het RIVM niet geschikt werd bevonden voor het uitvoeren van kosteneffectiviteitsanalyses is tijdens deze studie een model in Excel ontwikkeld voor het berekenen van kosteneffectiviteit. Met dit model kan op snelle en transparante wijze de kosteneffectiviteit berekend worden en kunnen gevoeligheidsanalyses op de dataset worden uitgevoerd. Het ontwikkelde model biedt de mogelijkheid om de kosten en effecten van maatregelen per basiseenheid in te voeren. Een basiseenheid hierbij kan zowel één installatie of koe betreffen als de hoeveelheid verstoekte brandstof voor een gehele sector. Dit sluit aan bij het detailniveau waarop verschillende experts de data beschikbaar hebben. Door alleen voor 1995 het absolute aantal basiseenheden in te voeren en voor alle andere jaren een index ten opzichte van 1995, ontstaat een dataset die vrij eenvoudig voor verschillende scenario's kan worden doorgerekend. In deze studie zijn de maatregelen doorgerekend met het lange termijn scenario European Coordination (EC).

De resultaten die in de analyse zijn meegenomen hebben uitsluitend betrekking op de set van maatregelen die voor dit project is doorgerekend. Voor een deel betreft dit maatregelen die onder het huidige beleid vallen volgens het EC-scenario en voor een deel zijn de maatregelen additioneel ten opzichte van het huidige beleid. In totaal zijn ruim 100 maatregelen in de analyse meegenomen; het merendeel gericht op NO<sub>x</sub>-reductie. De resultaten worden door middel van kosteneffectiviteitscurves gepresenteerd. Belangrijke bevindingen van dit onderzoek betreffen:

- De in dit pakket opgenomen maatregelen leiden in 2020 tot een emissiereductie van circa 9 miljard zuurequivalenten ten opzichte van 1995. De gemiddelde kosteneffectiviteit van deze emissiereductie bedraagt zo'n 450 gulden per 1000 zuurequivalenten.
- De doelgroep verkeer neemt ongeveer de helft van deze reductie voor zijn rekening tegen gemiddeld de hoogste kosten (ruim 700 gulden per 1000 zuurequivalenten). Door de

maatregelen bij verkeer worden naast verzurende emissies echter ook VOS, fijn stof en koolmonoxide gereduceerd.

- Door de doelgroep industrie wordt in 2020 een kwart van de totale emissiereductie gerealiseerd tegen gemiddeld de laagste kosten (ruim 100 gulden per 1000 zuurequivalenten). Het betreft met name maatregelen als low-NO<sub>x</sub> en ultra low-NO<sub>x</sub> branders en SCR-technieken.
- Tegen een gemiddeld bedrag van ruim 200 gulden per 1000 zuurequivalenten kan bij de doelgroep landbouw in 2020 een emissiereductie van circa 1,4 miljard zuurequivalenten worden gerealiseerd. Het effect wordt met name gerealiseerd door het bouwen van emissie-arme stallen. Momenteel wordt nog gewerkt aan de regelgeving met betrekking tot deze stallen.
- Voor het kunnen bepalen van een afkapgrens tot welk niveau maatregelen (in gulden per vermeden emissie) genomen moeten worden, is de marginale kosteneffectiviteitscurve beter geschikt dan de normale kosteneffectiviteitscurve.
- Een halvering of verdubbeling van het gehanteerde rentepercentage leidt wel tot een significante daling of stijging van de totale cumulatieve kosten (circa 17%) in de kosteneffectiviteitscurve voor NO<sub>x</sub>, maar nauwelijks tot verschuiving van maatregelen op de curve.
- Bij de bepaling welke maatregel het meest kosteneffectief is, is het essentieel of en hoe de kosten over de diverse doelstoffen verdeeld worden. Welke verdeling aangehouden moet worden is sterk afhankelijk van het doel waarvoor de kosteneffectiviteit van de maatregelen wordt gebruikt.
- Interacties tussen maatregelen, waardoor het gezamenlijke effect van maatregelen kleiner is dan de som van de afzonderlijke effecten, spelen bij de doorgerkende maatregelen nauwelijks een rol (<1%).
- Vergelijken van volumemaatregelen met technische maatregelen op basis van de directe kosten heeft slechts beperkte waarde, omdat met name bij volumemaatregelen de indirecte kosten (zoals verlies aan werkgelegenheid en reistijd) en baten in hogere mate bepalend zijn dan bij technische maatregelen.
- Voor een goede vergelijking van onderlinge maatregelen over de lange termijn op basis van kosteneffectiviteit, dient rekening te worden gehouden met mogelijke kostendalingen als gevolg van toenemende schaalgrootte en leereffecten.

Met behulp van het tijdens deze studie ontwikkelde model voor kosteneffectiviteit en een selectie van de hierin opgeslagen maatregelen zullen in de MV5 kosteneffectiviteitscurves voor NO<sub>x</sub> en Verzuring worden gepresenteerd voor het huidige beleid. Daarnaast zullen de resultaten van deze studie naar verwachting worden gebruikt bij de ondersteuning van het vierde Nationale Milieu Beleidsplan (NMP4).

# 1. Inleiding

Bij de selectie van door het beleid toe te passen milieumaatregelen spelen meerdere criteria een belangrijke rol; zoals de efficiëntie, het absolute effect, handhaafbaarheid en de rechtvaardigheid van maatregelen (van Wee et al., 1999). Ook van Gerwen en Wieringa (1995) stellen dat naast de effectiviteit van milieumaatregelen, wat leveren ze aan absolute milieuwinst op, de doelmatigheid van milieumaatregelen belangrijk is bij het bepalen van het milieubeleid. Doelmatigheid wordt door hen gedefinieerd als het zo efficiënt mogelijk inzetten van financiële middelen, wat geoperationaliseerd kan worden als de kosteneffectiviteit van milieumaatregelen.

Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen is dus van belang voor beleidsmakers bij de keuze van welke milieumaatregelen (als eerste) uitgevoerd gaan worden (VROM, 1996). In het milieubeleid wordt de kosteneffectiviteit van maatregelen reeds toegepast vanaf het Nationaal Milieubeleidsplan 2 (NMP2) en ook voor de komende Milieuverkenning en het NMP4 (beide in 2000) zal kosteneffectiviteit weer één van de criteria zijn op basis waarvan besluitvorming plaatsvindt.

Aangezien de economische consequenties steeds meer centraal zijn komen te staan in het milieubeleid (van Wee et al., 1999), is een in de praktijk toepasbare methode om de kosteneffectiviteit van maatregelen eenduidig te bepalen noodzakelijk. Doel van deze studie is dan ook het vaststellen van een methode om de kosteneffectiviteit te bepalen voor milieumaatregelen die gericht zijn op verzurende emissies, CO<sub>2</sub> emissies VOS en fijn stof (PM10). Daarbij is tevens de gevoeligheid van enkele methodische uitgangspunten op de resultaten onderzocht. Om de methode en de gevoeligheid te testen is een database gevuld met een actueel maatregelbestand voor maatregelen die met name gericht zijn op verzurende emissies. De hier verzamelde maatregelen worden tevens gebruikt voor de 5<sup>e</sup> Nationale Milieuverkenning en bij de ondersteuning van het NMP4 proces door het RIVM.

Deze rapportage is als volgt opgebouwd:

- Eerst wordt in hoofdstuk 2 de methodiek milieukosten besproken. Bij het vaststellen van de methode voor de berekening van de kosteneffectiviteit is zoveel mogelijk aansluiting gezocht met de Methodiek Milieukosten (VROM, 1998).
- Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 ingegaan op de methode en uitgangspunten voor de bepaling van de kosteneffectiviteit van milieumaatregelen.
- Daarna wordt in hoofdstuk 4 het ontwikkelde rekenmodel bes waarmee de kosteneffectiviteit eenduidig te berekenen is voor beleidsmaatregelen gericht op de thema's klimaatverandering (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>), verzuring (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) en op de stoffen VOS en fijn stof (PM10).
- In hoofdstuk 5 wordt de toepassing van het ontwikkelde rekenmodel besproken. Om de methode en het rekenmodel te testen is een lijst met Nederlandse milieumaatregelen samengesteld en geanalyseerd die gericht zijn op verzurende emissies.
- In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de gevolgen van enkele methodische keuzes die gemaakt zijn. Onderzocht zijn de invloed van de gebruikte rentevoet, de terugverdientijd van de maatregel, afschrijvingsmethode en de kostentoerekening aan de doelstoffen. Daarnaast wordt ingegaan op verschillende methoden om de interactie tussen maatregelen te bepalen en wordt voor enkele cases ingegaan op de indirecte kosten en effecten die niet tot milieukosten worden gerekend, maar die wel een belangrijke rol spelen bij de implementatie van de maatregel.
- Na een korte discussie wordt het rapport afgesloten met conclusies.

## 2. De methodiek milieukosten

Voor de berekening van de kosteneffectiviteit van milieumaatregelen wordt voor de bepaling van de milieukosten gebruik gemaakt van de Methodiek Milieukosten (VROM, 1998). In deze methodiek wordt onder meer beschreven welke kosten als milieukosten meetellen, hoe deze bepaald moeten worden afhankelijk van het soort maatregel, wanneer een maatregel verjaard is en hoe de kosten toegedeeld kunnen worden aan de emissiereducties en thema's.

In dit hoofdstuk worden in het kort de uitgangspunten behandeld voor de berekening van de kosten volgens de methodiek milieukosten (VROM, 1998).

### *Milieukosten en -lasten*

Voor de berekening van de milieukosten gaat de methodiek milieukosten uit van de jaarlijkse milieukosten die worden gemaakt door degene die de maatregel treft. De jaarlijkse kosten bestaan uit de investeringen (waaronder opstartkosten, installatiekosten en transactiekosten), omgerekend naar jaarlijkse kosten, en de operationele kosten (waaronder personeelskosten, energiekosten, overhead, verzekeringskosten) die gemaakt moeten worden om een milieumaatregel uit te voeren.

Overige inspanningen die een rol spelen bij het wel of niet nemen van een milieumaatregel (bijvoorbeeld comfortverlies, opgeofferde vrije tijd en een langere reisduur) vallen niet onder de milieukosten. Dit omdat het nog niet goed mogelijk is al deze inspanningen eenduidig in geld uit te drukken. Indirecte milieukosten (bijvoorbeeld mogelijke economische gevolgen van de genomen maatregel, waaronder vermindering van werkgelegenheid en prijseffecten) worden niet meegenomen in de berekening van de milieukosten<sup>1</sup>. Ook blijven de milieubaten als gevolg van de lagere emissies buiten beschouwing. In Tabel 1 is een kort overzicht gegeven welke kosten wel en welke kosten niet tot milieukosten worden gerekend.

*Tabel 1 Overzicht milieukosten en baten volgens de Methodiek Milieukosten (VROM, 1998).*

<b>Wel milieukosten / baten</b>	<b>Geen milieukosten / baten</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investerings (w.o. ook opstartkosten en transactiekosten)</li> <li>• Operationele kosten</li> <li>• BTW (alleen consumenten en overheid)</li> <li>• Subsidies / heffingen</li> <li>• Besparingen op energie en grondstoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BTW (behalve consumenten en overheid)</li> <li>• Teruggave vennootschapsbelasting / inkomstenbelasting</li> <li>• Economische gevolgen (o.a. effecten op de werkgelegenheid en prijzen)</li> <li>• Gevolgen lagere emissies (denk aan minder schade aan gewassen en gebouwen)</li> </ul>

Behalve voor consumenten en overheidsinstellingen moeten de milieukosten exclusief BTW worden gegeven. Besparingen als gevolg van een genomen milieumaatregel (bijvoorbeeld een lager grondstoffenverbruik) worden afgetrokken van de gemaakte kosten. Voor de

<sup>1</sup> Deze tweede orde effecten worden door het Centraal Planbureau (CBP) bepaald.



omrekening van milieukosten naar milieulasten, moet het netto effect van subsidies en heffingen worden meegenomen. De milieukosten worden overigens berekend vóór het heffen van eventuele vennootschaps- en/of inkomsten belasting. Voor belastingplichtige bedrijven zijn de werkelijke milieulasten die overblijven na belasting waarschijnlijk dus lager dan de volgens de methodiek milieukosten berekende milieukosten en -lasten. Het verschil tussen milieukosten en milieulasten is in Tabel 2 weergegeven:

*Tabel 2 De definitie van de milieukosten en -lasten (VROM, 1998).*

Bruto milieukosten = Kapitaalskosten + operationele kosten

Netto milieukosten = Bruto milieukosten – opbrengsten/besparingen

Milieulasten = Netto milieukosten + betaalde overdrachten – ontvangen overdrachten

#### *Milieukosten voor verschillende soorten maatregelen*

Milieukosten zijn niet voor alle milieumaatregelen op dezelfde wijze te bepalen. Daarom wordt een onderverdeling gemaakt van de milieumaatregelen in drie hoofdcategorieën: technische maatregelen, volume maatregelen en organisatorische maatregelen (VROM, 1998). Deze onderverdeling wordt hieronder besproken waarbij ingegaan wordt op de bepaling van de milieukosten.

*De technische maatregelen* zijn weer onder te verdelen in drie soorten: end-of-pipe maatregelen, procesgeïntegreerde maatregelen en product maatregelen.

1. Bij een end-of-pipe maatregel wordt een milieuvoorziening aan een gangbaar proces toegevoegd, zonder dat het principe van het proces verandert (bijvoorbeeld een rookgasreiniger). De milieukosten bestaan uit de kosten van de milieuvoorziening en zijn meestal relatief eenvoudig vast te stellen.
2. Bij procesgeïntegreerde maatregelen is de milieuvoorziening in het proces zelf technisch aangepast en niet los te koppelen van de installatie (bijvoorbeeld een zuiniger automotor). De bepaling van de milieukosten van procesgeïntegreerde maatregelen is lastiger. In principe zijn alleen de kosten van het milieudeel van het alternatieve proces meegenomen. In de praktijk geldt dat de milieukosten gelijk zijn aan het verschil in kosten tussen het alternatieve proces waarbij rekening gehouden wordt met het milieu en het oude (of eventueel ook alternatieve) proces, zonder dat rekening gehouden wordt met het milieu.
3. Onder produktmaatregelen worden alle technisch aangepaste producten verstaan, die bij gebruik of afdanking een lagere emissie hebben. Denk hierbij aan oplosmiddelarme verven, zwavelarme brandstoffen of de toepassing van een HR-ketel. De milieukosten bestaan in dit geval uit de meerkosten van het milieuvriendelijke alternatief ten opzichte van het gangbare produkt.

*Volume maatregelen* vormen de tweede hoofdcategorie maatregelen. Onder volumemaatregelen vallen onder meer een, door milieuredenen ingegeven, verkleining van de veestapel, reductie van het aantal vluchten op Schiphol, vermindering van pesticiden gebruik in de landbouw of de reductie van het aantal autokilometers. De milieukosten van volumemaatregelen bestaan uit de gemiste opbrengsten, te weten de verminderde output tegen

produktprijs minus de uitgespaarde inzet van input(s) zoals bijvoorbeeld arbeid. Meestal bestaan de kosten van volumemaatregelen uit de kosten voor de vervroegde afschrijving van kapitaal (lege stallen), omscholing van personeel en ontslagregelingen. Kosten als gevolg van economische doorwerking van volumemaatregelen (onder andere prijsveranderingen) worden niet tot de milieukosten gerekend. Indien het enige tijd inneemt voordat de besparing op de input daadwerkelijk optreedt (b.v. het regelen van herbezetting<sup>2</sup>, afvloeiingsregelingen e.d.) moet hiermee rekening worden gehouden.

*Organisatorische maatregelen* vormen de derde categorie milieumaatregelen. Hieronder vallen onder andere ‘good housekeeping’ (gordijnen sluiten, lichten uit) en het houden van toezicht of het uitvoeren van metingen. Ook vallen onder organisatorische maatregelen alle andere maatregelen die ervoor zorgen dat andere soorten (technische en volume-) maatregelen uitgevoerd worden (o.a. overheidsbeleid). (VROM, 1998)

#### *Rentabiliteit en verjaring van maatregelen*

Volgens de methodiek milieukosten moet een criterium gesteld worden aan de terugverdientijd van de genomen maatregelen. Maatregelen met een korte terugverdientijd worden verondersteld genomen te worden uit kostenoverwegingen en niet om het milieu te beschermen. Dus daarom is gekozen om alleen die kosten als milieukosten aan te merken, die gemaakt worden voor maatregelen met een minimale terugverdientijd van 3 jaar voor installaties en van 5 jaar voor bouwkundige voorzieningen. (VROM, 1998)

Na verloop van tijd kan het zijn dat een genomen milieumaatregel niet meer als milieumaatregel onderkend wordt, zoals bijvoorbeeld een procesgeïntegreerde voorziening die gangbaar is geworden. End-of-pipe maatregelen blijven altijd als milieumaatregelen herkenbaar (zoals bijvoorbeeld de katalysator voor personenauto's). Voor de overige soorten maatregelen ligt dat lastiger. De methodiek milieukosten kiest ervoor om een maatregel net zolang als milieumaatregel te blijven beschouwen totdat het milieu onvriendelijke alternatief niet meer in Nederland en het (relevante) buitenland voorkomt (denk aan CFK vrije koelkasten). Voor volume maatregelen geldt dat de kosten nog tot 3 jaar na het moment dat men overal is overgegaan tot de milieuvriendelijke productiemethode worden doorgerekend. Dus de kosten van bijvoorbeeld meer arbeid als gevolg van minder pesticidengebruik worden pas 3 jaar nadat iedereen tot de maatregel is overgegaan niet meer als kosten beschouwd. (VROM, 1998)

#### *Toedeling van de kosten aan emissiereducties en thema's*

Een milieumaatregel kan op meer dan één stof die wordt geëmitteerd effect hebben. Bij het toerekenen van de kosten kan dit tot problemen leiden. In principe zijn er meerdere methoden om de kosten over de verschillende stoffen of thema's te verdelen. Afhankelijk van het doel van de analyse kan elk van deze methoden zinvol zijn.

De methodiek milieukosten noemt twee toedelingen:

---

<sup>2</sup> De in de standaard methodiek genoemde kosten voor herbezetting kunnen als volgt worden geïnterpreteerd: Inkomenstendering van een boer als gevolg van een volumemaatregel in de landbouw (bijvoorbeeld het uit productie nemen van grond of een reductie van de varkensstapel) wordt meegenomen bij de berekening van de milieukosten, tot het moment dat aangenomen kan worden dat de boer een nieuwe inkomstenbron heeft gevonden, ter compensatie van de volumemaatregel. Er wordt ook hier een maximumtermijn van 3 jaar aangehouden, waarna verondersteld wordt dat de boer een andere inkomstenbron heeft gevonden.

1. Er wordt slechts één stof of thema aangewezen waaraan alle kosten toegerekend worden. Deze doelstof (of doelthema) is die stof (of thema) waarom de maatregel in principe is genomen. Echter, niet in alle gevallen is slechts één doelstof aan te wijzen. Voordeel is dat deze methode de kosten voor de diverse doelstoffen optelbaar maakt.
2. Er wordt een verdeling gemaakt van de kosten over de verschillende (doel)stoffen of thema's waarop de maatregel aangrijpt met behulp van een verdeelsleutel. Indien de maatregel effect heeft op meerdere emissiesoorten lijkt dit een goede oplossing om toch tot een optelbaar kostenoverzicht te komen voor diverse doelstoffen. Helaas is geen uniforme methode beschikbaar waarmee de verdeling van de kosten over de verschillende doelstoffen en/of thema's te geven is. (VROM, 1998)

Er is echter nog een derde methode waarbij alle kosten volledig worden toegerekend aan alle stoffen of thema's waarop de maatregel een effect heeft. Per stof of thema wordt zo wel een beeld verkregen van de totaal te maken milieukosten om een bepaalde emissiereductie te bereiken, maar de kosten voor de diverse doelstoffen kunnen niet meer opgeteld worden. In de praktijk wordt bij het bepalen van de milieukosten meestal van de onder 1) genoemde methode uitgegaan.

#### *Vergelijking met andere methodieken*

De methodiek milieukosten heeft als doel de kosten en baten te bepalen voor degene die de maatregel daadwerkelijk treft. Er wordt gerekend met directe materiële kosten en de reële kapitaalmarktrente plus een opslagpercentage. Milieubaten worden alleen meegenomen in de vorm van direct uitgespaarde energie en materialen, tegen eindverbruikersprijzen.

Naast de methodiek milieukosten worden ook de maatschappelijke kosten benadering en de verbrede eindverbruikersbenadering gehanteerd om de kosten van maatregelen te bepalen. Deze twee methodieken worden met name toegepast voor de berekening van de kosten en baten van energiebesparing (ECN/RIVM, 1998).

In een nationale of maatschappelijke kosten benadering gaat het om de kosten en baten van de maatregelen gericht op energiebesparing voor Nederland als geheel. Er wordt gerekend met materiële kosten, een maatschappelijke discontovoet (3-5%) en met schaduwprizen om de baten van energie te bepalen. Bij de toepassing van de nationale kostenbenadering worden accijnzen op energiedragers niet meegenomen, omdat dit voor Nederland als geheel geen effect heeft; de kosten voor de betalende partij zijn namelijk gelijk aan de opbrengsten van de ontvangende partij.

De verbrede eindverbruikersbenadering verschilt van de methodiek milieukosten doordat ook verborgen kosten en risico's worden meegenomen. Dit uit zich het hanteren van een hogere rentevoet. Hierdoor is deze benadering geschikt voor het inschatten van het rendabele potentieel van energiebesparing. De baten van energiebesparing worden berekend met eindverbruikersprijzen en er wordt een rentevoet gehanteerd van 8% voor de overheid, de non-profit sector, de landbouw en huishoudens en 15% voor het niet landbouw bedrijfsleven.

### 3. Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen

De efficiëntie (doelmatigheid) van een milieumaatregel kan worden aangegeven door de kosteneffectiviteit van de betreffende maatregel. Met behulp van de kosteneffectiviteit kunnen de ‘goedkopere’ maatregelen opgespoord worden, wat belangrijk kan zijn voor de prioritering van maatregelen. (VROM, 1998)

In dit hoofdstuk wordt de methode beschreven waarmee de kosteneffectiviteit wordt berekend. Paragraaf 3.1 geeft aan hoe kosteneffectiviteit is gedefinieerd in deze studie. In paragraaf 3.2 worden de gehanteerde uitgangspunten bij de berekening van kosteneffectiviteit besproken. Aanvullende en/of afwijkende uitgangspunten ten opzichte van de methodiek milieukosten zullen worden besproken en beargumenteerd.

#### 3.1 De berekening van de kosteneffectiviteit

De kosteneffectiviteit wordt berekend met de volgende formule:

$$\text{Kosteneffectiviteit} = \frac{\text{Kosten}}{\text{Effecten}}$$

waarin de kosten worden uitgedrukt in financiële eenheden (guldens) en de effecten in de gereduceerde milieudruk (kilogrammen emissies, CO<sub>2</sub>- of zuurequivalenten). Er is sprake van een hoge mate van kosteneffectiviteit als de uit deze formule resulterende waarde relatief laag is.

##### *Interactie tussen maatregelen*

Milieumaatregelen die tegelijk naast elkaar worden uitgevoerd kunnen elkaar beïnvloeden wat betreft hun effecten en soms ook kosten. Bij een wijziging in effecten en/of kosten heeft een dergelijke interactie een directe invloed op de kosteneffectiviteit van de maatregel.

Er zijn diverse interactievormen bekend (Dellink en van der Woerd, 1997):

- **Exclusiviteit.** Indien maatregel A wordt genomen kan maatregel B niet meer worden toegepast.
- **Volgtijdelijkheid.** Het effect van een genomen maatregel kan afhankelijk zijn van reeds eerder genomen maatregelen. In dit geval is de volgorde van het toepassen van de maatregelen belangrijk voor de bepaling van het effect van de maatregel. Deze volgorde kan worden vastgesteld door te kijken hoe de maatregelen in de tijd zijn of worden genomen, of er kan aangenomen worden dat de maatregelen die het meest kosteneffectief zijn het eerst genomen worden.
- **Interactie.** Het effect van twee of meer afzonderlijke maatregelen is groter of kleiner dan indien de maatregelen naast elkaar worden toegepast.

Bij het doorrekenen van een maatregelenpakket moet rekening gehouden worden met de interacties tussen de maatregelen. Dit kan op verschillende wijzen worden gedaan wat verder in hoofdstuk 6 besproken wordt.

## 3.2 Gehanteerde uitgangspunten voor de kosteneffectiviteit

Voor de berekening van kosteneffectiviteit wordt in dit rapport op enkele punten afgeweken van de standaard kostenmethodiek. Waar dat het geval is, zal dit worden aangegeven.

Gehanteerde uitgangspunten bij het berekenen van kosteneffectiviteit betreffen:

- a) Methode van afschrijving
- b) Afschrijvingen voor consumenten
- c) Renteopslag
- d) Rentabiliteit van de maatregel

Hieronder zijn de op deze punten gemaakte keuzen beargumenteerd. Uitgangspunt daarbij is dat de kosteneffectiviteiten van de afzonderlijke maatregelen met elkaar vergelijkbaar moet zijn.

### *Ad a): Methode van afschrijving.*

Voor de bepaling van de jaarlijkse milieukosten maken het CPB en CBS gebruik van de lineaire afschrijvingsmethode. Het voordeel van een lineaire afschrijving is dat jaarlijks eenvoudig is vast te stellen hoeveel de gemaakte investeringen nog waard zijn. De methodiek milieukosten maakt daarom ook gebruik van de lineaire afschrijvingsmethode, voor de bepaling van de milieukosten. (VROM, 1998)

Voor de berekening van de kosteneffectiviteit van milieumaatregelen ligt de lineaire afschrijvingsmethode minder voor de hand. Bij een lineaire afschrijving zullen de kosten het hoogst zijn vlak na een investering, en het laagst vlak voordat deze investering is afgeschreven. Aangezien de effecten wél constant zijn, zal de kosteneffectiviteit van één en dezelfde maatregel door de jaren heen fluctueren. Daarom wordt voor de berekening van de kosteneffectiviteit de annuïtaire afschrijvingsmethode gebruikt (VROM, 1998). De kosteneffectiviteit blijft in dat geval tijdens de levensduur van de genomen maatregel constant. Wat de invloed op de kosteneffectiviteit is indien voor een lineaire afschrijving wordt gekozen, is aan de hand van een voorbeeld verder uitgewerkt in hoofdstuk 0.

### *Ad b): Afschrijvingen voor consumenten*

Bij reguliere kostenberekeningen volgens de methodiek milieukosten (VROM, 1998) worden investeringen van de overheid en consumenten in één jaar afgeschreven, aansluitend op de berekeningswijze van het CBS en het CPB. Bij het maken van een investering, nodig voor het toepassen van een maatregel in één van deze twee sectoren zullen de kosten van investering in het eerste jaar hoog zijn en de daaropvolgende jaren nihil. Bij dezelfde maatregelen komen de kosten voor de overheid en consumenten gemiddeld lager uit omdat geen rente gerekend hoeft te worden over de te maken investeringen.

Om een vergelijkbare lijst met kosteneffectiviteiten te verkrijgen, ongeacht de sector waarin de maatregel wordt genomen, worden de investeringen die door de overheid en consumenten worden gemaakt eveneens afgeschreven over een periode die voor de overige sectoren vergelijkbaar is.

### *Ad c): Rente*

De methodiek milieukosten heeft als doel de jaarlijkse kosten voor de verschillende doelgroepen zo goed mogelijk in kaart te brengen. Daarom wordt over de gemaakte (en nog niet afgeschreven) investeringen rente berekend. Eerst wordt een basisrente genomen, gelijk aan de kapitaalmarktrente die wordt gedefinieerd als de rente op de jongste 10-jarige

staatslening (VROM, 1998). Daarnaast wordt een opslagrente in rekening gebracht die verschilt per doelgroep.

Het uiteindelijke doel van het berekenen van de kosteneffectiviteit is echter het vergelijken van milieumaatregelen op landelijk niveau. Om milieumaatregelen op landelijk niveau met elkaar te vergelijken op hun kosteneffectiviteit is het niet logisch om een maatregel, die genomen wordt door een doelgroep waarvoor een lage renteopslag geldt, te bevoordelen ten opzichte van dezelfde maatregel die genomen wordt door een doelgroep waarvoor een hogere opslag geldt. Bij het hanteren van verschillende rentepercentages voor verschillende sectoren zou een HoogRendement (HR)ketel met een vergelijkbaar verbruik die door een bedrijf binnen de HDO<sup>3</sup> wordt aangeschaft (9%<sup>4</sup> rente), minder kosteneffectief zijn dan dezelfde HR-ketel die door een huishouden wordt aangeschaft (4,5% rente<sup>5</sup>). Voor de berekening van de kosteneffectiviteit van milieumaatregelen is in dit rapport daarom uitgegaan van de kapitaalmarktrente zonder opslagen voor alle sectoren.

*Ad d): Rentabiliteit van de maatregel*

Om een maatregel tot de milieumaatregelen te laten behoren stelt de methodiek milieukosten (VROM, 1998) een minimum termijn van de terugverdientijd op 3 jaar. Maatregelen die een kortere terugverdientijd hebben dan 3 jaar worden niet tot de milieumaatregelen gerekend omdat deze geacht worden reeds vanwege bedrijfseconomische overwegingen genomen te worden. Echter, een criterium voor een minimale terugverdientijd van een milieumaatregel zorgt ervoor dat de meest efficiënte maatregelen niet in beeld worden gebracht. Voor het vergelijken van kosteneffectiviteit van maatregelen die een effect hebben op het milieu is het wel nuttig ook maatregelen met een zeer korte terugverdientijd in kaart te brengen om een volledig overzicht te geven. Zeker omdat niet alle maatregelen met een korte terugverdientijd vanzelf worden geïmplementeerd.

---

<sup>3</sup> HDO = Handel, diensten en Overheid

<sup>4</sup> In het begin van 1999 bedroeg de kapitaalmarktrente ongeveer 4% (CBS, 1999). De rente opslag bedraagt 5% voor de Handel en Diensten (VROM, 1998).

<sup>5</sup> Kapitaalmarktrente van 4% plus een opslag voor consumenten van 0,5% (VROM, 1998)

## 4. Rekenmodel

Om tot een toegankelijk en flexibel milieumaatregelen bestand voor Nederland te komen voor de twee thema's Klimaatverandering en Verzuuring, is een standaard invoer spreadsheet en een rekenmodel ontwikkeld, waarin de data op standaardwijze wordt opgeslagen en berekend. In de invoer spreadsheet is een aantal variabelen opgeslagen, waaronder kosten en effecten, om de kosteneffectiviteit van individuele en verschillende sets van maatregelen te berekenen voor meerdere steekjaren. Naast de data omvat de spreadsheet ook een rekenmodel waarmee de kosteneffectiviteit van individuele en diverse sets van maatregelen eenvoudig en snel te berekenen zijn voor meerdere steekjaren, inclusief de bijbehorende kosteneffectiviteitscurves. Het rekenmodel hanteert een paar belangrijke uitgangspunten welke eerst worden besproken. Vervolgens wordt ingegaan op de benodigde invoer van het rekenmodel, waarna de berekeningswijze van de kosteneffectiviteit en de uitvoermogelijkheden van het rekenmodel worden besproken.

### *Uitgangspunten*

De twee belangrijkste uitgangspunten van het rekenmodel zijn:

1. Voor de berekening van de kosteneffectiviteit is in eerste instantie uitgegaan van maatregelen die een fysieke actie tot gevolg hebben. Een fysieke actie is het daadwerkelijk toepassen van een energiebesparende maatregel als het plaatsen van een Warmte-Kracht Centrale (WKK). Het stimuleren van de plaatsing van WKK's door een subsidiesregeling in te voeren is dus geen maatregel, maar een beleidsinstrument om de invoering van WKK centrales te bevorderen.

Deze definitie van 'maatregel' is aangehouden omdat aan beleidsinstrumenten niet altijd eenduidig emissiereducties en kosten zijn te koppelen. Een instrument als het verhogen van de REB (Regulerende Energie Belasting) stimuleert zowel een volume maatregel (vermindering van gebruik van energie) als technische maatregelen (bijvoorbeeld de aankoop van een HR-ketel). De kosteneffectiviteit van de twee maatregelen die het beleidsinstrument stimuleert kan sterk verschillen.

NB: De relatie tussen beleidsinstrumenten en maatregelen is niet in het model opgenomen.

2. De kosten en effecten van maatregelen die in de toekomst worden genomen zijn afhankelijk van het scenario waarvoor de berekening gemaakt is. Scenario-afhankelijke variabelen zijn onder andere het gebruik van de aangepaste installatie, de investeringskosten van de installatie, de penetratiegraad van (aangepaste) installaties en de ontwikkelingskosten van aangepaste installaties. Bij het verzamelen van de gegevens moet daarom eerst een referentiescenario vastgesteld worden.

### *Invoer*

De benodigde gegevens van een maatregel kunnen worden ingevoerd met ingebouwde dialoogschermen die de juiste vragen aan de inhoudelijk deskundige stelt. In bijlage B is een uitgebreide beschrijving gegeven van de benodigde variabelen. De benodigde variabelen worden hieronder per cluster doorlopen.

- Als eerste worden een aantal vragen gesteld waarmee de maatregel eenduidig is te identificeren en in te delen (welke doelgroep neemt de maatregel, naam van de maatregel, is het een technische, procesgeïntegreerde maatregel of een volumemaatregel).
- Vervolgens wordt gevraagd voor welke eenheid de kosten en emissies bekend zijn. Deze eenheid wordt 'basiseenheid' genoemd en kan één enkele installatie betreffen, of bijvoorbeeld een koe, stal, auto, hoeveelheid verstookte brandstof, of een gehele

economische (deel)sector. Ook is het mogelijk direct de totale kosten en effecten voor heel Nederland in te voeren.

- Daarna wordt gevraagd naar de te maken kosten per basiseenheid. De kosten worden (onder meer) opgedeeld in kosten voor elektromechanische installaties, bouwkundige kosten en operationele kosten. Het is de gebruiker van het model vrij om het jaar te kiezen waarvoor de kosten worden gegeven<sup>6</sup>. Ook wordt gevraagd in welke termijn de investeringen voor de genomen maatregel worden afgeschreven, waarbij voor elektromechanische installaties een andere termijn opgegeven kan worden dan voor bouwkundige voorzieningen.
- Vervolgens wordt gevraagd op welke doelstof de maatregel primair is gericht (NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, VOS, PM10, CH<sub>4</sub>, en N<sub>2</sub>O) en hoe groot de emissiereductie per basiseenheid bedraagt voor elk van deze stoffen
- Daarna wordt gevraagd naar het ingangsjaar van de maatregel, het aantal absolute eenheden waarvoor de maatregel geldt in 1995 (voor volumemaatregelen wordt een penetratiegraad gevraagd) en de penetratiegraad van de maatregel voor alle steekjaren (1985, 1990, 1995, 2000, 2010, 2020). De groei (of krimp) van het aantal basiseenheden ten opzichte van 1995 moet worden aangegeven met behulp van een voorgedefinieerde groeireeks<sup>7</sup>.
- Tot slot is het mogelijk om voor één set maatregelen en één steekjaar om een door de dataleverancier vastgestelde interactie tussen maatregelen in te voeren, welke kan worden meegenomen in de verdere berekeningen.
- Naast de hierboven genoemde gegevens is het mogelijk een aantal andere gegevens aan het systeem toe te voegen waarmee voor een aantal niet eenduidig te kwantificeren aspecten, kwalitatief wordt aangegeven óf en welke factoren nog meer van invloed zijn op de kosten en/of effecten van de maatregel. Denk hierbij aan indirecte kosten als een uiteindelijke lagere consumptie, gemiste winsten en economische gevolgen en indirecte baten (minder geluidhinder, minder stankoverlast). Momenteel is er geen algemeen geaccepteerde methode voorhanden om deze kosten samen met de milieukosten in kaart te brengen. Indirecte kosten spelen naar verwachting vooral bij volumemaatregelen en financiële instrumenten een grote rol.

Vóór het doorrekenen van een ingevoerd maatregelenpakket vraagt het model om een aantal aanvullende gegevens die per berekening gevarieerd kunnen worden;

- Met welke rente moet gerekend worden?
- Voor welk jaar moeten de kosten worden weergegeven?<sup>8</sup>
- Moet er rekening gehouden worden met interacties tussen maatregelen?
- Moeten alle waarden die bij de dataleverancier “onbekend” zijn als nul worden geïnterpreteerd?<sup>9</sup>

<sup>6</sup> De kosten worden bij de berekening van de kosteneffectiviteit omgerekend naar kosten voor een te kiezen jaar in het verleden. De omrekening wordt bepaald aan de hand van inflatiecijfers die in het model zijn opgenomen.

<sup>7</sup> De in het model opgenomen groeireeksen gelden voor het EC-scenario en komen overeen met de voor groeireeksen die gebruikt worden voor 5° Nationale Milieuverkenning welke in Bijlage C zijn opgenomen. Overigens, het model voorziet momenteel niet in berekeningen van vóór 1995.

<sup>8</sup> Voor het maken van vergelijkbare cijfers voor de kosteneffectiviteit is het nodig alle financiële eenheden te indexeren naar één jaar. Deze actie is nodig omdat bij de invoer de mogelijkheid wordt geboden de financiële gegevens in te voeren voor het jaar waarvoor de oorspronkelijke gegevens bekend waren. Verschillen in prijspeil voor verschillende maatregelen wordt zo voorkomen.



### *Uitvoermogelijkheden*

Als alle gegevens zijn ingevoerd wordt een berekening uitgevoerd. Hierna kan vervolgens per maatregel de kosteneffectiviteit worden bekeken en tevens hoe groot de emissiereductie is per doelstof en per steekjaar. Ook kunnen de jaarlijkse kosten per basiseenheid worden bekeken voor het jaar waarin de kosten zijn opgegeven en het jaar waarnaar is teruggerekend. Tot slot is per maatregel te zien hoe hoog de jaarlijkse kosten (op annuïtaire basis) zijn voor heel Nederland voor alle steekjaren.

Voor het maatregelenpakket als geheel kunnen overzichten gegenereerd worden (uitgaande van één prijspeil, één renteniveau en wel/geen rekening houdend met interacties tussen maatregelen) voor de kosteneffectiviteit van de maatregelen per doelgroep, doelstof (NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, VOS, PM10, CH<sub>4</sub>, en N<sub>2</sub>O) of thema (klimaat of verzuring) en per steekjaar (1995, 2000, 2010 en 2020). Voor alle steekjaren is per doelstof en doelgroep een grafiek te genereren waarbij het cumulatieve effect uitgezet is tegen de cumulatieve kosten of de kosteneffectiviteit. Daarbij kan nog de keuze gemaakt worden of z.g. meeliftende maatregelen<sup>10</sup> wel of niet in de grafiek opgenomen moeten worden.

---

<sup>9</sup> Het komt voor dat bij het uitvoeren van een maatregel voor een aantal (niet-doel)stoffen een relatief kleine emissiereductie wordt bereikt, waarvan de grootte niet altijd bekend is. Bij het op '0' stellen van deze emissies wordt een kleine fout gemaakt bij het maken van totaaloverzichten van emissies. Indien deze waarden niet op '0' worden gesteld wordt een deel van de uitkomsten als 'niet bekend' weergegeven.

<sup>10</sup> Meeliftende maatregelen zijn die maatregelen die een andere doelstof hebben, maar ook bijdragen tot een emissiereductie van de doelstof van de betreffende kosteneffectiviteitscurve.

## 5. Toepassing rekenmodel voor verzuring

Het in het vorige hoofdstuk beschreven model is toegepast op maatregelen die gericht zijn op de emissiereductie van verzurende stoffen. Enerzijds is dit nodig om de user interface en de software te kunnen testen. Anderzijds is direct realistische data verzameld, waarvan in toekomstige producten gebruik van kan worden gemaakt.

In dit hoofdstuk wordt eerst de invoer van de data besproken, waarbij ingegaan wordt op een aantal keuzes die zijn gemaakt bij het verzamelen van de data en het maken van de berekeningen. Vervolgens zijn een aantal standaard analyses uitgevoerd om inzicht te geven in de mogelijkheden van het rekenmodel. De resultaten van deze analyses worden in een aantal kosteneffectiviteitscurves gepresenteerd.

Benadrukt wordt dat de in dit hoofdstuk gepresenteerde resultaten niet zijn gebaseerd op een compleet beleidsmaatregelen pakket. Een deel van de maatregelen valt onder het huidige beleid en een deel betreft beleidsopties. Voor beide groepen maatregelen geldt dat ze nog onvolledig zijn. Voor het testen van de invoersheets en het rekenmodel voldoet de dataset echter prima.

### 5.1 Invoer

De database is gevuld met een aantal milieumaatregelen die primair gericht zijn op de verzurende stoffen SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> en NO<sub>x</sub>. Daarnaast zijn ook een paar maatregelen verzameld met als primair doel een emissiereductie van VOS en PM10. Een overzicht van de set maatregelen is opgenomen in bijlage D. De maatregelen die zijn gericht op de doelgroep verkeer zijn voornamelijk afgeleid uit (Feimann et al., 1999), (CONCAWE, 1998), (Dings, 1996) en (Dings en Janse, 1997). De maatregelen die gericht zijn op de doelgroep Industrie zijn voornamelijk afgeleid uit (Thomas, R., *et al*, 1998) en diverse bedrijfsmilieuplannen (BMP1 en BMP2) voor de chemische industrie en de basismetaalindustrie. De maatregel die gericht is op de doelgroep afvalverbranding is afgeleid uit (Vos et al., 1996). Maatregelen gericht op de landbouw zijn afgeleid uit (Prins et al., 1997), (CBS, t/m 1999), (Hoek, 1994) en (Projectgroep AMvB Huisvesting, 1997 en 1999).

Bij het verzamelen van de dataset zijn een aantal pragmatische keuzes gemaakt. Deze keuzes worden hieronder behandeld:

- Het European Coordination (EC) scenario is als referentiescenario gekozen omdat dit één van de scenario's is die in de 5<sup>e</sup> Nationale Milieuverkenning wordt gebruikt. Ook het GC-scenario zou in aanmerking kunnen komen om in de analyse op te nemen, maar de analyse van meerdere scenario's vraagt om meerdere groeireksen en afwijkende kosten en effecten welke ten tijde van dit onderzoek niet beschikbaar waren. De groei (of krimp) van de processen waarop de maatregelen betrekking hebben is eveneens gebaseerd op het EC-scenario.
- Maatregelen kunnen erg gedetailleerd of erg geaggregeerd worden beschreven. Voor een hanteerbaar overzicht van alle maatregelen moet deze zo geaggregeerd mogelijk zijn. Indien de te beantwoorden vragen gedetailleerd zijn, zal een verder opdeling tussen maatregelen al snel gewenst zijn. In deze set maatregelen is dát aggregatieniveau nagestreefd waarmee naar verwachting veel van de gestelde beleidsvragen kunnen worden beantwoord.
- Indien een maatregel halverwege de levensduur vervangen gaat worden door een vergelijkbare efficiëntere maatregel, wordt deze efficiëntere maatregel beschouwd als een nieuwe maatregel. De halverwege de levensduur vervangen maatregel krijgt dan een

kortere levensduur toegerekend, dan waarvan in eerste instantie uitgegaan kon worden. De kosteneffectiviteit van de vroegtijdig vervangen maatregel zal derhalve terug lopen.

Heffingen en accijnzen leiden tot kosten bij doelgroepen, maar dragen niet bij tot de kosten die Nederland BV maakt. Indien de accijns op benzine wordt verhoogd, moet de automobilist wel extra kosten maken, maar de nationale kosten zijn nihil omdat de geheven accijnzen inkomsten zijn voor de staat. In deze studie is bij de berekening van kosteneffectiviteiten uitgegaan van de kosten die door de doelgroepen zelf worden gemaakt (zie hoofdstuk 2).

Bij het doorrekenen van de set maatregelen is van het volgende punten uitgegaan:

- Voor de rente die over de investeringen wordt gerekend is de kapitaalmarkt rente genomen van begin 1999 die toen op 4% lag (CBS, 1999), ongeacht welke sector investeert.
- Voor de berekening van de rente en aflossing over de investeringen wordt uitgegaan van betalingen achteraf op basis van annuïteit. Dat betekent dat wordt uitgegaan dat de eerste aflossing van een investering plaatsvindt op het eind van het eerste jaar nadat de investering is gedaan.
- Alle prijzen zijn geïndexeerd naar gulden in prijspeil 1999.
- Uitgaven van consumenten en overheid worden op een vergelijkbare wijze afgeschreven als voor de overige sectoren gebruikelijk is.
- Maatregelen met een kortere terugverdientijd dan 3 jaar zijn niet buiten beschouwing gebleven, in tegenstelling tot de standaard methodiek milieukosten (VROM, 1998).
- Er is geen rekening gehouden met de invloed van interacties tussen maatregelen.
- Alle waarden die “niet bekend” waren zijn bij het maken van de berekeningen verondersteld “0” te zijn. Het betreffen hier voornamelijk ontbrekende waarden voor niet-bekende effecten op de emissie van niet-doelstoffen. Deze ontbrekende waarden zijn in de meeste gevallen van een ondergeschikt belang.
- Alle kosten zijn aan die emissiereductie toegerekend waarvoor de maatregel in beginsel is genomen, ongeacht of de maatregel ook een effect heeft op andere emissies.

## 5.2 Resultaten

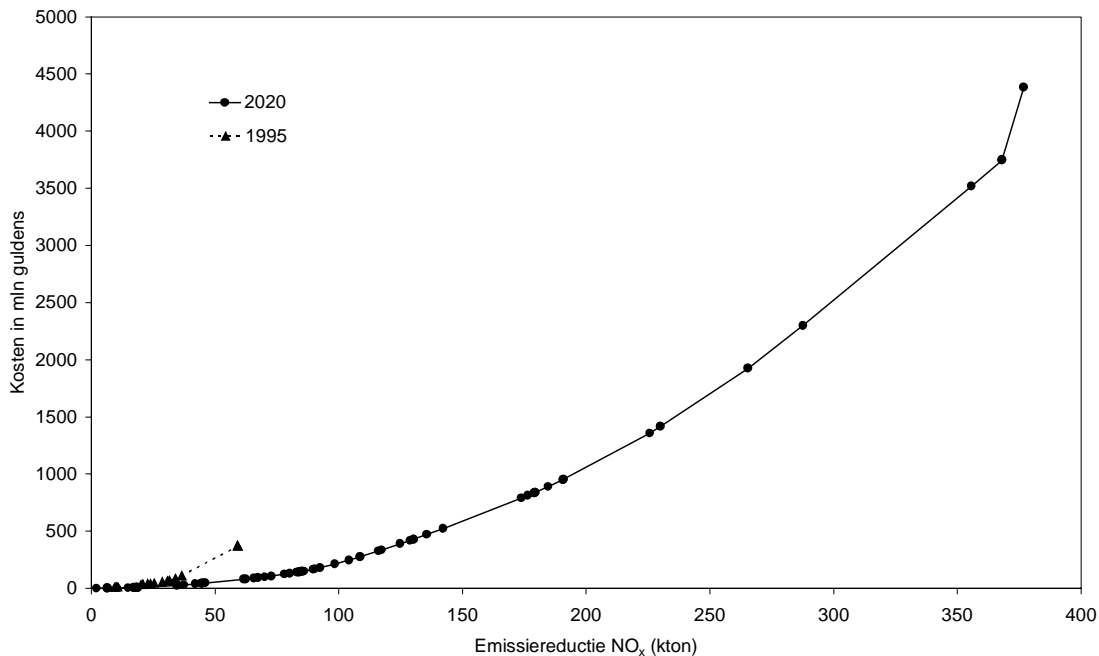
Om inzicht te geven in de mogelijkheden van het rekenmodel is voor de set maatregelen die in het databestand is ingevoerd een aantal standaard analyses uitgevoerd. Eerst worden een aantal uitgangspunten behandeld die voor alle berekeningen zijn gehanteerd. Vervolgens worden achtereenvolgens behandeld:

- De standaard kosteneffectiviteitscurve voor drie doelstoffen ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ) en voor het thema Verzuring
- De marginale kosteneffectiviteitscurve voor  $\text{NO}_x$
- De kosteneffectiviteit per doelgroep voor het thema verzuring
- Meeliftende maatregelen voor één doelstof ( $\text{PM}_{10}$ )

Benadrukt wordt dat de in deze paragraaf gepresenteerde resultaten niet gebaseerd zijn op een compleet beleidsmaatregelen pakket. De mate van compleetheid verschilt tussen doelgroepen. De uitspraken die in deze paragraaf gedaan worden hebben dan ook alleen betrekking op de maatregelen die in de analyse zijn meegenomen. Een overzicht van de gehele set met maatregelen waarmee de berekeningen zijn uitgevoerd is opgenomen in bijlage D.

### Standaard kosteneffectiviteitscurves

Kosteneffectiviteitscurves wordt standaard gepresenteerd met op de X-as het cumulatieve totale jaarlijkse effect en op de Y-as de cumulatieve totale jaarlijkse kosten per maatregel. Met deze grafiek is eenvoudig te bepalen hoe hoog de jaarlijkse kosten zijn bij een bepaalde emissiereductie. In de figuren 1 t/m 3 worden de standaard kosteneffectiviteitscurves voor het jaar 1995 en 2020 gepresenteerd voor drie verschillende doelstoffen; NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub>. In figuur 4 zijn de kosteneffectiviteitscurves opgenomen voor het thema Verzuring voor de steekjaren 1995 en 2020. In bijlage E zijn de achterliggende gegevens van maatregelen gericht op het thema Verzuring in 2020 opgenomen.



Figuur 1. Kosteneffectiviteitscurves voor NO<sub>x</sub> in 1995 en 2020 volgens het EC-scenario.

In 1995 is ongeveer 60 kton NO<sub>x</sub> gereduceerd tegen circa 375 miljoen gulden aan kosten. De gemiddelde kosteneffectiviteit ligt dan op een dikke 6 gulden per kilo gereduceerde NO<sub>x</sub> emissie. Indien de drie relatief duurste maatregelen worden uitgesloten, komt de gemiddelde kosteneffectiviteit voor 1995 op ongeveer 3 gulden per kilo NO<sub>x</sub> bij een reductie van ruim 35 kton NO<sub>x</sub>. De drie duurste NO<sub>x</sub>-maatregelen in 1995 betreffen: “SCR bij Caprolactamfabriek”(67 Dfl/kg), “Fosfaatontsluiting; ureumdosering” (48 Dfl/kg) en “katalysatoren personenauto’s benzine” (12 Dfl/kg). De katalysatoren voor benzine personenauto’s is van deze drie maatregelen de enige die een substantiële emissiereductie voor haar rekening neemt; ruim 23 kton NO<sub>x</sub>.

In 2020 komt de kosteneffectiviteit voor de eerste 60 kiloton emissiereductie op een dikke gulden per kilo NO<sub>x</sub> reductie. In 2020 is het pakket maatregelen voor de eerste 60 kton NO<sub>x</sub> emissie reductie dus zesmaal zo kosten effectief dan in 1995. Het maatregelenpakket is voor de eerste 60 kton NO<sub>x</sub> reductie in 2020 een stuk effectiever omdat dan een aantal zeer goedkope maatregelen zijn ingevoerd die in 1995 nog niet ingevoerd waren. Opvallend is dat in 1995 de kosteneffectiviteit per maatregel varieert tussen de ruim 1 en 67 gulden per kilo, terwijl in 2020 voor de eerste 60 kton reductie de kosteneffectiviteit varieert van 0,2 tot ruim 2 gulden per kilo. De verlaging van de gemiddelde kosteneffectiviteit voor de eerste 60 kton

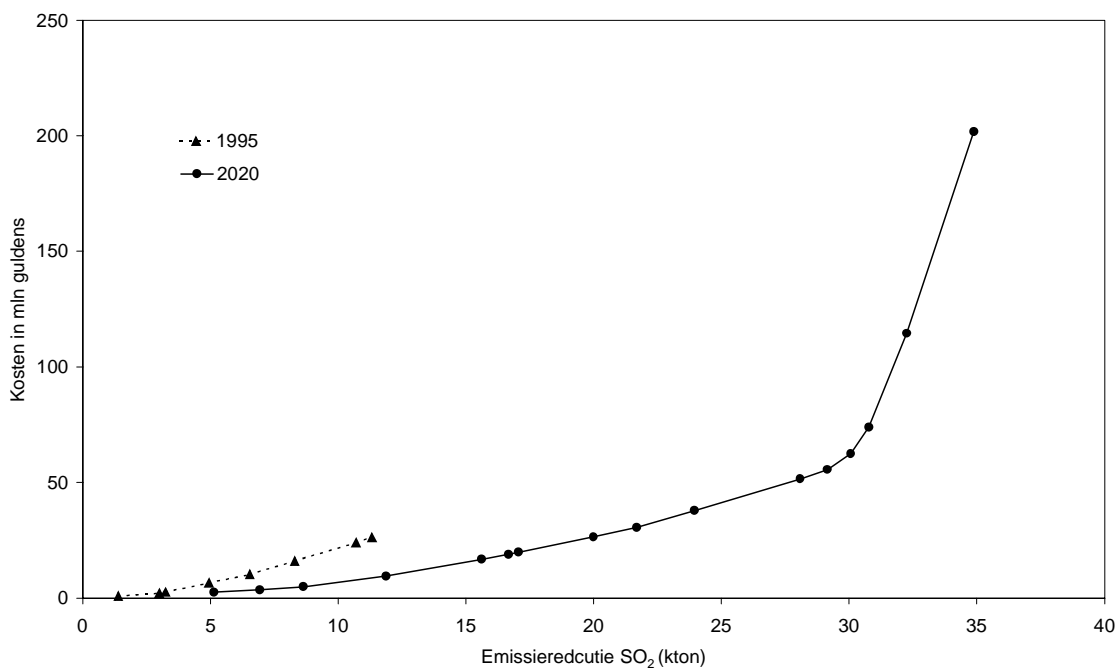
emissiereductie wordt voornamelijk veroorzaakt door een aantal nieuwe maatregelen in de industrie, die relatief goedkoop zijn.

In Figuur 1 is te zien dat de emissiereductie die in 2020 gehaald kan worden met alle maatregelen aanzienlijk groter is dan de emissiereductie die in 1995 gehaald is met de toen ingezette maatregelen, een stijging met maar liefst bijna 320 kton. Een emissiereductie van 1 kilo  $\text{NO}_x$  kost in 2020 gemiddeld 12 gulden per kilo. Relatief goedkope maatregelen voor 2020 met een groot effect zijn:

- ULN<sup>11</sup> bij oven/droger op chem. restgas (0,2 Dfl/kg  $\text{NO}_x$  en 4,2 kton emissie reductie),
- ULN bij oven/droger op aardgas (0,3 Dfl/kg  $\text{NO}_x$  en 4,6 kton emissie reductie) en
- Stoominjectie en getrapt stoken DSM Geleen (0,7 Dfl/kg  $\text{NO}_x$  en 15,6 kton emissie reductie)

De goedkopere maatregelen in 2020 worden voornamelijk door de doelgroep Industrie genomen. Zij neemt in 2020 ongeveer 90 kton emissiereductie voor haar rekening bij een gemiddelde kosteneffectiviteit van 3 Dfl/kg. De dure maatregelen komen vooral voor rekening van de doelgroep verkeer die in 2020 een reductie behaalt van 216 kton  $\text{NO}_x$  tegen een gemiddelde kosteneffectiviteit van 17 Dfl/kg.

Let op: Een stijging van het reductiepotentieel in de loop van de tijd hoeft niet gepaard te gaan met een netto dalende totale emissie. De totale emissie kan sneller stijgen (als gevolg het gekozen scenario) dan de stijging in het reductiepotentieel.



Figuur 2. Kosteneffectiviteitscurves voor  $\text{SO}_2$  in 1995 en 2020 volgens het EC-scenario.

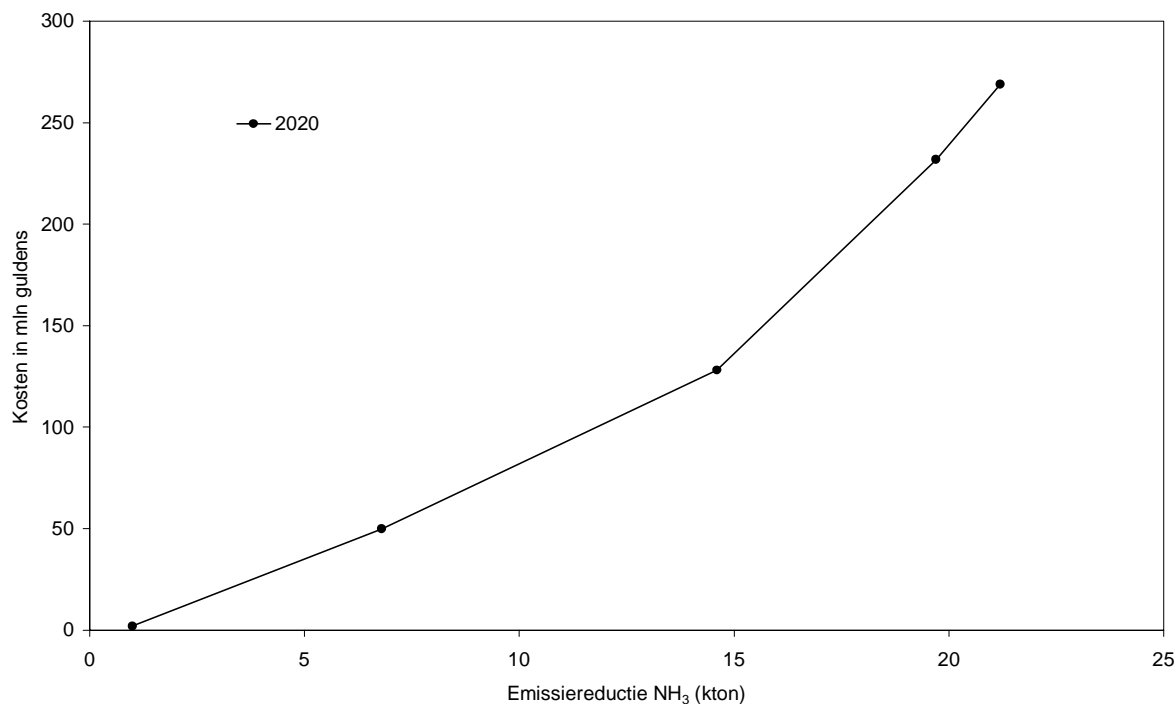
<sup>11</sup> ULN = Ultra Low  $\text{NO}_x$

In figuur 2 is te zien dat in 1995 ongeveer 11 kton SO<sub>2</sub> gereduceerd is tegen ruim 25 miljoen gulden aan kosten. De gemiddelde kosteneffectiviteit ligt dan op een dikke 2 gulden per kilo gereduceerde SO<sub>2</sub> emissie. In 2020 komt de gemiddelde kosteneffectiviteit voor de eerste 11 kiloton emissiereductie op een kleine gulden per kilo SO<sub>2</sub>. In 2020 is het pakket maatregelen voor de eerste 11 kton SO<sub>2</sub> emissie reductie dus tweemaal zo kosten effectief geworden dan in 1995. Een groot deel van deze hogere gemiddelde kosteneffectiviteit komt doordat in 2020 de maatregel “Verlaging zwavelgehalte gasolie zeescheepvaart” erbij is gekomen die een zeer hoge kosteneffectiviteit heeft van 0,5 gulden per kilo SO<sub>2</sub>. Voor 2020 varieert de kosteneffectiviteit voor de individuele maatregelen tussen de 0,5 en ruim 30 gulden per kilo SO<sub>2</sub>. De te behalen emissiereductie ligt in 2020 ongeveer driemaal hoger dan in 1995. De gemiddelde kosteneffectiviteit in 2020 komt op 6 gulden per kilo. Indien de drie duurste maatregelen buiten beschouwing blijven kan bij een kosteneffectiviteit van 2 gulden per kilo SO<sub>2</sub> 30 kton gereduceerd worden. Deze drie maatregelen kunnen bij verkeer worden genomen en betreffen de verlaging van zwavelgehalte in de stookolie van zeescheepvaart, 2005-eisen voor brandstoffen wegverkeer benzine en de 2005-eisen voor brandstoffen wegverkeer diesel.

Relatief goedkope maatregelen voor 2020 met een groot effect zijn:

- Verlaging zwavelgehalte gasolie zeescheepvaart (0,5Dfl/kg en 5,2 kton emissie reductie)
- Inzet laagzwavelige grondstoffen Rockwool (0,6 Dfl/kg en 1,8 kton emissie reductie)
- Hoogovens: H<sub>2</sub>S wassing cokes fabriek (0,8 Dfl/kg en 1,7 kton emissiereductie)
- BMP2 maatregelen Hoogovens SO<sub>2</sub> (1,4 Dfl/kg en 3,2 kton emissiereductie)

Ook hier geldt dat de goedkopere maatregelen in 2020 voornamelijk door de doelgroep Industrie genomen worden. Zij neemt in 2020 ongeveer 24 kton SO<sub>2</sub> emissiereductie voor haar rekening bij een gemiddelde kosteneffectiviteit van 2 Dfl/kg. De



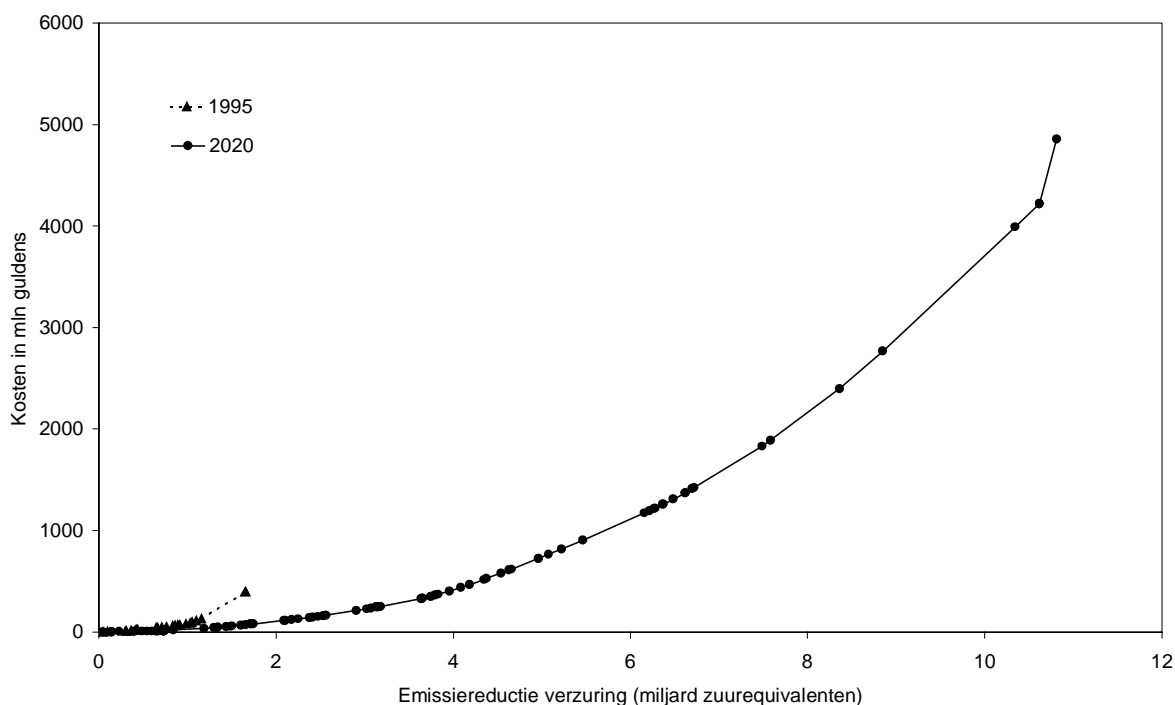
Figuur 3. Kosteneffectiviteitscurve voor NH<sub>3</sub> in 2020 volgens het EC-scenario.

dure maatregelen komen vooral voor rekening van de doelgroep verkeer met een reductie van 11 kton SO<sub>2</sub> tegen een gemiddelde kosteneffectiviteit van 14 Dfl/kg. Opvallend is dat de verlaging van het zwavelgehalte in gasolie voor de zeescheepvaart één van de goedkopere maatregelen is, terwijl een verlaging van het zwavelgehalte van stookolie juist relatief duur is.

In figuur 3 is te zien dat in 2020 ruim 20 kton NH<sub>3</sub> gereduceerd kan worden tegen 270 miljoen gulden aan kosten. De gemiddelde kosteneffectiviteit ligt dan op ongeveer 13 gulden per kilo NH<sub>3</sub>. Alle opgenomen maatregelen komen voor rekening van de doelgroep Landbouw. In 1995 is nog geen enkele van de vijf maatregelen die in het bestand zijn opgenomen ingevoerd.

De goedkoopste maatregel is het 'aanscherpen emissie-arme mestaanwending op zandgronden' (2 Dfl/kg), goed voor een reductie van 1 kton NH<sub>3</sub>. De overige vier maatregelen voorzien in het toepassen van emissiearme stallen. De emissie-arme stallen voor fokvarkens en vleesvarkens zijn kosteneffectiever (respectievelijk 8 en 10 Dfl/kg) dan de emissie-arme stallen voor melkvee en melkjongvee (respectievelijk 20 en 25 Dfl/kg).

De op NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub> gerichte maatregelen worden in principe genomen om verdere verzuring van het leefmilieu terug te dringen en zo mogelijk te voorkomen. Om een betere vergelijking te kunnen maken tussen de kosten van alle belangrijke maatregelen die op het thema verzuring zijn gericht, is het nodig de kilo's emissiereductie voor NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub> om te rekenen naar de gereduceerde hoeveelheid zuurequivalenten<sup>12</sup>.



Figuur 4. Kosteneffectiviteitscurves voor Verzuring in 1995 en 2020 volgens het EC-scenario.

<sup>12</sup> Voor de omrekening van kilogrammen NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> en SO<sub>2</sub> naar zuurequivalenten is gebruik gemaakt van de volgende omrekeningfactoren: 1 kg NH<sub>3</sub> = 59 zuurequivalenten, 1 kg NO<sub>x</sub> = 22 zuur equivalenten., 1 kg SO<sub>2</sub> = 31 zuur equivalenten.

In 1995 bedraagt de reductie ongeveer 1,7 miljard zuurequivalenten met een gemiddelde kosteneffectiviteit van ruim 240 gulden per 1000 zuurequivalenten. Indien de drie relatief duurste maatregelen worden uitgesloten, komt voor 1995 de gemiddelde kosteneffectiviteit op ongeveer 116 gulden per 1000 zuureq. bij een reductie van 1,2 miljard zuurequivalenten. De drie duurste maatregelen in 1995 betreffen “katalysatoren benzine personenauto’s”(528 Dfl/1000 zuureq.), “Fosfaatontsluiting; ureumdosering” (2170 Dfl/1000 zuureq.) en “SCR bij Caprolactamfabriek” (3027 Dfl/1000 zuureq.). De katalysatoren voor benzine personenauto’s is van deze drie maatregelen de enige die een substantiële emissiereductie voor haar rekening neemt.

In 2020 komt de kosteneffectiviteit voor de eerste 1,7 miljard gereduceerde zuurequivalenten op zo’n 45 gulden per 1000 zuureq. In 2020 is het pakket maatregelen voor de eerste 1,7 miljard zuurequivalenten dus ruim vijf maal zo kosten effectief dan in 1995. Dit deel van het maatregelenpakket is een stuk effectiever omdat dan een aantal zeer goedkope maatregelen zijn ingevoerd, die in 1995 nog niet ingevoerd waren. In 1995 varieert de kosteneffectiviteit per maatregel tussen de bijna 20 en ruim 3000 gulden per 1000 zuureq., terwijl in 2020 voor de eerste 1,7 miljard zuurequivalenten de kosteneffectiviteit varieert van ongeveer 8 tot 90 gulden per 1000 zuureq.

In Figuur 4 is te zien dat de emissiereductie die in 2020 gehaald kan worden aanzienlijk groter is dan in 1995, een stijging met maar liefst 9 miljard naar bijna 11 miljard zuurequivalenten. Bij deze emissiereductie ligt de gemiddelde kosteneffectiviteit op 450 gulden per 1000 zuureq (zie ook bijlage E).

Maatregelen voor 2020 met een groot effect (>0,5 miljard zuurequivalenten) zijn:

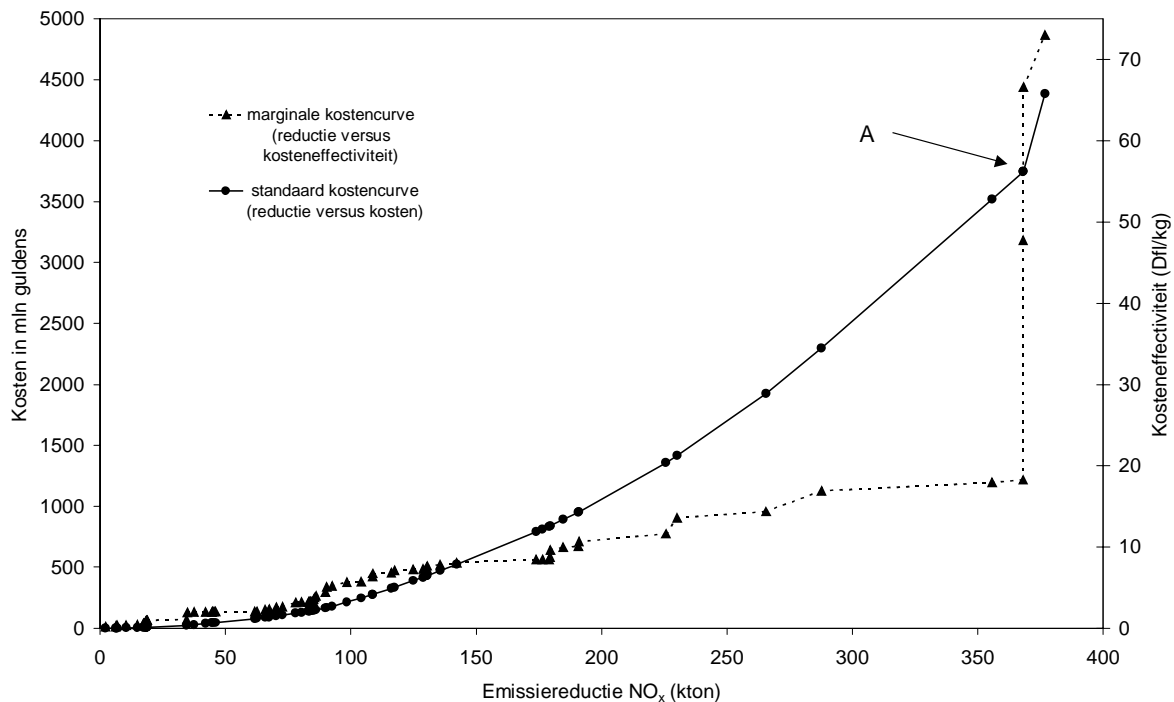
- Euro4 personenauto’s diesel (1,5 miljard zuurequivalenten tegen 815 Dfl/1000 zuureq.)
- Euro3 personenauto’s diesel (0,8 miljard zuurequivalenten tegen ruim 650 Dfl/1000 zuureq.)
- Katalysatoren personenauto’s benzine (0,8 miljard zuurequivalenten tegen bijna 530 Dfl/1000 zuureq.)
- Euro4 emissienormering vrachtwagens (0,7 miljard zuurequivalenten en 385 Dfl/1000 zuureq.)
- Euro5 emissienormering vrachtwagens (0,5 miljard zuurequivalenten en ruim 765 Dfl/1000 zuureq.)
- Emissiearme stallen vleesvarkens (0,5 miljard zuurequivalenten en 170 Dfl/1000 zuureq.)

#### *De standaard - en de marginale kosteneffectiviteitscurve*

Naast de standaard kosteneffectiviteitscurve waar de cumulatieve kosten tegen het cumulatieve effect zijn uitgezet, is het ook mogelijk om de kosteneffectiviteit per maatregel tegen het cumulatieve effect uit te zetten. Met deze marginale kosteneffectiviteitscurve is het mogelijk om te zien hoe duur de (afzonderlijke) maatregelen zijn bij een bepaalde emissiereductie. Dus de marginale kosten worden met deze curve in beeld gebracht. Hier zijn de totale cumulatieve kosten echter niet uit de grafiek af te lezen maar hooguit te berekenen. In Figuur 5 zijn voor NO<sub>x</sub> zowel de standaard als de marginale kosteneffectiviteitscurve naast elkaar weergegeven. De marginale kosteneffectiviteitscurve is met name interessant voor het bepalen van de afkapgrens van maatregelen. Met behulp van deze marginale curve kunnen eenvoudig alle maatregelen die minder kosten dan 10 of 20 Dfl/kg NO<sub>x</sub> worden afgeleid. Met de in deze dataset opgenomen maatregelen kan ongeveer 180 kton NO<sub>x</sub> worden gereduceerd



tot 10 Dfl/kg NO<sub>x</sub>. Nog eens zo'n hoeveelheid NO<sub>x</sub> wordt gerealiseerd als alle maatregelen tot 20 Dfl/kg NO<sub>x</sub> genomen zouden worden.



Figuur 5. De standaard- en de marginale kosteneffectiviteitscurve voor NO<sub>x</sub> voor 2020.

Punt A op de standaard kosteneffectiviteitscurve blijkt volgens de marginale curve te bestaan uit 3 maatregelen waarvan de afzonderlijke kosteneffectiviteit sterk uiteenloopt. Slechts één van deze drie maatregelen ('Euro3 personenauto's benzine') neemt overigens een redelijk grote emissiereductie (12 kton) voor haar rekening.

Tabel 3 De emissiereductie, kosten en kosteneffectiviteit voor alle maatregelen in het databestand gericht op de reductie van verzurende emissies voor het jaar 2020.

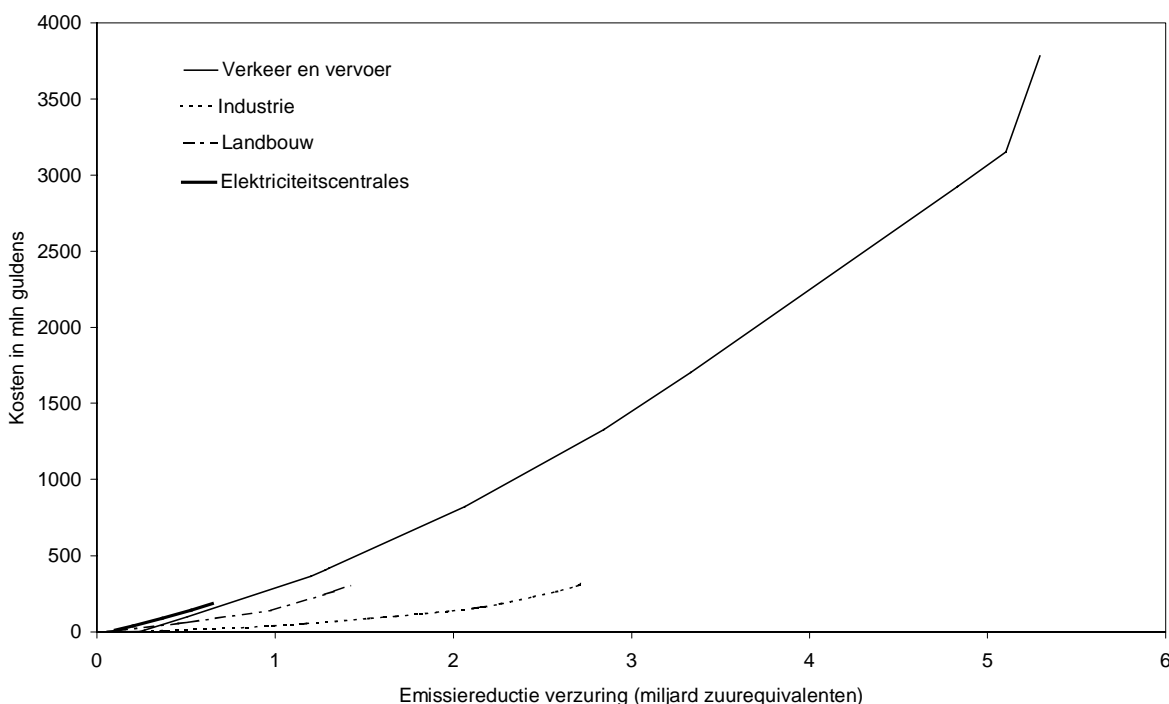
	<i>Emissiereductie (mld zuureq.)</i>	<i>Kosten (mln guldens)</i>	<i>Kosteneffectiviteit (Dfl/1000 zuureq.)</i>
Verkeer	5.3	3780	710
Industrie	2.7	310	120
Landbouw	1.4	300	210
Elektriciteits- centrales	0.6	180	290
Raffinaderijen	0.3	110	430
Handel diensten en overheid	0.2	40	230
Afval	0.1	50	370
Consumenten	0.1	60	450
<b>Totaal</b>	<b>10.8</b>	<b>4850</b>	<b>450</b>

### *De kosteneffectiviteit per doelgroep*

De gemiddelde kosteneffectiviteit kan per doelgroep aanzienlijk verschillen. In Tabel 3 zijn de emissiereductie, kosten en kosteneffectiviteit weergegeven voor alle maatregelen in het databestand die op de reductie van verzurende emissies gericht zijn.

In Tabel 3 is te zien dat de doelgroep Verkeer en vervoer de helft van de totale reductie potentieel voor haar rekening neemt. De doelgroep Industrie is goed voor een kwart van het totale reductiepotentieel. De gemiddelde kosteneffectiviteit voor de doelgroep Industrie is het gunstigst, (120 Dfl./ 1000 zuureq.) terwijl de gemiddelde kosteneffectiviteit voor de doelgroep Verkeer en vervoer het ongunstigst is (ruim 700 Dfl/1000 zuureq.). In figuur 6 zijn de (standaard) kosteneffectiviteitscurves opgenomen voor de vier belangrijkste doelgroepen voor Verzuring.

In Figuur 6 is te zien dat de maatregelen in het traject 0,5 tot 1,5 miljard zuurequivalenten de maatregelen in de industrie gemiddeld het goedkoopst uitvallen, gevolgd door de maatregelen voor de landbouw, verkeer en vervoer en tot slot de elektriciteitscentrales.

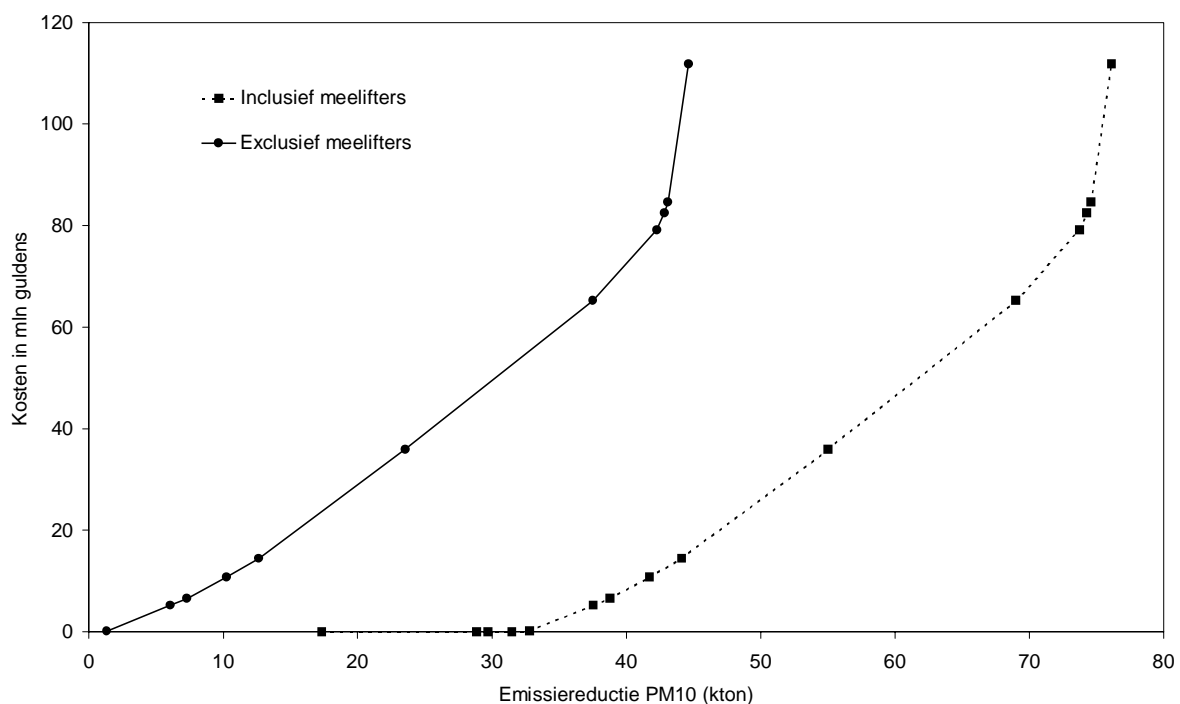


*Figuur 6. Kosteneffectiviteitscurves voor de vier belangrijkste doelgroepen voor het thema Verzuring in 2020 volgens het EC-scenario.*

### Meeliftende maatregelen

Zoals reeds eerder is gemeld zijn zogenaamde ‘meeliftende maatregelen’, maatregelen die bijdragen tot een emissiereductie van de doelstof waarvoor de betreffende kosteneffectiviteitscurve gemaakt is, maar die zelf een andere doelstof hebben. Aan de meeliftende maatregelen worden in deze studie geen kosten toegerekend.

In Figuur 7 zijn twee kosteneffectiviteitscurves weergegeven voor PM10. In één kosteneffectiviteitscurve zijn alleen de maatregelen opgenomen die expliciet zijn gericht op de reductie van PM10 emissies. De andere kosteneffectiviteitscurve is inclusief een viertal meeliftende maatregelen, gericht op NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> emissies, maar die eveneens een effect hebben op de PM10 emissie.



Figuur 7. Kosteneffectiviteitscurves voor PM10 in 2020 volgens het EC-scenario.

In Figuur 7 is te zien dat de reductie van meeliftende maatregelen niet onaanzienlijk hoeft te zijn. In dit geval wordt meer dan 40% van de totale PM10 emissiereductie bepaald door meeliftende maatregelen. De vier meeliftende maatregelen in Figuur 7 betreffen ‘euro 3 personenauto's benzine’ (NO<sub>x</sub>), ‘euro4 personenauto's benzine’ (NO<sub>x</sub>), ‘2005-eisen voor brandstoffen wegverkeer diesel’ (SO<sub>2</sub>) en ‘2005-eisen voor brandstoffen wegverkeer benzine’ (SO<sub>2</sub>).

Het effect van meeliftende maatregelen op de emissiereductie van de doelstof hoeft niet in alle gevallen positief te zijn. Soms komt het voor dat een maatregel die gericht is op een andere stof dan de onderzochte doelstof, juist een extra emissie voor de doelstof met zich meebrengt. Dit is bijvoorbeeld het geval voor NO<sub>x</sub> reducerende end-of-pipe maatregelen in de industrie. Deze maatregelen reduceren de NO<sub>x</sub> emissies, maar bevorderen de CO<sub>2</sub> emissies omdat extra energie nodig is om de maatregel toe te passen.

## 6. Gevoeligheidsanalyse van de gebruikte methode

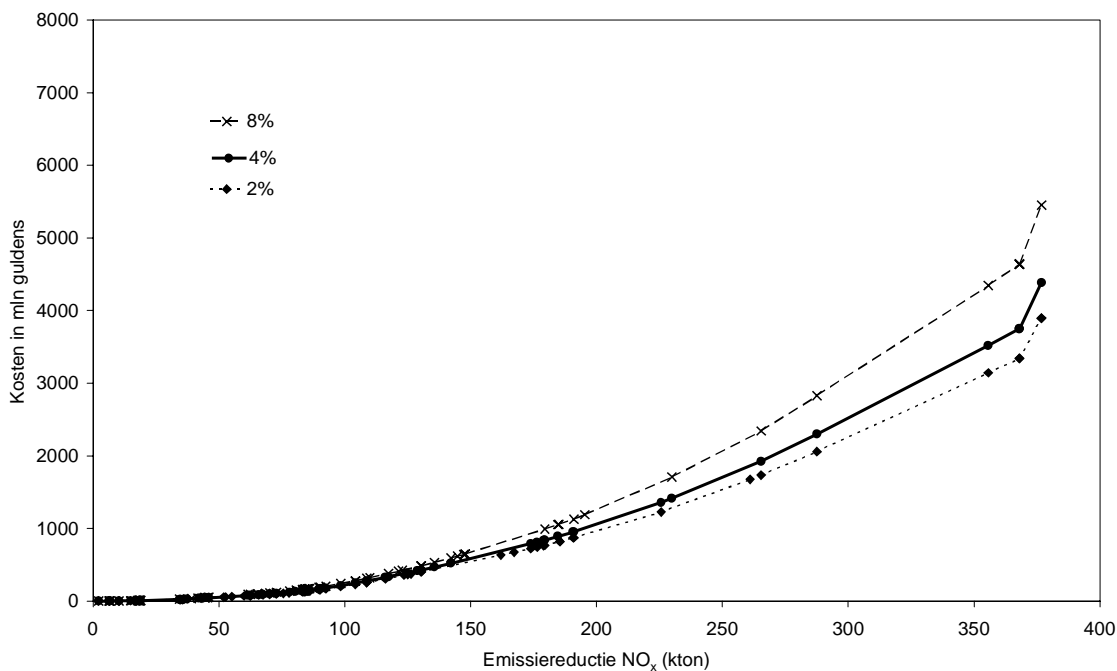
Voor de bepaling van de kosten is gekozen voor de methodiek milieukosten (VROM, 1998). Met deze methode worden een aantal keuzes gemaakt waardoor de milieukosten eenduidig gedefinieerd worden. Sommige keuzes kunnen echter een grote invloed hebben op de in dit rapport gepresenteerde resultaten. Om meer inzicht te krijgen voor de gevoeligheden van de gebruikte methode en waarvoor de hier gebruikte methode wel en niet geschikt is, zijn diverse gevoeligheidsanalyses uitgevoerd.

Er is gekeken naar het effect op de kosteneffectiviteit als:

- de rente wordt gevarieerd, voor het pakket maatregelen gericht op NO<sub>x</sub> emissies.
- de afschrijvingstermijn van de investeringen wordt verkort of verlengd, voor het pakket maatregelen gericht op NO<sub>x</sub> emissies.
- er een lineaire afschrijving wordt gehanteerd in plaats van een annuïtaire, voor de NO<sub>x</sub> reductie van afvalverbrandingsinstallaties.
- er een verschillende toerekening van de kosten wordt gehanteerd aan de te reduceren stoffen en andere baten, voor drie maatregelen voor verkeer en vervoer.
- de effecten van de interacties tussen de maatregelen worden meegenomen voor een tweetal maatregelen.
- de indirecte- of maatschappelijke kosten en baten mee worden genomen.
- het effect op de kosteneffectiviteit bij een prijsverlaging, voor één maatregel.

### Rente

Voor de implementatie van sommige maatregelen moet een investering gedaan worden die in meerdere jaren afgeschreven wordt. Over het nog niet afgeschreven investeringskapitaal wordt rente in rekening gebracht. De hoogte van de rente is van invloed op de kosten-



Figuur 8. De kosteneffectiviteitscurve van NO<sub>x</sub> maatregelen in 2020 bij 2%, 4% en 8% rente.

effectiviteit van de maatregel, doordat bij hogere rente de berekende kapitaalskosten toenemen. Een hogere rente heeft tot gevolg dat de kapitaalintensieve maatregelen hogere kosten per gereduceerde emissie eenheid met zich meebrengen. Om de gevoeligheid van de verzamelde set maatregelen gericht op  $\text{NO}_x$  voor rente te bepalen is naast 4%, ook met 2% en 8% rente gerekend. In Figuur 8 is te zien dat een halvering of verdubbeling van de rente de kosteneffectiviteitscurve beïnvloed voor wat betreft de steilheid van de curve. De gemiddelde kosteneffectiviteit voor alle op  $\text{NO}_x$  gerichte maatregelen in 2020 bedraagt bij 2% rente 10 Dfl/kg (-17%), 4% rente 12 Dfl/kg en 8% rente 14 Dfl/kg (+17%). Per maatregel verschilt het effect op de kosteneffectiviteit bij een verdubbeling van de rente van nihil tot 30%.

Verder blijkt dat bij andere rentepercentages sommige maatregelen ten opzichte van elkaar in volgorde op de kosteneffectiviteitscurve verspringen. Zo heeft bij 4% rente de maatregel “SCR bij fornuizen, raffinaderijen” een kosteneffectiviteit van 14 Dfl/kg  $\text{NO}_x$ . Bij 8% rente is deze kosteneffectiviteit bijna ongewijzigd (5% hoger). Echter, de maatregel “katalysatoren personenauto's, benzine” heeft bij 4% rente een kosteneffectiviteit van 12 Dfl/kg, welke stijgt naar ruim 15 Dfl/kg (+25%) indien de rente verdubbeld. De maatregel “katalysatoren personenauto's, benzine” heeft dus bij 8% een hogere waarde voor de kosteneffectiviteit gekregen dan de maatregel “SCR bij fornuizen, raffinaderijen”. Voor het hele maatregelenpakket blijkt dat de maatregelen die ten opzichte van elkaar verspringen op de kosteneffectiviteitscurve niet meer dan 20% verschillen in hun oorspronkelijke waarde voor de kosteneffectiviteit.

Een verdubbeling van de rente van 4 naar 8% heeft tot gevolg dat de gemiddelde kosteneffectiviteit voor de op  $\text{NO}_x$  gerichte maatregelen met 17% stijgt. De invloed op de volgorde van de maatregelen, indien gesorteerd op hun kosteneffectiviteit, is beperkt.

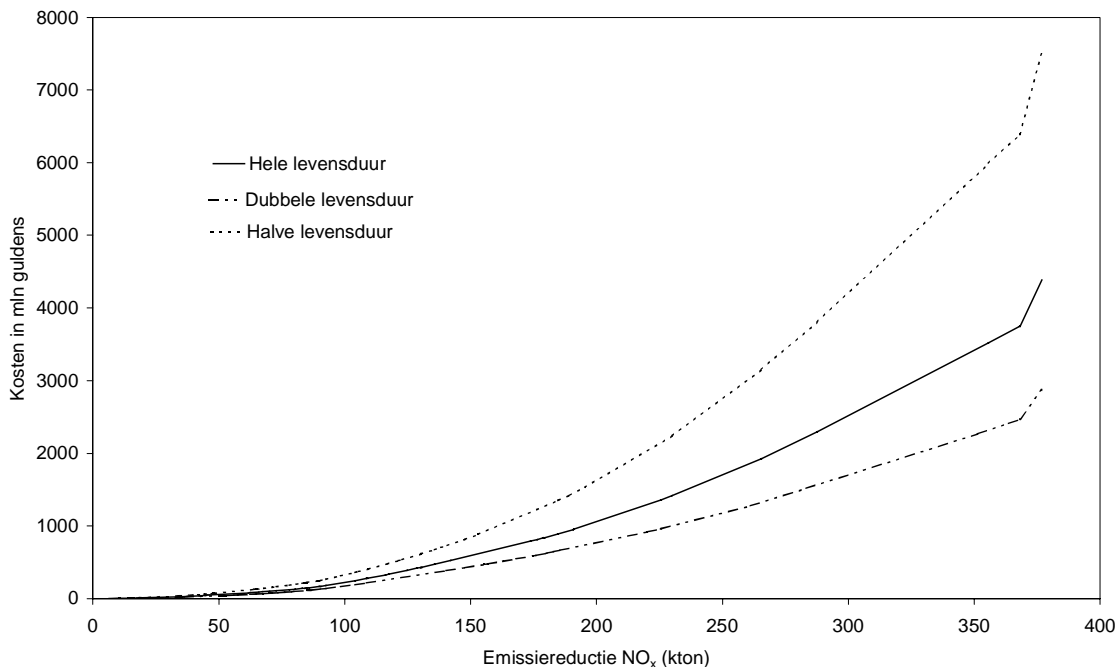
#### *Levensduur maatregelen*

Naast rente heeft ook de levensduur van de maatregel invloed op de kosteneffectiviteit. Voor maatregelen die genomen worden met een relatief hoge investering waarbij niet van de optimale levensduur gebruik wordt gemaakt, kan deze kortere levensduur een belangrijke negatieve invloed hebben op de kosteneffectiviteit van de maatregel. Denk hierbij aan het nemen van  $\text{NO}_x$ -reducerende maatregelen bij reeds bestaande kolencentrales.

Om te bekijken welke invloed de afschrijvingstermijn van de gemaakte investeringen heeft op de kosteneffectiviteit van maatregelen is voor alle  $\text{NO}_x$ -maatregelen de levensduur gevarieerd. Figuur 9 toont kosteneffectiviteitscurves voor alle  $\text{NO}_x$  maatregelen waarbij de levensduur van alle maatregelen is gehalveerd en verdubbeld.

In figuur 9 is te zien dat een halvering of verdubbeling van de levensduur van maatregelen, een belangrijke invloed heeft op de kosteneffectiviteit. Bij een verdubbeling van de levensduur halveert de gemiddelde kosteneffectiviteit voor het gehele pakket maatregelen bijna, een stijging van 12 naar 20 Dfl/kg  $\text{NO}_x$ . Een halvering van de levensduur doet de kosteneffectiviteit stijgen van 12 naar 8 Dfl/kg  $\text{NO}_x$ .

Een kortere dan optimale levensduur van  $\text{NO}_x$ -reducerende maatregelen bij bestaande kolencentrales is de maatregel ‘SCR op alle ‘oude’ kolencentrales’. Deze maatregel wordt volgens het databestand in het jaar 2000 ingevoerd. Indien de centrales in 2010 afgeschreven zouden zijn, zal de kosteneffectiviteit van de bouwkundige voorzieningen geen 25 jaar maar



*Figuur 9 De kosteneffectiviteitscurves van NO<sub>x</sub> maatregelen bij halve en dubbele levensduur van de installaties.*

slechts 10 jaar meegaan. De kosteneffectiviteit wordt bij deze verkorte afschrijving ruim 10% hoger. De relatief kleine invloed van een verkorte afschrijving komt doordat het overgrote deel van de investeringen voor elektromechanische installaties zijn die in 10 jaar worden afgeschreven. Indien van een afschrijvingstermijn van 5 jaar wordt uitgegaan komt de kosteneffectiviteit op 6,7 gulden per kg NO<sub>x</sub> (+80%).

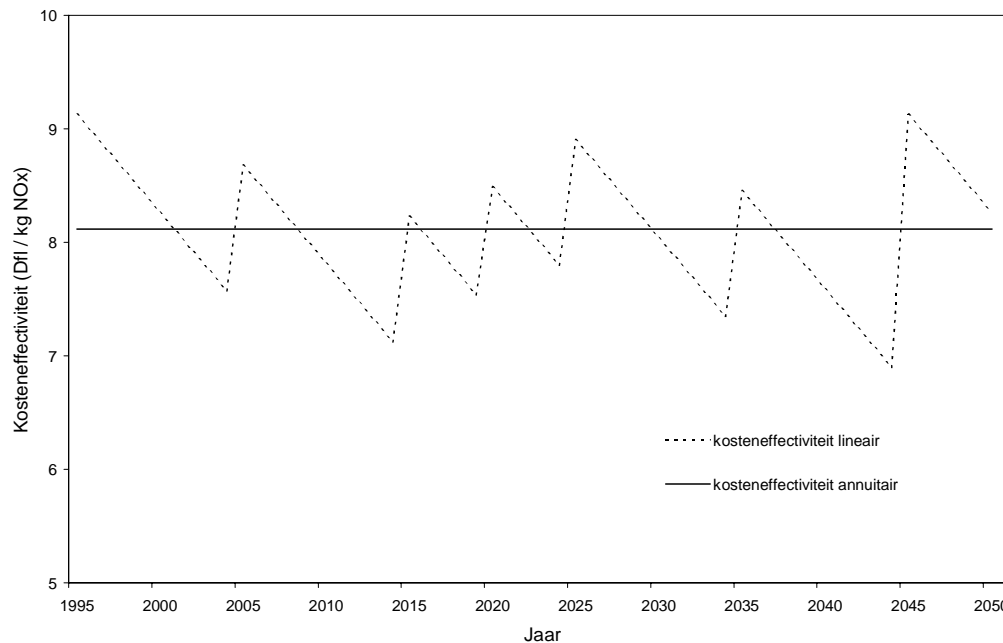
Een verkorte levensduur kan een significante invloed op de kosteneffectiviteit hebben, zeker als de investeringen een aanzienlijk aandeel in de totale kosten voor hun rekening nemen.

#### *Lineaire versus annuïtaire afschrijving en kosteneffectiviteit*

Zoals reeds eerder is vermeld maakt de methodiek milieukosten gebruik van de lineaire afschrijvingsmethode, welke aansluit bij de berekeningswijze van het CBS en het CPB. Bij het berekenen van de kosteneffectiviteit van een maatregel dient echter gebruik gemaakt te worden van een annuïtaire afschrijving (VROM, 1998). Aan de hand van een voorbeeld wordt duidelijk gemaakt waarom voor het bepalen van kosteneffectiviteit de lineaire afschrijvingsmethode niet geschikt is.

Voor de maatregel waarbij de NO<sub>x</sub> emissies bij afvalverbrandingsinstallaties worden gereduceerd zijn de kosten en kosteneffectiviteit op basis van lineaire afschrijving en op basis van een annuïtaire afschrijving doorgerekend. Er is uitgegaan van een investering van 147 miljoen gulden, waarvan 56% voor electromechanische installaties. De afschrijvingstermijn voor de bouwkundige voorzieningen bedraagt 25 jaar en voor de electromechanische installaties 10 jaar waarbij rekening wordt gehouden met een rentepercentage van 5%. De operationele kosten bedragen jaarlijks 10,5 miljoen gulden en jaarlijks wordt 3,4 kton NO<sub>x</sub> gereduceerd (Vos et al., 1996). Verder wordt aangenomen dat na de levensduur wordt

geherinvesteerd tegen dezelfde voorwaarden en het aanbod van te verbranden afval in de gehele periode constant is.



*Figuur 10. De kosteneffectiviteit van NOx reductie van afvalverbrandingsinstallaties voor de periode 1995-2050, bij lineaire en annuïtaire afschrijving.*

In Figuur 10 is te zien dat bij een lineaire afschrijving de kosteneffectiviteit geen constante waarde kent in de tijd, maar fluctueert tussen de circa 9 en 7 gulden per gereduceerde kg NO<sub>x</sub>. De relatieve fluctuatie ter grootte van zo'n 15% ten opzichte van het gemiddelde wordt groter als het geïnvesteerde bedrag hoger ligt ten opzichte van de operationele kosten en zal te verwaarlozen zijn als de investering ten opzichte van de operationele kosten relatief laag is. Een lineaire afschrijving van de investeringen is dan ook niet geschikt voor het vergelijken van milieumaatregelen op hun kosteneffectiviteit, aangezien afhankelijk van het zichtjaar de kosteneffectiviteit van een maatregel verschilt. Bij de annuïtaire afschrijving is wel sprake van een constante kosteneffectiviteit: in dit geval jaarlijks ruim 8 Dfl/kg NO<sub>x</sub>.

#### *Toerekening van de kosten aan meerdere stoffen en aspecten*

Sommige milieumaatregelen hebben niet alleen effect op de emissies van de doelstof waarvoor de maatregel in eerste instantie genomen wordt. Ze kunnen ook effecten hebben op andere emissies of kunnen andere voordelen met zich meebrengen. Beide gevallen worden hieronder verder uitgewerkt.

Een milieumaatregel kan effect hebben op meer dan één stof die wordt geëmitteerd. Er zijn in principe drie methodes om de kosten over de verschillende stoffen of thema's te verdelen:

1. De kosten van een maatregel worden in het algemeen toegerekend aan die stof (de doelstof) of thema (doelthema) waarvoor de maatregel primair wordt genomen.
2. Daarnaast is het mogelijk om de kosten van alle maatregelen geheel aan de stof toe te rekenen waarvoor men een overzicht van de kosteneffectiviteit wil hebben. Hiermee wordt bereikt dat per stof een totaal overzicht van de te maken kosten wordt gegeven.

3. Tot slot kan er ook een verdeling van de kosten worden gemaakt over de stoffen waarop de maatregel een effect heeft. Dit is met name van belang wanneer een integrale analyse gewenst is, maar tot nu toe niet is het niet mogelijk om over thema's heen de kosten te verdelen; het ontbreekt hier nog aan een betrouwbare methode om dit verantwoord te kunnen doen.

Voor welke methode wordt gekozen is afhankelijk van het doel van de analyse.

Om te illustreren wat het effect van een andere verdeling van de kosten van een maatregel over één of meerdere doelstoffen kan zijn is voor drie verschillende maatregelen voor verkeer en vervoer is een kosteneffectiviteitsberekening gemaakt. Daarbij zijn de kosten op verschillende wijzen verdeeld over de twee doelstoffen: fijn stof emissies (PM10) en NO<sub>x</sub> emissies. In Tabel 4 is te zien dat afhankelijk van de verschillende toerekening van de kosten aan de diverse doelstoffen de kosteneffectiviteit van dezelfde maatregel sterk kan verschillen.

*Tabel 4 De kosteneffectiviteit voor drie maatregelen gericht op de reductie van NO<sub>x</sub>, waarbij 30%, 50% en 100% van de kosten aan NO<sub>x</sub> wordt toegerekend.*

	Kosteneffectiviteit bij volledige toerekening kosten aan NO <sub>x</sub> (Dfl/kg)		Kosteneffectiviteit NO <sub>x</sub> (50% NO <sub>x</sub> en 50% PM10) (Dfl/kg)		Kosteneffectiviteit NO <sub>x</sub> (30% NO <sub>x</sub> en 70% PM10) (Dfl/kg)	
	NO <sub>x</sub>	PM10	NO <sub>x</sub>	PM10	NO <sub>x</sub>	PM10
Euro 4 emissienormering vrachtwagens	8	0	4	79	3	111
Euro 3 personenauto's diesel	14	0	7	23	4	33
Euro 4 personenauto's diesel	18	0	9	112	5	157

Bij de bepaling welke maatregel het meest kosteneffectief is, is het essentieel of en hoe de kosten over de diverse doelstoffen verdeeld worden. Welke verdeling aangehouden moet worden is sterk afhankelijk van het doel waarvoor de kosteneffectiviteit van de maatregelen wordt gebruikt. Sommige milieumaatregelen hebben ook een positieve invloed op andere aspecten als bijvoorbeeld comfort. Afhankelijk van het gewicht wat aan deze winsten wordt toegerekend, kunnen de milieukosten per gereduceerde emissie (aanzienlijk) lager uitvallen dan de kosteneffectiviteit die standaard wordt berekend.

#### *Afhankelijkheid van maatregelen*

In paragraaf 3.1 is reeds aangegeven dat milieumaatregelen die tegelijk naast elkaar worden uitgevoerd kunnen elkaar beïnvloeden wat betreft hun effecten. Er wordt in dit rapport uitgegaan dat het effect van een interactie tussen maatregelen voornamelijk emissie-effecten betreft. Het effect van een interactie tussen twee maatregelen kan worden weergegeven door de effecten van een separate maatregelen te vermenigvuldigen met een factor, een z.g. kortingspercentage<sup>13</sup>. Voor een set maatregelen kan de grootte van de interactie vastgesteld worden met twee berekeningsmethoden:

<sup>13</sup> De vermenigvuldigingsfactor wordt kortingspercentage genoemd omdat het totale effect van tegelijk naast elkaar werkende maatregelen kleiner is zijn dan de som van de effecten van de separate maatregelen.



1. Er wordt uitgegaan van één kortingspercentage per cluster maatregelen die met elkaar interacteren. Als clusters van maatregelen onderling niet interacteren, kan per cluster het kortingspercentage verschillen. Dit noemen we een *cluster-generiek kortingspercentage*. Een voordeel voor deze methode is dat als de maatregelen tegelijkertijd naast elkaar werkzaam zijn, het ook niet redelijk is om bij het bepalen van de kosteneffectiviteit de volgorde van invoering mee te tellen. Het ligt voor de hand deze methode te gebruiken als het beleid een emissienorm stelt die gehaald wordt door een tweetal maatregelen tegelijkertijd te nemen.
2. Het is mogelijk dat met methode 1) er een verkeerd of onvolledig beeld wordt gegeven omdat bijvoorbeeld maatregel X het eerst is ingevoerd en veel later maatregel Y. In dat geval is het logisch met een kortingspercentage te werken die afhankelijk is van bijvoorbeeld de volgorde waarin de maatregelen zijn of worden ingevoerd. Het kortingspercentage kan per maatregel verschillen. Dit noemen we een *maatregel-specifiek kortingspercentage*. Het ligt voor de hand deze methode te gebruiken als het beleid na een eerste emissienorm een tweede (strengere) emissienorm stelt waardoor een tweede maatregel noodzakelijk wordt.

Omdat de interacties per maatregelenpakket en per steekjaar kunnen variëren, moet voor ieder door te rekenen maatregelenpakket de afhankelijkheid per steekjaar opnieuw vastgesteld. Bij de weergaven van de resultaten in de vorm van een kosteneffectiviteitscurve kan gekozen worden voor twee curven in één figuur. Eén lijn laat de kosten effectiviteit van de afzonderlijke maatregelen zien, in oplopende kosteneffectiviteit zonder interacties tussen de maatregelen. De tweede lijn toont de kosteneffectiviteitscurve waarin rekening is gehouden met interacties, uitsluiting en de volgtijdelijkheid van de maatregelen.

Voor de set maatregelen waarvan de resultaten in paragraaf 5.2 zijn besproken zijn interacties ingeschat. Bij doorrekening van de set maatregelen voor verzuring en NO<sub>x</sub> emissies blijkt dat afhankelijkheid van maatregelen voor deze set van ondergeschikt belang is (< 1%).

#### *Indirecte - en maatschappelijke kosten en baten*

Naast de directe kosten berekend volgens de standaard methodiek milieukosten (VROM, 1998), kunnen ook indirecte kosten een belangrijke rol spelen bij de beslissing of een milieumaatregel wel of niet moet worden ingevoerd. Vooral bij volumemaatregelen spelen deze indirecte kosten naar verwachting een belangrijke rol (van Wee, 1999).

Een voorbeeld van een (volume) maatregel die naast directe kosten en baten ook maatschappelijke- en indirecte kosten en baten met zich meebrengt is een verlaging van de maximum snelheid op de autosnelwegen met als doel de CO<sub>2</sub> emissies te reduceren. Door zo'n snelheidsverlaging kan een verlies aan reistijd ontstaan. Indien dit reistijdverlies wordt gemonetariseerd en mee wordt genomen in de milieukosten, wordt de kosteneffectiviteit van deze maatregel sterk beïnvloed. Naast reistijdverlies kunnen ook andere maatschappelijke baten ontstaan (minder ongevallen, minder ziekenhuisopnames en minder geluidsbelasting), welke eveneens gemonetariseerd en in de kosteneffectiviteit versleuteld kunnen worden.

Hoe minder kosten gemonetariseerd worden, hoe minder goed maatregelen die indirecte kosten met zich meebrengen (volumemaatregelen) op basis van kosteneffectiviteit vergeleken kunnen worden met maatregelen die vrijwel geen indirecte kosten met zich meebrengen (technische end-of-pipe maatregelen). Het is echter niet altijd eenvoudig de indirecte effecten te kwantificeren (van Wee, 1999). In hoeverre indirecte kosten en baten in de toekomst

meegenomen kunnen worden in of naast de huidige kosteneffectiviteitsberekeningen, hangt overigens nauw samen met de acceptatie van de wijze van monetarisering van deze kosten en baten.

*Kosteneffectiviteit en prijsveranderingen van een maatregel*

De kosteneffectiviteit van een te nemen (technische) milieumaatregel kan veranderen in de loop van de tijd. De Vries (1999) heeft voor een aantal cases onderzocht wat de invloed van technologische ontwikkeling is op het verloop van de milieukosten. Voor alle onderzochte maatregelen zijn afnemende eenheidskosten gevonden naarmate de techniek zich langer op de markt bevindt.

Het kan dus zijn dat een milieumaatregel die van een nieuwe techniek gebruik maakt in eerste instantie weinig kosteneffectief is. Zeker in vergelijking met een aantal andere maatregelen die gebruik maken van uitontwikkelde technieken. Diezelfde maatregel kan enkele jaren later veel kosteneffectiever zijn geworden ten opzichte van de andere maatregelen. Een voorbeeld van een stijgende kosteneffectiviteit is de maatregel 'katalysatoren personenauto's benzine'. De geregelde driewegkatalysator is tussen de introductie (ongeveer 1993) en 1996 bijna gehalveerd (Dings, 1996). De nu berekende waarde voor de kosteneffectiviteit komt op een kleine 12 Dfl/kg NOx reductie die bij de introductie zo'n 3 jaar eerder ongeveer het dubbele was.

De volgorde van de maatregelen, gesorteerd op hun kosteneffectiviteit, kan in de loop van de tijd geheel veranderen. Zeker indien de maatregelen waarvan de achterliggende technieken net op de markt zijn gebracht in dezelfde lijst voorkomen met maatregelen die al langer worden toegepast. Recente gegevens zijn daarom essentieel om maatregelen goed met elkaar te kunnen vergelijken op basis van kosteneffectiviteit.

## 6. Discussie

Hieronder worden de beperkingen van de voorgestelde methode besproken en het belang van de onzekerheden in de basisdata en resultaten.

### *Beperkingen van de voorgestelde methode*

De in dit rapport voorgestelde methode om de kosteneffectiviteit van milieumaatregelen te berekenen is gebaseerd op een beperkte kostendefinitie welke is afgeleid van de standaard methodiek milieukosten (VROM, 1998). Deze definitie omvat geen indirecte kosten en baten, waardoor de kosteneffectiviteit alléén niet altijd een volledig beeld geeft van de wenselijkheid van de maatregel. Met name voor volume maatregelen is dit het geval. Bij het gebruik van een bredere kostendefinitie wordt het belang van de kosteneffectiviteit bij het nemen van beleidsbeslissingen groter.

Daar waar volume- en gedragsmaatregelen met technische maatregelen op basis van kosteneffectiviteit met elkaar worden vergeleken is het belangrijk om alle relevante kosten en baten in kaart te brengen. Het is echter nog de vraag of al deze aspecten ook in een bredere kostendefinitie kunnen en moeten worden geïncorporeerd, of dat naast de beperkte definitie van kosteneffectiviteit andere relevante informatie separaat moet worden gerapporteerd. Het doel van kosteneffectiviteit is immers het ondersteunen van het beleid bij de keuze van de diverse mogelijk te nemen maatregelen. Kosteneffectiviteit is bij deze keuze slechts één van de criteria die hierbij een rol speelt.

### *Onzekerheden in de basisdata en resultaten*

Tussen de voor het berekenen van de kosteneffectiviteit gebruikte effecten en kosten voor toekomstige maatregelen en de daadwerkelijke effecten en kosten kunnen aanzienlijke verschillen zitten als gevolg van een verkeerde inschatting van de in de toekomst te maken kosten en de mate van inzet en effectiviteit van een bepaalde maatregel. Vooral voor toekomstige volumemaatregelen en op het gedrag gerichte maatregelen kunnen de onzekerheden in effecten en kosten groot zijn. Prijsveranderingen van toe te passen technieken spelen eveneens een belangrijke rol bij de uiteindelijke gerealiseerde kosteneffectiviteit. Door dit soort onzekerheden kan de kosteneffectiviteit van een milieumaatregel veelal alleen met een relatief grote onzekerheidsmarge worden gegeven. Echter, in de meeste gevallen is de exacte grootte van de fout niet aan te geven.

Opgemerkt wordt dat uit de in dit rapport gemaakte analyses van het maatregelenpakket overigens geen beleidsconclusies getrokken kunnen worden, aangezien het doorgerekende maatregelenpakket incompleet is.

## 7. Conclusies

De in dit rapport besproken methode om de kosteneffectiviteit van milieumaatregelen te bepalen en het ontwikkelde rekenmodel zijn bruikbaar voor het vaststellen van de kosteneffectiviteit van milieumaatregelen die gericht zijn op verzurende emissies voor verschillende steekjaren in de toekomst. De met het rekenmodel berekende kosteneffectiviteiten van verschillende maatregelen zijn vergelijkbaar omdat op eenduidige wijze omgegaan wordt met rente van investeringen, kostenpeil en de berekeningsmethode voor de interacties tussen maatregelen.

De basisgegevens van de milieumaatregelen kunnen met het rekenmodel eenvoudig verwerkt worden tot twee soorten kosteneffectiviteitscurves voor de steekjaren. De standaard kosteneffectiviteitscurve geeft een goed overzicht tegen welke kosten hoeveel reductie bereikt kan worden. De marginale kosteneffectiviteitscurve is met name interessant voor het bepalen van de afkapgrens van maatregelen. Met behulp van deze marginale curve kunnen eenvoudig alle maatregelen die minder kosten dan een bepaald bedrag per eenheid vermeden emissie worden afgeleid. Daarnaast zijn er snel diverse doorsneden te maken van maatregelsets (doelgroep, steekjaar, doelstof, doelthema, wel / geen meeliftende maatregelen).

Uit de berekeningen met de geanalyseerde set maatregelen voor verzuring, PM10 en VOS blijkt dat:

- De in dit pakket opgenomen maatregelen leiden in 2020 tot een emissiereductie van circa 9 miljard extra zuurequivalenten ten opzichte van 1995. De gemiddelde kosteneffectiviteit van deze emissiereductie bedraagt zo'n 450 gulden per 1000 zuurequivalenten.
- De doelgroep verkeer neemt ongeveer de helft van deze reductie voor zijn rekening tegen gemiddeld de hoogste kosten (ruim 700 gulden per 1000 zuurequivalenten). Door de maatregelen bij verkeer worden naast verzurende emissies echter ook VOS, fijn stof en koolmonoxide gereduceerd.
- Door de doelgroep industrie wordt in 2020 een kwart van de totale emissiereductie gerealiseerd tegen gemiddeld de laagste kosten (ruim 100 gulden per 1000 zuurequivalenten). Het betreft met name maatregelen als low-NO<sub>x</sub> en ultra low-NO<sub>x</sub> branders en SCR-technieken.
- Tegen een gemiddeld bedrag van ruim 200 gulden per 1000 zuurequivalenten kan bij de doelgroep landbouw in 2020 een emissiereductie van circa 1,4 miljard zuurequivalenten worden gerealiseerd. Het effect wordt met name gerealiseerd door het bouwen van emissie-arme stallen. Momenteel wordt nog gewerkt aan de regelgeving met betrekking tot deze stallen.
- De eerste tonnen reductie voor NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, en de eerste hoeveelheid zuurequivalenten zijn in 2020 goedkoper te bereiken dan in 1995.
- De gemiddelde kosteneffectiviteit van de maatregelen in 2020 voor de doelgroep Verkeer en vervoer is het hoogst, gevolgd door de Elektriciteitscentrales, Landbouw en Industrie. De kosteneffectiviteit van maatregelen die door de andere doelgroepen genomen kunnen worden, bevindt zich tussen het niveau van Landbouw en Verkeer en vervoer in, maar neemt gezamenlijk minder dan 10% van de emissiereductie voor haar rekening.
- Maatregelen waarvan het effect meelift met de doelstof (meelifters) kunnen een aanzienlijk deel van de totale emissiereductie voor hun rekening nemen. Zo wordt bij PM10 ongeveer 40% van de totale reductie van PM10 veroorzaakt door mee te liften met maatregelen die gericht zijn op andere doelstoffen. Voor de reductie van PM10 moeten

dus meer kosten worden gemaakt, dan uitsluitend de maatregelen die zich expliciet richten op PM10.

Conclusies van de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses op de dataset of onderdelen daarvan betreffen:

- Een halvering of verdubbeling van het gehanteerde rentepercentage leidt wel tot een significante daling of stijging van de totale cumulatieve kosten (circa 17%) in de kosteneffectiviteitscurve voor NO<sub>x</sub>, maar nauwelijks tot verschuiving in de volgorde van de maatregelen op de curve.
- Bij de bepaling welke maatregel het meest kosteneffectief is, is het essentieel of en hoe de kosten over de diverse doelstoffen verdeeld worden. Welke verdeling aangehouden moet worden is sterk afhankelijk van het doel waarvoor de kosteneffectiviteitsanalyse van de maatregelen wordt gebruikt.
- Een verdubbeling van de levensduur voor de onderzochte set NO<sub>x</sub> maatregelen heeft tot gevolg dat de waarde voor de kosteneffectiviteit met gemiddeld zo'n 60% stijgt.
- Interacties tussen maatregelen, waardoor het gezamenlijke effect van maatregelen kleiner is dan de som van de afzonderlijke effecten, spelen bij de doorgerekende maatregelenset nauwelijks een rol (<1%).
- Vergelijken van volumemaatregelen met technische maatregelen op basis van de directe kosten heeft slechts beperkte waarde, omdat met name bij volumemaatregelen de indirecte kosten (zoals verlies aan werkgelegenheid en reistijd) en baten in hogere mate bepalend zijn dan bij technische maatregelen.
- Voor een goede vergelijking van onderlinge maatregelen over de lange termijn op basis van kosteneffectiviteit, dient rekening te worden gehouden met mogelijke kostendalingen als gevolg van toenemende schaalgrootte en leereffecten.

## Literatuur

CBS (1999). Voorburg / Heerlen. *Conjunctuurbericht*, www.cbs.nl.

CBS (t/m 1999). Voorburg / Heerlen. *Milieukosten van de landbouw*, (diverse jaren).  
Kwartalbericht Milieu 90/2, 92/3, 94/1, 96/3, 99/1.

Dings, J.M.W. (1996). *Kosten en milieu-effecten van technische maatregelen in het verkeer*.  
Delft, Centrum voor energiebesparing en schone technologie

Dings, J.M.W. , P. Janse, 1997, *Schone brandstof in schone auto's, de lucht in Europa klaar  
op; over het auto/olieprogramma*, Delft, Centrum voor energiebesparing en schone  
technologie

CONCAWE, review april 1998

ECN/RIVM (1998) *Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen. Inventarisatie  
in het kader van de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid*. Energie-onderzoeks Centrum  
Nederland en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne. ECN-C—  
98-082, Petten.

Dellink, R. en F. van der Woerd (1997). *Kosteneffectiviteit van milieuthema's*. Instituut voor  
milieuvraagstukken, Vrije Universiteit. Amsterdam.

Feimann, P. (2000). *Achtergronddocument V&V MB99 / MV5 (in voorbereiding)*. RIVM,  
Bilthoven.

Van Gerwen, O.J., K. Wieringa (1995) *Het rendement van het nationale milieubeleid* in J.J.  
Bouma, J.M.D. Koster, H.R.J. Volleberg (eds) *Milieurendement in theorie en praktijk*.  
Samson Tjeenk Willink, Alphen aan den Rijn.

Hoek, K.W. van der (1994). *Berekeningsmethodiek ammoniakemissie in Nederland  
voor de jaren 1990, 1991 en 1992*. RIVM, Bilthoven, Rapportnr 773004003.

Prins, H., G.C. van Eck, D.A. Oudendag, H. Westhoek. (1997). *Kosten van emissiereductie in  
het EC-scenario. Aanvullende bedrijfsmaatregelen om de hoeveelheid stikstof, fosfaat  
en ammoniak te verminderen*. LEI-DLO, IKC-Landbouw.

Projectgroep AMvB Huisvesting (1997). *Voorstellen voor normstelling AMvB  
huisvesting*, concept projectgroep AMvB huisvesting dd 2 juni 1997.

Projectgroep AMvB Huisvesting (1999). *Briefnotitie actualisering normstelling AmvB  
huisvesting veehouderij*, dd 19 febr. 1999 van projectgroep AMvB Huisvesting aan  
directeurenoverleg DWL/LB.

RIVM (1997) *Achtergronden bij: Nationale Milieuverkenning 4 1997-2020..* Samson H.D.  
Tjeenk Willink, Alphen aan den Rijn.

- RIVM (1998) *Milieurendement van het NMP-3. Aanvulling op de Nationale Milieuverkenning 4*. RIVM, Bilthoven, Rapportnr 408129004.
- Thomas, R., J.A.H.W. Peters, C.P. Peek, J.A. Montfoort, R.F.J.M. Engelen, A.H. Hanemaaijer (1998). *Milieukosten en effecten van maatregelen in de Industrie*. conceptrapport (versie 6) 18-12-98 RIVM, Bilthoven.
- Vos, R.M.H., J.C. Boudri en H.J. Middelkamp(1996). *DeNOx meetprogramma bij afvalverbranding. Diverse AVI's*. KEMA bv. Milieutechnologie, Arnhem.
- Vries, G.J. de (1999). *Milieukosten en technologieontwikkeling. Analyse van technologische ontwikkeling op de kosten van technische milieumaatregelen*. Landbouwniversiteit Wageningen.
- Vringer, K., J. Potting en K. Blok (1993). *Energie-intensiteiten van de Nederlandse huishoudelijke inboedel*. Natuurwetenschap en Samenleving, Universiteit van Utrecht.
- VROM (1996) Brief van minister van VROM aan de tweede kamer plus ambtelijke notitie "Milieurendement/kosteneffectiviteit: begripsbepaling en toepassing." Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, DGM SP, Den Haag.
- VROM (1998) *Kosten en baten in het milieubeleid, definities en berekeningsmethoden*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Publicatiereeks Milieubeheer, nr.1998/6. Zoetermeer.
- Wee, B. van, P. Feimann, A. Hanemaaijer (1999) *Het prijskaartje van milieumaatregelen voor verkeer. Discussiestuk over kosten en kosteneffectiviteit van verkeersmaatregelen in CVS Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, Delft.

## Bijlage A Verzendlijst

1. VROM, DGM, directeur Strategie en Planvorming, mr. ing. J.H. Enter
2. VROM, DGM, Strategie en Planvorming, drs. K.J. Moning
3. VROM, DGM, Strategie en Planvorming, drs. R.A. Versfeld
4. VROM, DGM, Strategie en Planvorming, drs. C.H.T. Vijverberg
5. VROM, DGM, Bestuurszaken, mw. drs. P.J.C. van Duijse
6. VROM, DGM, Lucht en Energie, ing. L. de Jonge
7. VROM, DGM, Lucht en Energie, drs. C.J. Sliggers
8. VROM, DGM, Lucht en Energie, ing. C.M. Moons
9. VROM, DGM, Lucht en Energie, drs. B.C.W. van Engelenburg
  
10. Ministerie van Economische Zaken, drs. J.K. Hensems
11. Ministerie van Economische Zaken, drs. I. Demandt
12. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, drs. C.J.W. Hiddink
13. Provincie Zuid-Holland, drs. E. de Haan
14. Provincie Limburg, dr. P. Levels
15. Universiteit Utrecht, prof. dr. K. Blok
16. ECOFYS, Utrecht, dr. J. de Beer
17. ECOFYS, Utrecht, mw. ir. M.G.W. Harmelink
18. Landbouw Universiteit Wageningen, prof. dr. E.C. van Ierland
19. Landbouw Universiteit Wageningen, drs. R.B. Dellink
20. IVM, Amsterdam, drs. K.F. van der Woerd
21. IVM, Amsterdam, dr. W. Lise
22. Witteveen en Bos, Den Haag, mw. dr. E.C.M. Ruijgrok
23. WMU, Utrecht, mw. J.P.J. Jansen
24. TME, Den Haag, drs. J. Jantzen
25. CPB, Den Haag, drs. M.W.A.M. Vromans
26. CBS, Voorburg, drs. E.J. Dietz
27. ECN, Petten, ir. P. Boonekamp
28. RIZA, Lelystad, mw. drs. J. Bouma
29. RIZA, Lelystad, drs. L. Breedveld
30. RIZA, Lelystad, drs. F.H. Wagemaker
31. CEA, Rotterdam, drs. A.D. Postma
32. CEA, Rotterdam, drs. T. Schmidt
  
33. Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie
34. Directeur milieu, Prof. dr. N.D. van Egmond
35. Directeur sector 5, Ir. F. Langeweg
36. MNV, drs. R.J.M. Maas
37. MNV, drs. K. Wieringa
38. MNV, drs. O.J. van Gerwen
39. MNV, mw. dr. S. Kruitwagen
40. MNV, ir. R.J. Swart
41. MNV, dr. L.C. Braat
42. MNV, drs. A. de Moor
43. LLO, ir. R.A.W. Albers
44. LLO, drs. J. van Dam
45. LLO, drs. H.C. Eerens



46. LAE, mw. dr. J.A. Hoekstra
47. LAE, dr. T.G. Aalbers
48. LAE, drs. J.A. Annema
49. LAE, drs. W. Blom
50. LAE, ing. H. Booij
51. LAE, dr. L.E.M. Crommentuijn
52. LAE, ing. M.C.A.P. Dirkx
53. LAE, dr. H.P.C. Drissen
54. LAE, mw. ir. P.M. van Egmond
55. LAE, dr. H.E. Elzenga
56. LAE, ir. R.F.J.M. Engelen
57. LAE, mw. drs. P.F.L. Feimann
58. LAE, ir. E. Honig
59. LAE, ir. N.J.P. Hoogervorst
60. LAE, mw. dr. ir. A.M. Idenburg
61. LAE, mw. dr. M.A.J. Kuijpers-Linde
62. LAE, mw. ir. Z.I. van Lohuizen
63. LAE, drs. D. Nagelhout
64. LAE, drs. J.G.J. Olivier
65. LAE, drs. J.A. Oude Lohuis
66. LAE, mw. drs. G.A. Rood
67. LAE, drs. J.P.M. Ros
68. LAE, ing. J. Slootweg
69. LAE, ir. W.L.M. Smeets
70. LAE, ir. J. Spakman
71. LAE, mw. D. Stein Bc
72. LAE, dr. R. Thomas
73. LAE, prof. dr. G.P. van Wee
74. LAE, dr. ir. L.G. Wesselink
75. LAE, drs. R.A. van den Wijngaard
  
76. LAE, drs. K. Vringer
77. LAE, drs. A.H. Hanemaaijer
  
78. SBD/Voorlichting & Public Relations
79. Bureau Rapportenregistratie
80. Bibliotheek RIVM
- 81-100 Bureau Rapportenbeheer
- 101-110 Reserve exemplaren auteurs

## Bijlage B Variabelen in het databestand

In tabel B is een lijst opgenomen met de benodigde variabelen en het gevraagde format van de input (tekst, getal, eenheid of voorgedefinieerde waarde (picklist)) waarmee de kosteneffectiviteit is berekend. Vervolgens is iedere variabele toegelicht.

*Tabel B Benodigde variabelen per milieumaatregel*

- |     |  |
|-----|--|
| 1.  | Doelgroep (picklist)   |
| 2.  | Code maatregel (cijfer)  |
| 3.  | Naam maatregel (tekst)   |
| 4.  | Soort maatregel (picklist)   |
| 4a. | Omschrijving emissiebron binnen doelgroep (tekst)  |
| 5.  | Basiseenheid (tekst)   |
| 6.  | Basisjaar voor het prijspeil (jaar)  |
| 7.  | Afschrijvingstermijn investering bouwkundig deel (jaar)  |
| 8.  | Afschrijvingstermijn investering elektro-mechanisch deel (jaar)  |
| 9.  | Eenmalige investeringsuitgaven (Dfl / basiseenheid)  |
| 10. | Aandeel el.mechanisch deel (%)   |
| 11. | Operationele kosten (Dfl/basiseenheid per jaar)  |
| 12. | Opbredsten / besparingen (Dfl/basiseenheid per jaar)   |
| 13. | Betaalde overdrachten (Dfl/basiseenheid per jaar)  |
| 14. | Ontvangen overdrachten (Dfl/basiseenheid per jaar)   |
| 15. | Spelen verborgen kosten een belangrijke rol bij het nemen van deze maatregel (J/N)   |
| 16. | Toelichting op de eventuele verborgen kosten (tekst)   |
| 17. | Maatregel primair effect op (CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , VOS, PM10, CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O). |
| 18. | Jaarlijkse emissie reductie CO <sub>2</sub> per basiseenheid (kg)  |
| 19. | Jaarlijkse emissie reductie NO <sub>x</sub> per basiseenheid (kg)  |
| 20. | Jaarlijkse emissie reductie SO <sub>2</sub> per basiseenheid (kg)  |
| 21. | Jaarlijkse emissie reductie NH <sub>3</sub> per basiseenheid (kg)  |
| 22. | Jaarlijkse emissie reductie PM10 per basiseenheid (kg)   |
| 23. | Jaarlijkse emissie reductie VOS per basiseenheid (kg)  |
| 24. | Jaarlijkse emissie reductie CH <sub>4</sub> per basiseenheid (kg)  |
| 25. | Jaarlijkse emissie reductie N <sub>2</sub> O per basiseenheid (kg)   |
| 26. | Jaarlijkse emissie reductie primair energieverbruik per basiseenheid (GJ)  |
| 27. | Emissiewijzigingen andere stoffen en effecten. (tekst)   |
| 28. | Ingangsjaar maatregel (jaar)   |
| 29. | Absoluut aantal basiseenheden in NL in 1995 (cijfer) (voor volumemaatregelen : penetratiegraad in %)   |
| 30. | Aandeel van de basiseenheden waarvoor de maatregel geldt in 1985 (%)   |
| 31. | Aandeel van de basiseenheden waarvoor de maatregel geldt in 1990 (%)   |
| 32. | Aandeel van de basiseenheden waarvoor de maatregel geldt in 1995 (%)   |
| 33. | Aandeel van de basiseenheden waarvoor de maatregel geldt in 2000 (%)   |
| 34. | Aandeel van de basiseenheden waarvoor de maatregel geldt in 2010 (%)   |
| 35. | Aandeel van de basiseenheden waarvoor de maatregel geldt in 2020 (%)   |
| 36. | Is de penetratiegraad scenario afhankelijk? (J/N)  |
| 37. | Groeireeks (picklist)  |
| 38. | Status maatregel (picklist)  |
| 39. | Interacties Afhankelijkheid maatregel van anderen (picklist)   |
| 40. | Nadere specificaties afhankelijkheid maatregel (tekst)   |
| 41. | Referenties (tekst.)   |
| 42. | Datum oorspronkelijke berekening (dd-mm-yy)  |
| 43. | Toelichting (tekst)  |
| 44. | Naam invuller en datum (tekst)   |

Toelichting op de variabelen in tabel B.

1. De 3-letterige afkorting in hoofdletters van de (RIVM-)doelgroep die verantwoordelijk is voor de gegevens van de betreffende maatregel. Voor energie-maatregelen die door de doelgroep energie worden aangeleverd maar die betrekking hebben op een andere doelgroep wordt de letterige afkorting voorafgegaan door “ENE-”.
2. Een door de doelgroep zelfgekozen codering van de maatregelen
3. Gebruik svp een korte naam
4. Technisch procesgeïntegreerd; De maatregel maakt onderdeel uit van een proces en is onlosmakelijk daarmee verbonden (b.v. zuinigere auto's)  
Technisch end-of-pipe; De maatregel is ‘achter’ een bestaand proces geplaatst. Zonder deze maatregel verandert er niets wezelijks aan het proces (b.v. katalysator auto).  
Volume; Het aantal eenheden / objecten da de emissie veroorzaakt verminderd.  
Organisatorisch; Milieumaatregelen welke geen betrekking hebben op de toepassing van voorzieningen. Organisatorische maatregelen zijn: onderzoek, coördinatie en bedrijfsmilieuzorg.
- 4a Een korte omschrijving van de emissiebron binnen de doelgroep (bijvoorbeeld voor verkeer: goederen en personenverkeer).
5. De eenheid waarvoor de kosten en emissies gelden. De bedoeling is dat de grootste homogene eenheid aangegeven wordt waarop de maatregel van toepassing is en waarvoor de kosten en effecten beschikbaar zijn. Bijvoorbeeld een koe, een auto, een GigaJoule primair energieverbruik, een ton ijzer of een AVI. De basiseenheid wordt in RIM+ ook wel de ‘verklarende variabele’ genoemd. LET OP: Met de term ‘basiseenheid’ wordt uitdrukkelijk NIET de standaard elektriciteits capaciteitsgrootte bedoeld!
6. Het jaar waarop de kosten zijn gebaseerd (prijspeil)
7. Afschrijvingstermijn investering bouwkundige deel van de investering, standaard 25 jaar. Indien de werkelijke (technische) levensduur duidelijk afwijkt mag hiervan worden afgeweken. Voor volumemaatregelen kan in de meeste gevallen worden aangenomen dat de kosten binnen 1 jaar worden gemaakt en afgeschreven.
8. Zie hierboven. De standaard afschrijvingstermijn bedraagt hier echter 10 jaar.
9. Eenmalige investeringsuitgaven (Dfl./basiseenheid) voor de maatregel. Gevraagd worden alle uitgaven, zoals gemaakt door diegene die de maatregel neemt, voor de investering met een langere levensduur dan 1 jaar. De investeringskosten moeten worden gegeven exclusief BTW (echter voor overheid en consumenten inclusief BTW) en inclusief bijkomende kosten als opstartkosten, installatiekosten, notariskosten, bouwrente e.d. (transactiekosten). NB: Andere indirecte kosten worden niet gevraagd. De inkomstenderving van boeren, als gevolg van een volumemaatregel valt onder de milieukosten, zij het met een maximum van 3 jaren.
10. Aandeel in de investerings uitgaven voor het elektromechanische deel (percentage).
11. Jaarlijkse operationele kosten (Dfl./basiseenheid per jaar). Gevraagd wordt naar de jaarlijkse uitgaven die door diegene gemaakt worden die de maatregel neemt, voor o.a. extra personeel, energie, overhead, verzekeringen, voor de te treffen maatregel.
12. Jaarlijkse opbrengsten / besparingen voor diegene die de maatregel neemt, als gevolg van de maatregel (Dfl./basiseenheid). Bijvoorbeeld hogere opbrengsten, lagere verzekeringspremies, minder personeelskosten, lagere energiekosten, lagere heffingen en belastingen (incl. belastingen op milieugrondslag (bijv. REB) en benzine accijnzen). NB: Bestemmingsheffingen met als doel milieukosten die als gevolg van de activiteit elders worden gemaakt te dekken, vallen niet onder deze post. Zie volgende vragen.
13. Overdrachten (bestemmingsheffingen) om, door derden te verrichten, milieudiensten te financieren (Dfl./basiseenheid per jaar). Hieronder vallen o.a. WVO-heffingen,

- reinigings- en rioolheffingen, mestheffing, grondwaterheffing en regionale bestemmingsheffingen. Belastingen op milieugrondslag vallen niet onder 'overdrachten' omdat zij niet gerelateerd zijn aan de kosten die gemaakt worden voor de milieumaatregelen.
14. Subsidies en fiscale voordelen die worden verkregen als gevolg van het uitvoeren van de maatregel (Dfl./basiseenheid per jaar). Hieronder vallen onder andere WVO-subsidies, energiebesparingsubsidies, subsidies voor mestopslag, de VAMIL-regeling, de energie-investerings aftrek regeling.
  15. Verborgene kosten spelen veelal een belangrijke rol bij volumemaatregelen. Denk aan een langere reistijd bij verlaging van de maximum snelheid of een lagere consumptie van consumenten. Direct inkomensverlies valt niet onder deze post (zie vraag 9).
  16. Graag een toelichting over wat voor soort kosten het gaat en zo mogelijk kwantificeren.
  17. Emissie waarop de maatregel primair effect heeft. Het gaat hier om de emissie waarom de maatregel in eerste instantie genomen wordt.
  18. Jaarlijkse emissie reductie CO<sub>2</sub> per basiseenheid (kg). Naast een reductie kan het zijn dat de maatregel leidt tot meer emissies voor een andere stof. Bijvoorbeeld een maatregel die leidt tot CO<sub>2</sub> reductie door het toepassen van Warmte Kracht Koppeling leidt tot meer NO<sub>x</sub> emissies. Omgekeerd leidt een rookgasreiniger tot een hoger energieverbruik en meer CO<sub>2</sub> emissies. Deze 2e-orde effecten dienen meegenomen te worden. Emissies als gevolg van de bouw van de rookgasreiniger worden niet meegenomen. NB: Een toename van de emissie wordt weergegeven met een negatieve waarde.
  19. zie hierboven
  20. Zie hierboven
  21. Zie hierboven
  22. Zie hierboven
  23. Zie hierboven
  24. Zie hierboven
  25. Zie hierboven
  26. Het jaarlijkse bespaarde finale energieverbruik moet worden omgerekend naar het primaire verbruik. De volgende standaard omreken factoren volgens Vringer et al. (1993) moeten worden gebruikt: Elektriciteit: 10,32 MJ/kWh, Aardgas: 31,95 MJ/m<sup>3</sup>, Olie(produkten)= 42,7MJ/kg, 37,5 MJ/liter (huisbrandolie), Kolen=43,3 MJ/kg. (50/50 weging antraciet en cokes)
  27. Emissiewijzigingen niet genoemde stoffen en effecten, waaronder P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en N-bodem. S.v.p. aangeven mate van belangrijkheid en mate van compleetheid van deze gegevens. Indien niet bekend dit graag ook aangeven.
  28. Ingangsjaar maatregel. Voor de te maken berekeningen is nodig te weten wanneer met het invoeren van een maatregel gestart is of wordt.
  29. Absolute aantal basiseenheden in 1995. Om het totale effect van de maatregel voor heel Nederland te bepalen is het nodig eerst het absolute aantal basiseenheden te weten. Voor volumemaatregelen moet de penetratie in % worden gegeven. In RIM+ wordt het totale aantal basiseenheden ook wel de 'procesomvang' genoemd.
  30. Bij de bepaling van het procentuele aandeel van de basiseenheden waarvoor de maatregel geldt in 1985 blijft een eventuele absolute groei of daling van het aantal basiseenheden dus buiten beschouwing. Procenten graag ook als procenten in de spreadsheet intypen.
  31. idem, 1990
  32. idem, 1995
  33. idem, 2000. NB Indien de penetratie scenario-afhankelijk is graag invullen voor het EC scenario.
  34. idem, 2010

35. idem, 2020
36. Is de penetratiegraad scenario afhankelijk? Zo ja, dan zal in een later stadium bij het doorrekenen van andere scenario's naar de bijbehorende penetratiegraden gevraagd worden.
37. Naamgeving van de groeireeks zoals gebruikt is in de MV4 voor het EC scenario. Svp zoveel mogelijk alleen deze voorgedefinieerde groeireeksen gebruiken, met een index waarbij 1995 gelijk is gesteld aan 1. De waarden van de groeireeksen zijn te vinden in de sheet 'basiscijfers'. Deze voorgedefinieerde groeireeksen zijn alle afkomstig uit het EC scenario zoals in RIM+ gedefinieerd. Indien de gewenste groeireeks niet voorkomt svp overleggen zodat deze toegevoegd kan worden.
38. Status maatregel (huidig beleid, aanvullend beleid). Onder huidig beleid vallen alle maatregelen die zijn meegenomen bij de 4<sup>e</sup> Nationale Milieuverkenning volgens het EC scenario, aangevuld met het extra beleid volgens MNP3-beleid en NMP3-internationaal. Naast de maatregelen volgens het huidige beleid mogen ook aanvullende maatregelen worden opgenomen.
39. Afhankelijkheid maatregelen. (Exclusiviteit (maatregel B sluit het nemen van maatregel A uit), Volgtijdelijkheid (maatregel A moet genomen voordat maatregel B genomen kan worden), Interactie (het uitvoeren van maatregel B heeft invloed op de effecten van maatregel A), Combinatie van de afhankelijkheden, Geen interactie.
40. Nadere specificaties van de afhankelijkheid van de maatregel (tekst met o.a. de doelgroep en nummers van de andere afhankelijke maatregelen). De uiteindelijke interactie moet na een volledige inventarisatie van alle maatregelen door de betreffende doelgroep per maatregelenpakket zelf worden vastgesteld.
41. Het is goed mogelijk dat er meerdere referenties gebruikt zijn voor de gegevens die eerder zijn gevraagd. Graag per (volledige) referentie aangeven voor welke variabelen deze is gebruikt. Indien de variabele is ingevuld op basis van een eigen schatting of berekening (de laatste vermelden in de toelichting) dit ook vermelden. Indien voor het opgeven van de referenties gebruik is gemaakt van de functie *insert, note* dit graag hier vermelden
42. Jaartal oorspronkelijke berekening (Jaar, zie referentie(s)). In deze variabele kan aangegeven worden wanneer de berekening is gemaakt om een beeld te krijgen van de recentheid van de berekeningen.
43. Toelichting (tekst, alle andere gegevens die niet in de bovenstaande variabelen ingevuld kunnen worden en die van belang zijn voor kosteneffectiviteit berekeningen.). Hier kan ook een (deel) berekening gegeven worden die is gemaakt voor een (aantal) variabele(n).
44. Datum en naam van diegene die de maatregel aan het bestand heeft toegevoegd.

## Bijlage C Groeireeksen

In tabel C1 zijn de groeireeksen opgenomen waarmee de berekeningen zijn gemaakt

*Tabel C De groeireeksen voor het European Coordination Scenario.*

	1995	2000	2010	2020
Aantal vliegbewegingen op Schiphol	1.00	1.30	1.89	2.49
Aantal vliegbewegingen overige vliegvelden	1.00	1.00	1.00	1.00
Aantal vrijgekomen pers. Autowrakken	1.00	0.96	0.91	1.27
Aardgasproductie op land (index)	1.00	0.83	0.44	0.19
Aardgasproductie op zee (index)	1.00	0.64	0.24	0.08
Aardolieproductie op land (index)	1.00	0.85	0.60	0.43
Aardolieproductie op zee (index)	1.00	0.51	0.13	0.04
Akkerbouw , areaal excl. snijmais	1.00	0.96	0.90	0.84
Areaal grasland	1.00	0.97	0.92	0.92
Areaal snijmais	1.00	1.02	1.02	1.02
Bestelauto's-voertuigkilometers-benzine	1.00	1.20	1.67	2.12
Bestelauto's-voertuigkilometers-diesel	1.00	1.20	1.67	2.12
Bestelauto's-voertuigkilometers-lpg	1.00	1.20	1.67	2.12
Bestelauto's-voertuigkilometers-totaal	1.00	1.20	1.67	2.12
Binnenvaart-tonkilometers	1.00	1.04	1.11	1.16
Bromfietsen-voertuigkilometers	1.00	1.00	1.00	1.00
Bussen-voertuigkilometers	1.00	1.07	1.20	1.14
Diesel treinen gebruik-index	1.00	1.08	1.27	1.30
Dummy reeks gewicht voor sloop vrij	1.00	1.00	0.96	1.05
Dummy reeks voor wegdekslijtage-bib	1.00	1.13	1.30	1.47
Dummy reeks voor wegdekslijtage-bui	1.00	1.13	1.30	1.48
Duurzame consumptiegoederen (fysiek)	1.00	1.05	1.23	1.46
ECN Bewoonde woningen (MV4)	1.00	1.05	1.13	1.22
ECN Energie gewogen index anorg. Chem.	1.00	1.19	1.46	1.63
ECN Energie gewogen index bouw (MV4)	1.00	1.03	1.11	1.22
ECN Energie gewogen index chemie pr	1.00	1.14	1.43	1.71
ECN Energie gewogen index ferro (MV4)	1.00	0.95	0.92	0.91
ECN Energie gewogen index kunstmest	1.00	1.00	1.00	1.00
ECN Energie gewogen index landbouw	1.00	1.03	1.13	1.24
ECN Energie gewogen index non-ferro	1.00	1.06	0.93	0.75
ECN Energie gewogen index org. chem	1.00	1.18	1.44	1.60
ECN Energie gewogen index ov. Basis	1.00	1.15	1.43	1.70
ECN Energie gewogen index ov. ind.	1.00	1.08	1.23	1.40
ECN Energie gewogen index ov. Metaal	1.00	1.20	1.58	1.95
ECN Energie gewogen index papier (MV4)	1.00	1.18	1.34	1.52
ECN Energie gewogen index textiel (MV4)	1.00	1.16	1.47	1.81
ECN Energie gewogen index voeding (MV4)	1.00	1.10	1.31	1.50
ECN Huishoudens (MV4)	1.00	1.05	1.13	1.20
ECN Inwoners (aantal Nederlanders)	1.00	1.03	1.09	1.15
Electrische treinen-gebruik-index	1.00	1.11	1.45	1.47
Fictieve ontwikkeling hoeveelheid gestort	1.00	0.76	0.37	0.13
Fysiske groei anorganische chemie	1.00	1.11	1.39	1.72
Fysiske groei bouwmaterialen indust	1.00	1.05	1.16	1.28
Fysiske groei cement industrie	1.00	1.05	1.16	1.28
Fysiske groei ferro	1.00	1.10	1.12	1.13

	1995	2000	2010	2020
Fysieke groei ferro, electro-staal	1.00	1.00	1.41	1.99
Fysieke groei ferro, oxy-staal	1.00	1.13	1.10	1.07
Fysieke groei glasindustrie	1.00	1.05	1.16	1.28
Fysieke groei kunstmest fosfor	1.00	0.94	0.83	0.74
Fysieke groei kunstmest stikstof	1.00	0.99	0.97	0.95
Fysieke groei kunstmestchemie	1.00	0.99	0.97	0.95
Fysieke groei non-ferro aluminium	1.00	1.15	1.12	1.09
Fysieke groei non-ferro totaal	1.00	1.21	1.21	1.21
Fysieke groei non-ferro zink	1.00	1.15	1.27	1.41
Fysieke groei non-ferro, overige	1.00	1.15	1.22	1.30
Fysieke groei papier en papierwarenindustrie	1.00	1.15	1.14	1.13
Fysieke groei petrochemie primair	1.00	1.08	1.27	1.49
Fysieke groei petrochemie secundair	1.00	1.25	1.94	3.01
Fysieke groei petrochemie, totaal	1.00	1.10	1.35	1.64
Fysieke groei raffinaderijen	1.00	1.07	1.26	1.21
fysieke prod. stikstof kunstmest (index)	1.00	0.99	0.97	0.95
fysieke prod.bouwmat.ind.	1.00	1.05	1.16	1.28
Getankte hoeveelh. benzine personen	1.00	1.02	1.07	1.14
Glastuinbouw, areaal	1.00	0.96	0.93	0.93
Grondgebruik, industrieterreinen	1.00	1.15	1.44	1.74
HOEVEELHEID AFVAL TANKERCLEANING	1.00	1.06	1.21	1.34
HOEVEELHEID ELEKTR. VAN SEP	1.00	0.96	0.95	1.16
Hoeveelheid kolenreststoffen (index)	1.00	0.71	0.62	0.30
HOEVEELHEID NIEUW GECREOSOTEERD HOUT	1.00	0.81	0.43	0.04
HOEVEELHEID VERBR. ZUIVERINGSSLIB	1.00	1.90	2.45	2.65
Investeringen Utiliteitsbouw (monetair)	1.00	1.17	1.59	2.18
Landbouwareaal (totaal)	1.00	0.97	0.94	0.93
Lengte rail	1.00	1.03	1.08	1.13
Lengte verharde wegen bibeko-index	1.00	0.98	1.04	1.17
Lengte verharde wegen buibeko-index	1.00	1.00	1.02	1.06
M2 HOUT IN DE WATERBOUW	1.00	0.74	0.45	0.15
Melkjongvee	1.00	0.93	0.84	0.79
Melkkoeien	1.00	0.93	0.84	0.79
Melkvee (bde's)	1.00	1.01	0.97	0.97
Mest op grasland	1.00	0.82	0.70	0.58
Mobiele werktuigen-landbouw-inzet-u	1.00	0.92	0.91	0.90
Mobiele werktuigen-overige-inzet-ur	1.00	1.16	1.44	1.78
Motorfietsen-voertuigkilometers	1.00	1.00	1.00	1.00
Nederlandse bevolkingsomvang (index)	1.00	1.03	1.09	1.15
Nieuwverkoop personen- en bestelauto	1.00	1.09	1.22	1.53
Openbare nutsbedrijven	1.00	1.07	1.23	1.28
Opentuinbouw, areaal	1.00	1.05	1.22	1.40
Pa's-ba's-mofi-brfi-svbnz-voertuigk	1.00	1.10	1.25	1.41
PCP-houdende gevelbetimmering-index	1.00	0.83	0.59	0.41
Personenauto's-bezit-totaal	1.00	1.09	1.32	1.54
Personenauto's voertuigkilometers totaal	1.00	1.09	1.21	1.34
Personenauto's voertuigkilometers benzine	1.00	1.03	1.04	1.05
Personenauto's voertuigkilometers diesel	1.00	1.04	1.02	1.20
Personenauto's voertuigkilometers lpg	1.00	1.50	2.38	3.12
PJ aardgas CTE-GN, con	1.00	2.00	7.00	1.00
PJ aardgas in CBP-GN wkk tegendr.turb. + stoomketel industrie	1.00	0.68	0.05	0.13
PJ aardgas in CGD-GN wkk gasturb.+oven/droger bij industrie	1.00	9.00	31.00	40.00
PJ aardgas in CGH-GN wkk gasturb.+fornuis bij industrie	1.00	4.00	10.00	12.00
PJ aardgas in CGT-GN wkk gasturb.+ afgasketel bij industrie	1.00	1.63	2.84	2.76

	1995	2000	2010	2020
PJ aardgas in CSG-GN wkk STEG bij industrie	1.00	1.44	2.57	2.65
PJ aardgas in CTE-GN wkk gasmotor bij industrie	1.00	3.00	8.50	5.50
PJ aardgas in CTE-GN, hdo	1.00	1.00	10.20	10.20
PJ aardgas in CTE-GN, ldb	1.00	1.00	3.00	3.00
PJ aardgas in HET-GN oven/droger	1.00	1.04	1.13	1.14
PJ aardgas in SBO-GN stoomketel industrie	1.00	1.00	1.00	0.98
PJ aardgas in SBS-GN, hdo	1.00	0.99	0.99	0.79
PJ aardgas in SBS-GN, ldb	1.00	1.00	1.04	1.04
PJ aardgas in STEG-centrale	1.00	3.05	5.43	7.62
PJ aardgas PUMPS, ene	1.00	1.65	1.42	1.87
PJ aardgas SHC-GN, con	1.00	1.06	1.00	0.93
PJ biogas in CTE-WX wkk gasmotor bij industrie, ABS	1.00	1.00	1.00	6.00
PJ biogas in CTE-WX, hdo	1.00	1.00	3.00	3.00
PJ chem.restgas in HET-GI oven/droger	1.00	1.11	1.41	1.21
PJ cokesovengas in HET-GC oven/droger	1.00	1.00	1.00	0.00
PJ gas in wkk centrales	1.00	1.96	8.30	9.78
PJ h.o.gas in HET-GB oven/droger	1.00	1.00	1.17	2.08
PJ hoogovengas in conv. Centrale	1.00	1.00	0.95	0.00
PJ input fornuizen, raf	1.00	0.74	0.58	0.78
PJ input gasturbines, raf	1.00	2.35	4.74	5.04
PJ input ketels, raf	1.00	1.28	0.40	0.20
PJ kolen in CO1-cl	1.00	0.62	0.36	0.00
PJ kolen in CO2-cl	1.00	0.84	0.91	1.04
PJ kolen in COG-cl	1.00	1.67	1.83	11.67
PJ kolen in SBO-CL stoomketel industrie	1.00	0.69	0.69	0.00
Pluimvee (bde's)	1.00	0.92	0.87	0.89
Rail-dieselloc's-dummy	1.00	1.20	1.69	1.94
Rail-personen-reizigerskilometers	1.00	1.12	1.37	1.32
Rail-vracht-tonkilometers	1.00	1.01	2.18	2.86
Recreatie-vaartuigen-bezit	1.00	1.00	1.00	1.00
Restpost CO2-methodiek (index)	1.00	1.69	2.43	2.68
Speciale voertuigen-voertuigkm's-to	1.00	1.06	1.14	1.22
Totale delfstoffenwinning energie	1.00	0.76	0.37	0.15
Varkens (bde's)	1.00	1.01	0.95	0.94
Va's-tr's-bu-svdie-voertuigkm-bibek	1.00	1.15	1.50	2.04
Va's-tr's-bu-svdie-voertuigkm-buibe	1.00	1.15	1.50	2.04
Veestapel (bde's)	1.00	1.00	0.97	0.99
Verbrandingscapaciteit AVI's	1.00	1.82	1.93	1.93
Vleesvarkens	1.00	0.97	0.89	0.84
Vleesvee (bde's)	1.00	1.02	1.15	1.33
Voeding / genotmiddelen verbruik (fysiek)	1.00	1.05	1.16	1.23
Volume bruto productie akkerbouw	1.00	1.06	1.13	1.19
Volume bruto productie int. veehouderij	1.00	1.02	1.02	1.09
Volume bruto productie land- en tuinbouw	1.00	1.09	1.26	1.55
Volume bruto productie rundveehouderij	1.00	0.97	1.00	1.05
Volume bruto productie tuinbouw	1.00	1.18	1.57	2.19
Volume-ontwikkeling particuliere consumptie	1.00	1.14	1.49	1.95
Wegvrachtverkeer voertuigkilometers	1.00	1.16	1.55	2.15
Wegvrachtverkeer voertuigkm's trekkers	1.00	1.05	1.50	2.21
Wegvrachtverkeer voertuigkm's vrachtwagens	1.00	1.25	1.58	2.11
Werkgelegenheid andere tertiaire diensten	1.00	1.14	1.43	1.67
Werkgelegenheid bank- en verzekeringen	1.00	1.03	1.08	1.14
Werkgelegenheid communicatiebedrijven	1.00	1.03	1.08	1.14
Werkgelegenheid groot- en detailhandel	1.00	1.07	1.21	1.28



	1995	2000	2010	2020
Werkgelegenheid kwartaire diensten	1.00	1.08	1.25	1.47
Werkgelegenheid overheid	1.00	1.02	1.06	1.11
Werkgelegenheid overig transport –en diensten	1.00	1.07	1.14	1.15
Werkgelegenheid zee- en luchtvaart	1.00	1.03	1.09	1.13
Woningbouw-nieuwbouw-uitbreiding (index)	1.00	0.87	0.87	0.93
Woningbouw-renovatie (index)	1.00	1.05	1.16	1.28
Woningbouw-sloop (index)	1.00	2.46	2.46	2.69
Woningvoorraad, totaal (index)	1.00	1.06	1.14	1.22
Zeescheepvaart-tonkilometers	1.00	1.08	1.33	1.52
Zeevaart-overslag in tonnen, haven	1.00	1.10	1.40	1.68
Zeugen	1.00	0.98	0.91	0.88

## Bijlage D Set maatregelen

In tabel D is de volledige lijst maatregelen opgenomen die voor de berekening van de resultaten in hoofdstuk 5 zijn gebruikt.

Nummer	Doelgroep <sup>14</sup>	Naam maatregel	Type maatregel	Doel stof	Ingangs jaar
1	VEV	katalysatoren personenauto's benzine	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	1986
2	VEV	euro 3 personenauto's benzine	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	2000
3	VEV	euro4 personenauto's benzine	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	2005
4	VEV	euro 3 personenauto's diesel	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	2000
5	VEV	euro4 personenauto's diesel	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	2005
6	VEV	euro4 emissienormering vrachtwagens	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	2005
7	VEV	euro 5 emissienormering vrachtwagens	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	2010
8	VEV	Verlaging zwavelgehalte gasolie zeescheepvaart	Technisch, proces geïntegreerd	SO2	2008
9	VEV	Verlaging zwavelgehalte gasolie binnenvaart	Technisch, proces geïntegreerd	SO2	2008
10	VEV	Verlaging zwavelgehalte stookolie zeescheepvaart	Technisch, proces geïntegreerd	SO2	2003
11	VEV	euro1 emissienormering binnenvaart	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	2003
12	VEV	verlaging snelheidslimiet naar 100km/u	Volume	CO2	2000
13	VEV	2005-eisen voor brandstoffen wegverkeer diesel	Technisch, proces geïntegreerd	SO2	2005
14	VEV	2005-eisen voor brandstoffen wegverkeer benzine	Technisch, proces geïntegreerd	SO2	2005
15	ENE-IND	SCR bij HET-GN oven/droger op aardgas	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
16	ENE-IND	SCR bij procesemissies bouwmat.industrie	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
17	ENE-IND	SCR bij HET-GI oven/droger op chem.restgas	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
18	ENE-IND	SCR bij HET-GC oven/droger op cokesovengas	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
19	ENE-IND	SCR bij HET-GB oven/droger op h.o.gas	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
20	ENE-IND	SCR bij SBO-GN stoomketel op aardgas-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
21	ENE-IND	SCR bij SBO-CL stoomketel op kolen-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
22	ENE-IND	SCR bij CTE-WX wkk gasmotor (biogas)-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	1995
23	ENE-IND	SCR bij CTE-GN wkk gasmotor (aardgas)-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	1995
24	ENE-IND	SCR bij CSG-GN wkk STEG (aardgas)-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	1995
25	ENE-IND	SCR bij CGT-GN wkk gasturb.+afgasketel (aardgas)-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	1995

<sup>14</sup> VEV = Verkeer en vervoer, ENE = elektriciteitscentrales, ENE-xxx = Verbrandingsemissies voor de doelgroep die genoemd staat onder 'xxx', IND = Industrie, RAF = Raffinaderijen, LDB = Landbouw, AFV = Afval, CON = Consumenten, HDO = handel, diensten en Overheid,

Nummer	Doelgroep <sup>14</sup>	Naam maatregel	Type maatregel	Doel stof	Ingangs jaar
26	ENE-IND	SCR bij CGH-GN wkk gasturb.+fornuis (aardgas)-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	1995
27	ENE-IND	SCR bij CGD-GN wkk gasturb.+oven/droger(aardgas)-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	1995
28	ENE-IND	ULN bij CBP-GN tegendrukturb.+ stoomketels-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	1995
29	ENE-IND	3-weg kat. bij CTE-GN wkk gasmotor (aardgas)-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	1995
30	ENE-IND	3-weg kat. bij CTE-WX wkk gasmotor (biogas)-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	1995
31	ENE-IND	ULN bij SBO-CL stoomketel op kolen-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
32	ENE-IND	ULN bij SBO-GN stoomketel op aardgas-ind	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
33	ENE-IND	ULN bij HET-GB oven/droger op h.o.gas	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
34	ENE-IND	ULN bij HET-GC oven/droger op cokesovengas	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
35	ENE-IND	ULN bij HET-GI oven/droger op chem.restgas	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
36	ENE-IND	ULN bij HET-GN oven/droger op aardgas	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
37	IND	Stoominjectie en getrapst stoken DSM Geleen	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	1990
38	IND	Lage NOx-emissie energieopwekking chemie	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	1985
39	IND	DSM Geleen: Nitrietfabriek; bedrijfsvoering aanpassen	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	1985
40	IND	Rookgasreiniging, kalkinjectie Rockwool na na	Technisch, end-of-pipe	SO2	1992
41	IND	Lagere NOx-emissie energieopwekking chemie	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	1985
42	IND	Incinerator; AKZO Delfzijl	Technisch, end-of-pipe	VOS	1988
43	IND	DSM Geleen: Low-NOx bij energiecentrale	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	1985
44	IND	DSM Geleen: Caprolactam; hyam systeem	Technisch, proces geïntegreerd	SO2	1986
45	IND	DSM Geleen: SCR bij Caprolactamfabriek	Technisch, end-of-pipe	NOx	1989
46	IND	DSM Geleen: Salpeterzuurfabr 4; SCR	Technisch, end-of-pipe	NOx	1987
47	IND	DSM Geleen: Fosfaatontsluiting; ureumdosering	Technisch, end-of-pipe	NOx	1988
48	IND	DSM Geleen: Stoominjectie en getrapst stoken	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	1990
49	IND	DSM IJmuiden: SCR op SZF4	Technisch, end-of-pipe	NOx	1991
50	IND	ELF: Regeneren residuen	Technisch, proces geïntegreerd	SO2	1994
51	IND	GEP: vervangen doekfilters+nieuwe filters	Technisch, end-of-pipe	PM10	1992
52	IND	ESD: Ontzwavelingsinstallatie bij energiecentrale	Technisch, end-of-pipe	SO2	1992
53	IND	ESD: Verdere toepassing ontzwavelingsinstallatie	Technisch, end-of-pipe	SO2	1992
54	IND	Kemira Pernis: SCR op salpeterzuurfabriek	Technisch, end-of-pipe	NOx	1988
55	IND	ACZC: Ontzwavelingsinstallatie	Technisch, end-of-pipe	SO2	1988
56	IND	Metalelectro:	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	1990

Nummer	Doelgroep <sup>14</sup>	Naam maatregel	Type maatregel	Doel stof	Ingangs jaar
57	IND	BEES+Energiebesparing			
58	IND	Papier: BEES+Energiebesparing	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	1990
59	IND	Hoogovens: H2S wassing kookfabriek 1	Technisch, end-of-pipe	SO2	1991
60	IND	Voeding/genotmidd. Ind: BEES + Energiebesparing	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	1990
61	IND	KWS-maatregelen GEP	Technisch, end-of-pipe	VOS	1994
62	IND	Diosynth Os; beperken diffuse emissie	Technisch, end-of-pipe	VOS	1994
63	IND	Verdergaande VOS- maatregelen grafische industrie	Technisch, proces geïntegreerd	VOS	2001
64	IND	Verdergaande VOS- maatregelen metalectro industrie	Technisch, proces geïntegreerd	VOS	2001
65	IND	Verdergaande VOS- maatregelen chemische industrie	Technisch, proces geïntegreerd	VOS	2001
66	IND	Shell Pernis	Technisch, end-of-pipe	VOS	1988
67	IND	Verdergaande VOS-maatregelen rubber en kunststoffenindustrie	Technisch, proces geïntegreerd	VOS	2001
68	IND	Verdergaande VOS-maatregelen voedingsmiddelenindustrie	Technisch, proces geïntegreerd	VOS	2001
69	IND	BMP2 maatregelen Hoogovens SO2	Technisch, proces geïntegreerd	SO2	2001
70	IND	BMP2 maatregelen Hoogovens NOx	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	2001
71	IND	BMP2 maatregelen Hoogovens PM10	Technisch, proces geïntegreerd	PM10	2001
72	IND	Emission compliance project; GEP	Technisch, end-of-pipe	VOS	1994
73	IND	BMP2 chemie; SO2	Technisch, proces geïntegreerd	SO2	2001
74	IND	Aanvullende maatregelen bouwmaterialen industrie (SO2)	Technisch, proces geïntegreerd	SO2	2001
75	IND	Good Housekeeping; illustratiedruk; Grafische industrie	Technisch, proces geïntegreerd	VOS	1995
76	IND	Terugbrengen verlies% oplosmiddelen; verpakkingsdrukkerijen Grafische industrie	Technisch, proces geïntegreerd	VOS	1995
77	IND	Inzet laagzwavelige grondstoffen Rockwool	Technisch, proces geïntegreerd	SO2	1990
78	IND	installatie SCR op SZF7 Hydro Agri Sluiskil	Technisch, end-of-pipe	NOx	2006
79	IND	niet gespecificeerde mtrgl Thermphos (valt onder overige chemie ERI lucht)	Technisch, end-of-pipe	NOx	2001
80	IND	niet gespecificeerde mtrglen overige chemie ERI lucht	Technisch, end-of-pipe	NOx	1997
81	IND	niet gespecificeerde mtrglen bijschatting chemie lucht	Technisch, end-of-pipe	NOx	1997
82	IND	installatie SCR op SZF6 Hydro Agri Sluiskil	Technisch, end-of-pipe	NOx	2002
83	IND	installatie SCR op SZF5 DSM IJmuiden	Technisch, end-of-pipe	NOx	2005
84	IND	installatie SCR op SZF5 DSM Geleen	Technisch, end-of-pipe	NOx	1999
85	IND	optimalisatie SCR op SZF Kemira Agro Pernis	Technisch, end-of-pipe	NOx	1998

<b>Nummer</b>	<b>Doelgroep<sup>14</sup></b>	<b>Naam maatregel</b>	<b>Type maatregel</b>	<b>Doel stof</b>	<b>Ingangs jaar</b>
85	IND	optimalisatie SCR op SZF4 DSM Geleen	Technisch, end-of-pipe	NOx	1998
86	IND	optimalisatie SCR op SZF4 DSM IJmuiden	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
87	IND	nieuwe brander Cabot	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	2001
88	IND	nieuwe brander Nedmag	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	2004
89	ENE	SCR op wkk centrales	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
90	ENE	SCR op alle 'oude' kolencentrales	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
91	ENE	SCR op beide 'nieuwe' poederkoolcentrales	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
92	ENE	SCR op KV-STEG	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
93	ENE	SCR bij conv. centrale op hoogovengas	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
94	ENE	SCR bij STEG'-centrale op aardgas	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
95	ENE	3-weg kat. bij PUMPS, pomp/compressor aardgas, ene	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
96	ENE-RAF	SCR bij ketels, raf	Technisch, end-of-pipe	NOx	1980
97	ENE-RAF	Rookgasrecirculatie bij ketels, raf	Technisch, end-of-pipe	NOx	1980
98	ENE-RAF	ULN bij ketels, raf	Technisch, proces geïntegreerd	NOx	1980
99	ENE-RAF	SCR bij fornuizen, raf	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
100	ENE-RAF	ULN bij fornuizen, raf	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
101	ENE-RAF	SCR i.p.v. stoominjectie bij gasturbines, raf	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
102	ENE-LDB	SCR bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, ldb	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
103	ENE-LDB	3-weg kat bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, ldb	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
104	ENE-LDB	ULN branders bij SBS-GN stoomketels aardgas, ldb	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
105	LDB	Emissie-arme stallen fokvarkens	Technisch, end-of-pipe	NH3	2000
106	LDB	aanscherpen emissie-arme mestaanwending op zandgronden	Technisch, end-of-pipe	NH3	2000
107	LDB	emissie-arme stallen vleesvarkens	Technisch, end-of-pipe	NH3	2000
108	LDB	emissie-arme stallen melkjongvee	Technisch, end-of-pipe	NH3	2000
109	LDB	emissie-arme stallen melkvee	Technisch, end-of-pipe	NH3	2000
110	ENE-HDO	SCR bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, hdo	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
111	ENE-HDO	3-weg kat. bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, hdo	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
112	ENE-HDO	SCR bij CTE-WX wkk gasmotor biogas, hdo	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
113	ENE-HDO	ULN bij SBS-GN stoomketels aardgas, hdo	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
114	ENE-CON	scr bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, con	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
115	ENE-CON	3-weg kat. bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, con	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
116	ENE-CON	ULN bij SHC-GN cv-ketel, aardgas, con	Technisch, end-of-pipe	NOx	2000
117	AFV	Kosten NOx reductie AVI's	Technisch, end-of-pipe	NOx	1994

## Bijlage E Kosteneffectiviteit maatregelen Verzuring in 2020

Doelgroep	Naam maatregel	Emissie reductie (1000 zeq)	Kosten (MDfl/jaar)	Kosteneffect. (Dfl/1000 zeq)	Cumulatieve emissiered. (1000 zeq)	Cumulatieve kosten (MDfl/jaar)	Cumulatieve Kosteneffect. (Dfl/1000 zeq)
ENE-RAF	ULN bij fornuizen, raf	0.05	0.39	8.19	0.05	0.39	8.19
ENE-IND	ULN bij HET-GI oven/droger op chem.restgas	0.09	0.80	8.58	0.14	1.19	8.45
ENE-IND	ULN bij CBP-GN tegendrukturb.+ stoomketels-ind	0.00	0.05	12.99	0.14	1.24	8.57
ENE-RAF	ULN bij ketels, raf	0.00	0.06	14.59	0.15	1.29	8.73
VEV	euro1 emissienormering binnenvaart	0.08	1.25	15.70	0.23	2.55	11.17
VEV	Verlaging zwavelgehalte gasolie zeescheepvaart	0.16	2.52	15.76	0.39	5.07	13.06
ENE-IND	ULN bij HET-GN oven/droger op aardgas	0.10	1.91	19.07	0.49	6.98	14.30
IND	Inzet laagzwavelige grondstoffen Rockwool	0.06	1.08	19.49	0.54	8.06	14.83
IND	Hoogovens: H2S wassing kookfabriek 1	0.05	1.33	25.18	0.60	9.39	15.75
ENE-IND	ULN bij SBO-GN stoomketel op aardgas-ind	0.05	1.27	25.33	0.65	10.67	16.49
ENE-IND	3-weg kat. bij CTE-WX wkk gasmotor (biogas)-ind	0.00	0.04	26.00	0.65	10.70	16.51
ENE-IND	3-weg kat. bij CTE-GN wkk gasmotor (aardgas)-ind	0.01	0.27	27.20	0.66	10.97	16.67
ENE-IND	ULN bij HET-GB oven/droger op h.o.gas	0.01	0.26	29.58	0.67	11.23	16.84
LDB	aanscherpen emissie-arme mestaanwending op zandgronden	0.06	2.04	34.57	0.73	13.27	18.28
IND	optimalisatie SCR op SZF Kemira Agro Pernis	0.00	0.03	38.03	0.73	13.30	18.30
IND	optimalisatie SCR op SZF4 DSM IJmuiden	0.01	0.21	38.03	0.73	13.52	18.46
IND	optimalisatie SCR op SZF4 DSM Geleen	0.00	0.06	38.03	0.73	13.58	18.50
ENE-RAF	Rookgasrecirculatie bij ketels, raf	0.00	0.01	40.98	0.73	13.59	18.51
IND	niet gespecificeerde mtrglen bijschatting chemie lucht	0.00	0.05	43.46	0.74	13.64	18.55
IND	niet gespecificeerde mtrgl Thermphos (valt onder overige chemie ERI lucht)	0.00	0.07	43.95	0.74	13.71	18.60
IND	niet gespecificeerde mtrglen overige chemie ERI lucht	0.00	0.14	43.97	0.74	13.84	18.71
IND	nieuwe brander Cabot	0.00	0.10	44.51	0.74	13.95	18.79
IND	BMP2 maatregelen Hoogovens SO2	0.10	4.53	45.25	0.84	18.47	21.93
IND	Stoominjectie en getraapt stoken DSM Geleen	0.34	16.75	48.86	1.19	35.23	29.72
IND	BMP2 chemie; SO2	0.12	7.38	63.62	1.30	42.61	32.74
IND	Aanvullende maatregelen bouwmaterialen industrie (SO2)	0.03	2.10	64.48	1.33	44.70	33.52
IND	ELF: Regeneren residuen	0.01	0.88	71.18	1.35	45.58	33.86
IND	ESD: Verdere toepassing ontzwavelingsinstallatie	0.09	6.69	73.64	1.44	52.27	36.37
IND	ACZC: Ontzwavelingsinstallatie	0.05	4.07	76.99	1.49	56.33	37.82

Doelgroep	Naam maatregel	Emissie reductie (1000 zeq)	Kosten (MDFl/jaar)	Kosteneffect. (Dfl/1000 zeq)	Cumulatieve emissiered. (1000 zeq)	Cumulatieve kosten (MDFl/jaar)	Cumulatieve Kosteneffect. (Dfl/1000 zeq)
IND	nieuwe brander Nedmag	0.01	0.83	88.37	1.50	57.17	38.13
ENE	3-weg kat. bij PUMPS, pomp/compressor aardgas, ene	0.10	9.31	90.50	1.60	66.48	41.50
ENE-HDO	3-weg kat. bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, hdo	0.06	5.08	90.50	1.66	71.56	43.15
ENE-LDB	3-weg kat bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, ldb	0.06	5.08	90.50	1.71	76.64	44.70
ENE-CON	3-weg kat. bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, con	0.00	0.10	92.28	1.72	76.74	44.73
IND	Metalelectro: BEES+Energiebesparing	0.01	1.40	93.86	1.73	78.13	45.16
IND	Papier: BEES+Energiebesparing	0.01	1.40	93.86	1.75	79.53	45.57
IND	Lage NOx-emissie energieopwekking chemie	0.34	32.19	93.87	2.09	111.72	53.50
IND	Voeding/genotmidd. Ind: BEES + Energiebesparing	0.02	1.78	93.88	2.11	113.50	53.87
IND	Lagere NOx-emissie energie-opwekking chemie	0.07	7.51	104.10	2.18	121.02	55.53
IND	Rookgasreiniging, kalkinjectie Rockwool na na	0.07	7.36	105.32	2.25	128.37	57.08
IND	ESD: Ontzavelingsinstallatie bij energiecentrale	0.13	13.65	106.49	2.38	142.02	59.74
IND	DSM Geleen: Low-NOx bij energiecentrale	0.04	3.88	107.51	2.41	145.90	60.46
IND	DSM Geleen: Nitrietfabriek; bedrijfsvoering aanpassen	0.06	7.18	118.4	2.5	153.1	61.88
ENE-IND	SCR bij procesemissies bouwmat.industrie	0.06	6.84	119.03	2.53	159.92	63.17
IND	DSM Geleen: Caprolactam; hyam systeem	0.03	4.03	121.79	2.56	163.96	63.93
LDB	Emissie-arme stallen fokvarkens	0.34	47.70	139.31	2.91	211.66	72.81
IND	DSM Geleen: Stoominjectie en getrapst stoken	0.12	16.75	145.07	3.02	228.41	75.57
ENE-HDO	ULN bij SBS-GN stoomketels aardgas, hdo	0.05	7.35	145.50	3.07	235.76	76.72
ENE-LDB	ULN branders bij SBS-GN stoomketels aardgas, ldb	0.06	8.76	145.50	3.13	244.52	78.04
IND	installatie SCR op SZF6 Hydro Agri Sluiskil	0.01	0.85	148.30	3.14	245.37	78.17
IND	installatie SCR op SZF7 Hydro Agri Sluiskil	0.01	1.25	148.95	3.15	246.62	78.36
IND	installatie SCR op SZF5 DSM Geleen	0.01	1.25	148.95	3.16	247.87	78.55
IND	installatie SCR op SZF5 DSM IJmuiden	0.00	0.39	149.78	3.16	248.26	78.61
IND	BMP2 maatregelen Hoogovens NOx	0.02	2.65	150.79	3.18	250.91	79.00
ENE-IND	SCR bij CTE-WX wkk gasmotor (biogas)-ind	0.00	0.23	162.7	3.2	251.1	79.04
LDB	emissie-arme stallen vleesvarkens	0.46	78.25	169.96	3.64	329.40	90.55
ENE-IND	SCR bij CTE-GN wkk gasmotor (aardgas)-ind	0.01	1.71	171.27	3.65	331.10	90.77
ENE-IND	SCR bij HET-GI oven/droger op chem.restgas	0.01	1.85	178.73	3.66	332.96	91.02
IND	DSM IJmuiden: SCR op SZF4	0.08	16.86	202.2	3.7	349.8	93.50
ENE-IND	SCR bij CGH-GN wkk gasturb.+formuis (aardgas)-ind	0.01	2.68	230.34	3.75	352.49	93.92
ENE-IND	SCR bij CGD-GN wkk gasturb.+oven/droger(aardgas)-ind	0.05	11.34	235.89	3.80	363.84	95.72
VEV	Verlaging zwavelgehalte gasolie binnenvaart	0.03	6.85	241.8	3.8	370.7	96.80

Doelgroep	Naam maatregel	Emissie reductie (1000 zeq)	Kosten (MDF/jaar)	Kosteneffect. (Dfl/1000 zeq)	Cumulatieve emissiered. (1000 zeq)	Cumulatieve kosten (MDF/jaar)	Cumulatieve Kosteneffect. (Dfl/1000 zeq)
ENE-IND	SCR bij CSG-GN wkk STEG (aardgas)-ind	0.13	33.21	257.00	3.96	403.90	102.03
ENE-IND	SCR bij CGT-GN wkk gasturb.+afgasketel (aardgas)-ind	0.13	33.08	260.72	4.09	436.98	106.96
ENE	SCR op beide nieuwe poederkoolcentrales	0.10	28.67	289.46	4.18	465.65	111.28
ENE-RAF	SCR bij ketels, raf	0.00	0.17	307.2	4.2	465.8	111.30
ENE	SCR op wkk centrales	0.16	50.77	310.81	4.35	516.59	118.80
IND	Kemira Pernis: SCR op salpeterzuurfabriek	0.03	9.20	323.5	4.4	525.8	120.13
ENE	SCR op KV-STEG	0.16	53.91	329.22	4.54	579.70	127.67
IND	DSM Geleen: Salpeterzuurfabr 4; SCR	0.09	28.76	329.91	4.63	608.46	131.48
ENE-HDO	SCR bij CTE-WX wkk gasmotor biogas, hdo	0.03	10.91	330.60	4.66	619.37	132.89
LDB	emissie-arme stallen melkvee	0.30	103.71	344.71	4.96	723.08	145.73
ENE-CON	ser bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, con	0.00	0.38	348.39	4.96	723.47	145.78
ENE	SCR bij STEG'-centrale op aardgas	0.12	41.28	355.38	5.08	764.75	150.57
AFV	Kosten NOx reductie AVI's	0.14	52.75	365.22	5.22	817.49	156.50
VEV	2005-eisen voor brandstoffen wegverkeer diesel	0.24	87.32	367.42	5.46	904.82	165.68
VEV	euro4 emissienormering vrachtwagens	0.70	267.21	383.72	6.16	1172.03	190.34
ENE-HDO	SCR bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, hdo	0.06	21.58	384.60	6.21	1193.61	192.09
ENE-LDB	SCR bij CTE-GN wkk gasmotor aardgas, ldb	0.06	21.58	384.60	6.27	1215.18	193.82
ENE-IND	SCR bij HET-GN oven/droger op aardgas	0.01	4.44	398.3	6.3	1219.6	194.18
LDB	emissie-arme stallen melkjongvee	0.09	37.20	420.32	6.37	1256.82	197.32
ENE-IND	SCR bij HET-GB oven/droger op h.o.gas	0.00	0.43	437.49	6.37	1257.25	197.36
ENE-RAF	SCR i.p.v. stoominjectie bij gasturbines, raf	0.11	51.90	453.18	6.48	1309.15	201.88
ENE-CON	ULN bij SHC-GN cv-ketel, aardgas, con	0.13	60.54	458.12	6.62	1369.70	207.00
ENE-IND	SCR bij SBO-GN stoomketel op aardgas-ind	0.01	2.70	483.16	6.62	1372.40	207.23
VEV	2005-eisen voor brandstoffen wegverkeer benzine	0.08	40.53	515.90	6.70	1412.93	210.85
VEV	Verlaging zwavelgehalte stookolie zeescheepvaart	0.02	11.49	520.46	6.72	1424.41	211.86
VEV	katalysatoren personenauto's benzine	0.76	403.04	527.67	7.49	1827.46	244.08
ENE-RAF	SCR bij fornuizen, raf	0.10	58.96	617.53	7.58	1886.42	248.78
VEV	euro 3 personenauto's diesel	0.78	508.62	653.25	8.36	2395.04	286.45
VEV	euro 5 emissienormering vrachtwagens	0.49	374.10	767.4	8.8	2769.1	312.95
VEV	euro 4 personenauto's diesel	1.50	1220.68	815.26	10.35	3989.82	385.64
VEV	euro 3 personenauto's benzine	0.27	225.95	829.75	10.62	4215.77	397.03
IND	DSM Geleen: Fosfaatontsluiting; ureumdosering	0.00	3.29	2170.11	10.62	4219.06	397.28
IND	DSM Geleen: SCR bij Caprolactamfabriek	0.00	2.58	3027.02	10.62	4221.64	397.50
VEV	euro4 personenauto's benzine	0.19	632.65	3319.00	10.81	4854.29	449.01