METHODIEKEN VOOR DE PRIORITERING VAN MILIEUMAATREGELEN BIJ ZEEUWSE BEDRIJVEN

Een onderzoek in opdracht van de Provincie Zeeland,
Directie Ruimte, Milieu en Water.

Arjan de Koning
René Kleijn

Robbert van Duin

Centrum voor Milieukunde
Universiteit Leiden
Postbus 9518
2300 RA Leiden

Bureau B&G
Pollenseveenweg 11
8166 HT, Emst

CML rapport 155 - Sectie Stoffen & Producten

Dit rapport kan op de volgende wijze worden besteld:
– telefonisch: 071–5277485
– schriftelijk: Bibliotheek CML, Postbus 9518, 2300 RA Leiden
– per fax: 071-5275587
Hierbij graag duidelijk rapportnummer, naam besteller en verzendadres aangeven

ISBN: 90-5191-134-3

Druk: Universitair Grafisch Bedrijf, Leiden

© Centrum voor Milieukunde, Leiden 2001

Voorwoord

Convenanten, meerjarenafspraken, provinciaal beleid, rijksnota's en milieubeleid van de bedrijven zelf kunnen leiden tot een divers pakket aan emissie-eisen en andere milieudoelstellingen voor bedrijven. Soms wordt een specifieke milieu-investering gedaan om te kunnen blijven voldoen aan deze steeds strenger wordende milieudoelstellingen of normen. In andere gevallen worden meer algemene investeringen verricht waarbij milieuaspecten een rol spelen. De veelheid aan mogelijke milieu-investeringen, gekoppeld aan beperkte budgetten, dwingt de bedrijven tot het stellen van prioriteiten.

Er bestaan methodieken om milieumaatregelen bij bedrijven te prioriteren op basis van de 'milieuwinst' en de kosten van de milieumaatregel. Doel van deze methodieken is om een zo groot mogelijke 'milieuwinst' met een beperkt budget te realiseren. Dit rapport bevat de resultaten van een onderzoek naar de mogelijkheden en wenselijkheid van de toepassing van dergelijke methodieken bij investeringsbeslissingen bij Zeeuwse bedrijven. Het onderzoek is verricht in opdracht van de Directie Ruimte, Milieu en Water van de Provincie Zeeland.

Het rapport dient ter onderbouwing van de handreiking "Prioritering Milieumaatregelen" welke een beknopte en globale handleiding is voor het toepassen van prioriterings-methodieken. Deze handreiking is bedoeld voor bedrijven en vergunningverleners.

Dit onderzoek werd ondersteund door de volgende begeleidingscommissie:

- J. van den Bremen (ThermPhos)
- F. van Esch (Cerestar)
- T. van Mierlo (Zeeuwse Milieufederatie)
- N. Beuzenberg (Rijkswaterstaat, directie Zeeland)
- L. Breedveld (RIZA, afdeling Nationale beleidsvoorbereiding)
- W. Koch (Provincie Zeeland, afdeling Economische Zaken)
- T. Collette (Provincie Zeeland, afdeling Milieuhygiëne)
- L. Leynse (vz. beg. cie.; Provincie Zeeland, afdeling Milieuhygiëne)

Bij deze bedanken wij de leden van de begeleidingscommissie voor hun bijdrage aan dit onderzoek. Speciaal bedanken wij dhr. J. van den Bremen en dhr. F. van Esch voor het aanleveren van emissie- en kostengegevens van enkele concrete milieumaatregelen.

De auteurs

Emst/Leiden, Augustus 2001

Inhoudsopgave

Samenvatting VI

1 Inleiding 1
- 1.1 Probleemstelling . . . 1
- 1.2 Doel van het project . . . 2
- 1.3 Reikwijdte . . . 2
- 1.4 Onderzoeksmethode . . . 2

2 Afweging van milieubelangen 4
- 2.1 Milieuaspecten naast andere bedrijfsaspecten . . . 4
- 2.2 Generieke versus locatiespecifieke milieubelasting . . . 6

3 Voorbeschouwing methodieken 9
- 3.1 Kosteneffectiviteit . . . 9
- 3.2 Bepaling van de generieke milieuwinst . . . 10
- 3.3 Systeemgrenzen . . . 11
- 3.4 Korte beschrijving van de methodieken . . . 13

4 Bevindingen naar aanleiding interviews 16
- 4.1 Inleiding . . . 16
- 4.2 Resultaten interviews bedrijven . . . 16
  - 4.2.1 Algemene resultaten . . . 16
  - 4.2.2 Aanpak van omvangrijke milieumaatregelen . . . 17
  - 4.2.3 Besluitvorming over milieumaatregelen . . . 18
  - 4.2.4 Visie op prioritering van milieumaatregelen . . . 18
- 4.3 Resultaten interviews milieubeweging en overheden . . . 19
  - 4.3.1 Algemene resultaten . . . 19
  - 4.3.2 Aanpak milieumaatregelen door bedrijven . . . 19
  - 4.3.3 Besluitvorming over milieumaatregelen . . . 20
  - 4.3.4 Visie op prioritering milieumaatregelen . . . 21

5 Uitgangspunten voor de opzet van een PMM-methodiek 23

5.1 Inleiding 23
5.2 Uitgangspunten 23
5.3 Perspectiefrijke methodieken 25

6 Cases **29**
6.1 Geselecteerde cases 29
6.2 Verminderen fosfine emissies 30
6.2.1 Omschrijving case 30
6.2.2 Inventarisatie 30
6.2.3 Bepaling verminderde milieubelasting 31
6.2.4 Gesignaleerde problemen 35
6.3 Calcineren 35
6.3.1 Omschrijving case 35
6.3.2 Inventarisatie 36
6.3.3 Bepaling verminderde milieubelasting 36
6.3.4 Gesignaleerde problemen 38
6.4 Toepassing gipsafval 38
6.4.1 Omschrijving case 38
6.4.2 Inventarisatie 39
6.4.3 Bepaling verminderde milieubelasting 39
6.4.4 Gesignaleerde problemen 42
6.5 NO_X versus sulfaat emissie reductie 42
6.5.1 Omschrijving case 42
6.5.2 DeNO_X-installatie 42
6.5.3 Sulfaat emissie reductie 45
6.5.4 Gesignaleerde problemen 47
6.6 Geurproblemen rond de afvalwaterzuivering 47
6.6.1 Omschrijving case 47
6.6.2 Inventarisatie 48
6.6.3 Bepaling verminderde milieubelasting 49
6.6.4 Gesignaleerde problemen 52
6.7 Maïs versus tarwe als grondstof 53
6.7.1 Omschrijving case 53
6.8 Overzicht kosteneffectiviteit 54
6.9 Conclusies naar aanleiding cases 56

7 Conclusies en aanbevelingen **58**

A Lijst met geïnterviewden **67**

B Beschrijving verschillende bestaande methodieken **70**

C Hulpmiddel bij inventarisatie milieu-interventies 86

Samenvatting

In opdracht van de Directie Ruimte, Milieu en Water van de Provincie Zeeland heeft het Centum voor Milieukunde van de Universiteit leiden (CML) en Bureau B&G onderzoek gedaan naar de mogelijkheid en wenselijkheid om methodieken toe te passen om milieumaatregelen bij Zeeuwse bedrijven te prioriteren. Belangrijkste doelstellingen van dit onderzoek waren: 1) Het beschikbaar maken van kennis voor bedrijven, overheid en milieubeweging voor een standpuntbepaling. 2) Onderzoeken of er behoefte is aan deze methodieken en aan welke eisen deze zouden moeten voldoen 3) Het aangeven wat de mogelijkheden en beperkingen zijn van relevante methodieken. 4) Aangeven in welke procedurele context de methodieken gebruikt zouden kunnen worden.

Milieumaatregelen kunnen worden gerangschikt met behulp van het begrip kosteneffectiviteit (= totale jaarlijkse 'milieuwinst' gedeeld door de totale jaarlijkse kosten). De milieumaatregel met de hoogste kosteneffectiviteit komt het eerst voor uitvoering in aanmerking. Om de kosteneffectiviteit te kunnen bepalen is er er een maat nodig voor de milieuwinst en een maat voor de kosten van de milieumaatregel. In Nederland is een gangbare methode voor het bepalen van de kosten van milieumaatregelen bij bedrijven de "VROM kostenmethodiek". Deze methodiek wordt gebruikt voor het bepalen van de kosten van een milieumaatregel. Er is minder overeenstemming over de manier waarop de 'milieuwinst' berekend moet worden.

Er bestaan allerlei verschillende methodieken welke op verschillende grondslag zijn gebaseerd welke verschillende aannames maken en verschillende emissies en milieu-effecten in beschouwing nemen. De volgende methodieken, geselecteerd op basis van relevantie en operationaliteit, zijn nader in beschouwing genomen: de Schaduwprijzen-, EPS-, Ecoindicator'99-, CML-, ExternE-, VNCI- en Distance-to-target methodiek. Deze methodieken zijn veelal ontwikkeld in het kader van de Levens Cyclus Analyse (LCA) van producten. Zij berekenen de milieu-impact van een emissie onafhankelijk van plaats of tijd en zijn niet bedoeld om een locatiespecifieke milieubelasting in kaart te brengen. Dus een beperking van deze methodieken is dat zij alleen een 'generieke milieuwinst' berekenen. Eventuele locatiespecifieke milieueffecten, bijvoorbeeld luchtkwaliteit of veiligheid in de

buurt van het bedrijf, worden niet beoordeeld met de huidige PMM-methodieken en dienen apart in beschouwing genomen te worden.

Naast deze beperking zijn er vele andere aspecten van de investeringsbeslissing welke niet door de PMM-methodiek worden afgewogen. Hieronder vallen o.a. strategische en sociale aspecten van de investeringsbeslissing en de financiële draagkracht van het bedrijf. Vanwege deze redenen zijn PMM-methodieke per definitie **beslissings ondersteunend**.

Interviews gehouden met dertien in Zeeland gevestigde bedrijven, de Provincie Zeeland en Rijkswaterstaat Directie Zeeland en de Zeeuwse Milieufederatie hebben informatie opgeleverd omtrent de wenselijkheid van het gebruik van de methodieken en de eisen waaraan de methodieken zouden moeten voldoen.

Meeste respondenten gaven aan dat zij nauwelijks ervaring hadden met het gebruik van een PMM-methodiek. Wel werd aangegeven dat een gezaghebbende PMM-methodiek gebruikt zou worden indien deze zou aansluiten op praktische eisen m.b.t. uitvoerbaarheid en communiceerbaarheid. Primair wordt daarbij gedacht aan gebruik t.o.v. interne afwegingen, planning en fasering en eventueel bij overleg over vergunningen.

Uit de interviews is gebleken dat methodieken zouden moeten voldoen aan de volgende eisen: 1) Ze moeten praktisch bruikbaar zijn. 2) Alle relevante milieuaspecten zouden met een PMM-methodiek beoordeeld moeten kunnen worden. 3) De -subjectieve- wegingsstap zou duidelijk afgezonderd moeten zijn van de voorafgaande inventarisatie en classificatie stap. De wegingsstap dient expliciet en flexibel te zijn zodat deze ook afgestemd kan worden op een eigen beleid van het bedrijf. In enkele gevallen werd aangegeven dat een weging tussen milieuthema's op basis van economische waarderingsmethoden makkelijk communiceerbaar kan zijn binnen het bedrijf. 4) Het meenemen van ketenaspecten bij het beoordelen van milieumaatregelen wordt als onvermijdelijk gezien.

Een confrontatie van deze eisen met de methodieken laat zien dat veel zo niet alle methodieken tekortschieten op één of meerdere punten.

De in beschouwing genomen methodieken zijn verder op hun toepasbaarheid getest door ze te gebruiken bij het prioriteren van een zevental praktijk milieumaatregelen. De milieumaatregelen varieerden van end-of-pipe maatregelen zoals het in gebruik nemen van een katalytische deNO_X installatie tot procesgeïntegreerde maatregelen zoals een maatregel waarbij vrijkomend CO weer werd ingezet in het productieproces. Voor elke milieumaatregel zijn de kosten uitgerekend volgens de VROM-kostenmethodiek en is de 'milieuwinst' van de maatregel berekend met de zeven methodieken voor zover dit mogelijk was. Ook is elke keer getracht emissies die plaatsvinden in de keten te betrekken in de berekening van de 'milieuwinst'.

Het toepassen van de methodieken geeft de volgende resultaten m.b.t. het gebruik binnen een PMM-methodiek: 1) Het gebruik van de PMM-methodieken bijzonder veel inzicht geven in de mogelijkheden om milieubelasting te vermijden 2) Het wel of niet betrekken van emissies die plaatsvinden in de keten zijn in veel gevallen van doorslaggevend belang voor de berekende 'milieuwinst'. Aangezien er geen procedurele regels bestaan met betrekking tot het kiezen van de emissies die in beschouwen genomen dienen te worden bij het berekenen van de 'milieuwinst, zijn de uitkomsten arbitrair. 3) Op basis van dezelfde gegevens berekenen verschillende methodieken een heel andere 'milieuwinst'. De uitkomsten zijn dus erg onzeker. 4) Sommige milieumaatregelen kunnen alleen beoordeeld worden door ketenapecten mee te nemen. 5) De methodieken zijn niet erg praktisch. Een makkelijk toegankelijke en betrouwbare set van gegevens over emissies die plaatsvinden in de keten is niet voorhanden. Bij sommige methodieken ontbreekt een gezaghebbende set van weegfactoren zodat een afweging tussen milieuthema's op problemen stuit. 6) Lokale effecten zoals geur, geluid, veiligheid zijn veelal nauwelijks uitgewerkt in de op LCA gebaseerde methodieken.

Wij concluderen dat de resultaten van PMM-methodieken nooit als feiten dienen te worden gepresenteerd maar als input voor overleg. De PMM-methodiek vervangt het proces van besluitvorming immers niet maar is slechts beslissingsondersteunend. Het is dan ook belangrijk dat het gebruik van de PMM-methodiek goed is ingebed in het besluitvormingsproces waarbinnen de uitkomsten gebruikt gaan worden.

Een goed besluitvormingsproces vereist ook een transparante PMM-methodiek. Om de resultaten van de PMM-methodiek naar waarde te kunnen schatten is vaak kennis nodig over de gehanteerde methode en over de onderliggende gegevens, keuzen en aannames. Zo dient bij de besluitvorming meegewogen te kunnen worden wat in de kwantitatieve analyse is meegenomen en wat buiten beschouwing is gelaten: vallen keteneffecten erbinnen of erbuiten, zijn locatiespecifieke effecten wel of niet in aanmerking genomen, is er rekening gehouden met marktverschuivingen, etc.

Hoe meer van deze aspecten in de kwantitatieve analyse aan de orde komen hoe beter de uiteindelijke besluitvorming wordt. Het verdient daarom ook sterk aanbeveling om zoveel mogelijk aspecten te kwantificeren. Aspecten die toch niet gekwantificeerd (kunnen) worden dienen tenminste te worden besproken in de vorm van aanvullende kwalitatieve overwegingen. Wanneer de kwantitatieve analyse zich bijvoorbeeld beperkt tot de emissies op het bedrijf zelf dient kwalitatief te worden aangegeven welke veranderingen in milieueffecten elders in de keten (upstream en downstream) kunnen worden verwacht.

Hoofdstuk 1

Inleiding

1.1 Probleemstelling

Bij het nemen van investeringsbeslissingen hebben bedrijven te maken met vele aspecten van de te nemen investering welke tegen elkaar afgewogen dienen te worden. Milieuaspecten van een investeringsbeslissing is er daar één van. Convenanten, meerjarenafspraken, provinciaal beleid, rijksnota's en milieubeleid van de bedrijven zelf kunnen leiden tot een divers pakket aan emissie-eisen en andere milieudoelstellingen voor bedrijven. Soms wordt een specifieke milieu-investering gedaan om te kunnen blijven voldoen aan deze steeds strenger wordende milieunormen. In een ander gevallen worden meer algemene investeringen verricht waarbij milieuaspecten een rol spelen. Bij beide typen investeringsbeslissingen spelen de volgende vragen:

- met welke maatregelen kan de grootste milieuwinst worden verkregen
- hoe kan met een bepaald budget de milieuwinst worden gemaximaliseerd
- hoe kan inhoud worden gegeven aan het criterium 'integrale afweging'.

Een methodiek waarin primair wordt bepaald welke milieumaatregelen het meest zinvol zijn om uit te voeren, lijkt noodzakelijk. Een goede benaming van deze methodiek zou zijn: 'methodiek voor prioritering van milieumaatregelen', oftewel PMM-methodiek (PMM = Prioriteren Milieumaatregel).

De provincie Zeeland wil als vergunningverlener van de grotere bedrijven in Zeeland de bedrijven ondersteuning verlenen bij het maken van keuzes voor bepaalde milieu-investeringen. Daartoe is het CML en Bureau B&G gevraagd een inventarisatie te maken van beschikbare methodieken die ondersteuning verlenen bij het maken van een afweging tussen de kosten van een milieumaatregel en de 'milieuwinst' van een milieumaatregel. Daarnaast is gevraagd te onderzoeken in hoeverre er behoefte is aan dergelijke methodieken bij de grotere Zeeuwse bedrijven en aan welke eisen deze methodieken zouden moeten voldoen volgens de betrokkenen.

1.2 Doel van het project

Doel van het project is het gestructureerd beschikbaar maken van kennis over PMM-methodieken bij betrokkenen en de provincie Zeeland. Hoofdvragen hierin zijn:

- is er behoefte aan het gebruik van PMM-methodieken
- wat zijn de eisen waaraan de PMM-methodieken moeten voldoen
- wat zijn de mogelijkheden en beperkingen van het gebruik van relevante methodieken
- in welke procedurele context kunnen de methodieken gebruikt worden

1.3 Reikwijdte

De milieumaatregelen waar in dit rapport over gesproken wordt, zijn alle omvangrijke milieumaatregelen bij grotere bedrijven in de Provincie Zeeland. De methodieken die in dit rapport worden besproken zijn niet geschikt voor het prioriteren van milieumaatregelen bij het midden en klein bedrijf (MKB). Het gebruik van de in dit rapport besproken methodieken vereisen een zekere hoeveelheid expertise en middelen die niet aanwezig verondersteld mag worden bij het MKB. Verder zijn de afwegingen die het MKB dient te maken waarschijnlijk minder complex dan de afwegingen die grotere bedrijven dienen te maken. Niet kwantitatieve methoden om te komen tot een prioritering van milieumaatregelen zijn waarschijnlijk geschikter voor het prioriteren van milieumaatregelen bij het midden en klein bedrijf en deze worden niet in dit rapport besproken. Enkele van deze niet kwantitatieve methoden zijn "The Natural Step"(Nattrass & Altomare, 1999) en "The efficient Entrepreneur Calendar" (Clarke, 2000). Het rapport is geen gedetailleerde handleiding voor het beoordelen van milieumaatregelen met een PMM-methodiek. Hoe dit in detail gedaan moet worden, is beschreven in de handleidingen van de diverse methodieken, zie voor verwijzingen Bijlage B.

1.4 Onderzoeksmethode

Als eerste wordt besproken hoe een PMM-methodiek operationeel wordt gemaakt en wat de positie is van een PMM-methodiek tussen alle andere aspecten die van belang kunnen zijn bij een (milieu)investeringsbeslissing (Hoofdstuk 2). Hierna is een keuze gemaakt van specifieke methodieken welke gebruikt kunnen worden voor het vergelijken van de milieubelasting van verschillende maatregelen. De keuze voor de methodieken is gemaakt op basis van operationaliteit, relevantie voor dit project en toepasbaarheid binnen bedrijven. De kenmerken van

deze methodes, welke relevant zijn wanneer de methodiek gebruikt wordt voor het prioriteren van milieumaatregelen, zijn onderzocht (Hoofdstuk 3). Daarnaast is in interviews met Zeeuwse bedrijven onderzocht welke rol PMM-methodieken zouden kunnen spelen binnen de besluitvorming van het bedrijf en welke eisen zij zouden stellen aan de eventueel te gebruiken PMM-methodiek (Hoofdstuk 4). De uitkomsten van de interviews leiden tot een lijst van uitgangspunten waaraan de methodieken zouden moeten voldoen en welke rol de PMM-methodiek zou kunnen hebben binnen de procedures van een bedrijf. Door het vergelijken van de kenmerken van de methodieken en de uitgangspunten kan een keuze gemaakt worden van verschillende perspectiefrijke methodieken (Hoofdstuk 5). Met de PMM-methodieken wordt getracht zeven concrete milieumaatregelen door te rekenen met het doel de PMM-methodieken tot in detail te testen op hun geschiktheid (Hoofdstuk 6). Tenslotte worden conclusies getrokken en worden aanbevelingen gegeven m.b.t. het gebruik van de PMM-methodieken.

Hoofdstuk 2

Afweging van milieubelangen

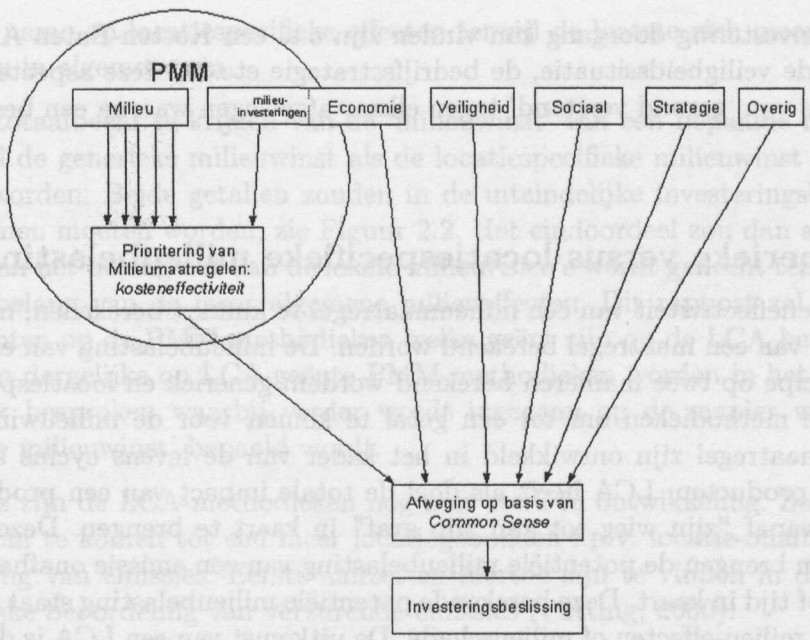
2.1 Milieuaspecten naast andere bedrijfsaspecten

De mogelijke plaats van de PMM-methodiek in de besluitvorming over te nemen (milieu) investeringen is schematisch weergegeven in Figuur 2.1. Een operationele maat voor de PMM-methodiek is het begrip kosteneffectiviteit. Kosteneffectiviteit is gedefinieerd als de jaarlijkse milieuwinst van de maatregel, gedeeld door de totale jaarlijkse kosten:

$$\text{kosteneffectiviteit} = \frac{\text{totale jaarlijkse milieuwinst}}{\text{totale jaarlijkse kosten}} \tag{2.1}$$

Hoe groter de milieuwinst of hoe kleiner de kosten des te groter is de effeciëntie van de miliemaatregel. Milieumaatregelen kunnen gerangschikt worden op basis van deze kosteneffectiviteitsmaat. Gebruik van het begrip kosteneffectiviteit vergt een maat voor de kosten en een maat voor de milieuwinst. Methoden voor de vaststelling van kosten zijn redelijk uitgewerkt, onder andere in een VROM-publicatie (VROM, 1998) De meest lastige vragen betreffen de wijze waarop verschillende milieu-ingrepen en hun resulterende milieuwinst in een overkoepelend kader gebracht kunnen worden. Voor een operationele kwantificering van de milieuwinst is een hulpmiddel nodig welke de verschillende milieu-ingrepen weegt ten opzichte van elkaar. Er zijn vele verschillende methodieken ontwikkeld die op verschillende grondslag zijn gebaseerd, die verschillende capaciteiten vereisen, etc. welke beogen de milieubelasting van een proces (bedrijfsproces, economisch proces) te bepalen. Met gebruikmaking van de PMM-methodiek wordt heel expliciet de milieu-investering afgewogen tegen de geaggregeerde milieuwinst van de investering en deze informatie wordt in een geaggregeerde vorm gebruikt bij de uiteindelijke afweging.

Naast de kosten en de 'milieuwinst' van een milieu-investering welke worden geaggregeerd in een PMM-methodiek zijn allerlei andere aspecten van belang die



Figuur 2.1: Schematische weergave van aspecten welke een rol kunnen spelen bij een (milieu)investeringsbeslissing. Wanneer geen gebruik wordt gemaakt van een PMM-methodiek worden de verschillende milieubelangen en andere aspecten zonder tussenstap afgewogen op basis van 'Common Sense'. Met gebruikmaking van de PMM-methodiek wordt heel expliciet de milieu-investering afgewogen tegen de geaggregeerde milieuwinst van de investering en deze informatie wordt in een geaggregeerde vorm gebruikt bij de uiteindelijke afweging. Onder milieu-investering verstaan we alle kosten die te maken hebben met de milieu-investering zoals kapitaalskosten, operationele kosten etc. Een → betekend een informatie 'stroom'. De pijltjes van het 'boxje' milieu naar het begrip kosteneffectiviteit betekenen bijvoorbeeld informatie over verminderde CO_2 uitstoot, toename verbruik water, verminderde zware metalen in het afvalwater etc. Het pijltje van het 'boxje' milieuinvestering naar het begrip kosteneffectiviteit geeft de informatie over de kosten van de milieumaatregel.

bepalen of een milieu-investering doorgang zal vinden. Een eerste randvoorwaarde voor een milieu-investering zijn de wettelijke normen waaraan het bedrijf moet voldoen. Het kan niet zo zijn dat een milieumaatregel zorgt voor een overschrijding van een milieunorm terwijl een methodiek aangeeft dat er een algemene 'milieuwinst' geboekt wordt. Daarnaast is het o.a. van belang dat het bedrijf genoeg financiële draagkracht heeft om een milieu-investering te kunnen doen. Een methode om te bepalen of een milieumaatregel wel of niet betaalbaar is, is de MIOW+-methode (Van der Woerd et al., 1998). De afkorting MIOW staat voor: markt, internationale omgeving en weerstandsvermogen. De MIOW+-methode gebruikt interne en externe kengetallen om de financiële draagkracht te bepalen. Voorbeelden van interne en externe kengetallen waarnaar gekeken wordt zijn winstmarge, solvabiliteit, rentabiliteit, kapitaalintensiteit, quick-ratio, current-ratio, concurrentieverhoudingen en marktpositie. Andere aspecten die bepalen of

een milieu-investering doorgang kan vinden zijn o.a. een Kosten-Baten Analyse, invloed op de veiligheidssituatie, de bedrijfsstrategie etc. Al deze aspecten worden op basis van 'gezond verstand' tegen elkaar afgewogen waarna een beslissing volgt.

2.2 Generieke versus locatiespecifieke milieubelasting

Om de kosteneffectiviteit van een milieumaatregel te kunnen berekenen, moet de milieuwinst van een maatregel berekend worden. De milieubelasting van emissies kan in principe op twee manieren berekend worden: generiek en locatiespecifiek. Veel van de methodieken om tot één getal te komen voor de milieuwinst van een milieumaatregel zijn ontwikkeld in het kader van de levens cyclus analyse (LCA) van producten. LCA heeft als doel de totale impact van een product op het milieu vanaf "zijn wieg tot aan zijn graf" in kaart te brengen. Deze LCA-methodieken brengen de potentiële milieubelasting van een emissie onafhankelijk van plaats of tijd in kaart. Deze berekende potentiële milieubelasting staat los van de feitelijke milieu-effecten of milieuschade. De uitkomst van een LCA is dus niet zozeer een inschatting van de schade of effect die een emissie teweegbrengt maar een indicator op basis waarvan milieumaatregelen met elkaar kunnen worden vergeleken (Owens, 1999).

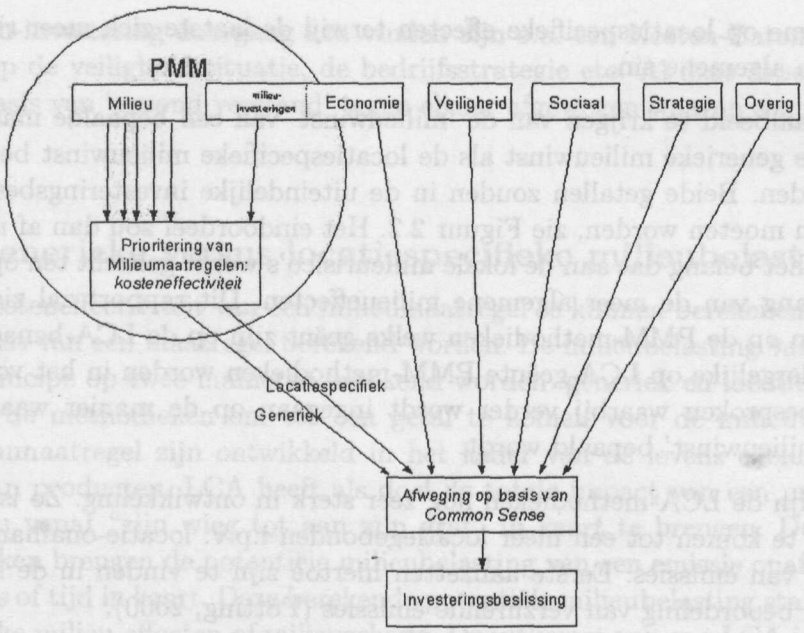
De LCA-methodieken zijn niet bedoeld om de locatiespecifieke/feitelijke milieubelasting in kaart te brengen. Het is niet zo dat de LCA-methodieken alleen emissies met een continentaal of globaal effect in beschouwing neemt. Ook emissies die alleen lokaal effecten teweegbrengen, worden bij de LCA-methodieken in rekening gebracht. Een voorbeeld hiervan is geur welke alleen lokaal problemen veroorzaakt. Maar deze lokale effecten worden op zo'n generalistische manier berekend dat de berekende lokale effecten weinig samenhang hoeven te hebben met de feitelijke (locatiespecifieke) effecten. Zo zal een H_2S emissie in de Kalverstraat volgens een LCA net zoveel overlast geven als een H_2S emissie in de woestijn. Voor het in kaart brengen van de locatiespecifieke milieubelasting zijn andere methodieken ontwikkelt die de specifieke milieubelasting rond een bedrijf in kaart brengen, rekening houdend met de plaatselijke situatie. De hoogte van een schoorsteen of de nabijheid van bebouwing zijn dan aspecten welke meetellen in de beoordeling van de locatiespecifieke milieubelasting. Deze methodieken zouden echter een emissie van CFK's of gebruik van niet hernieuwbare delfstoffen als irrelevant beoordelen omdat deze geen enkel direct effect veroorzaakt in de omgeving van het lozingspunt. Een op een LCA gebaseerde methodiek zou juist een groter belang hechten aan de CFK emissie en het gebruik van niet herwinbare grondstoffen. Zowel locatiespecifieke methodieken als LCA proberen de milieubelasting in kaart te brengen alleen hebben ze een verschillend doel: de eerste richt

zich met name op locatiespecifieke effecten terwijl de laatste zich meer richt op het milieu in algemene zin.

Om een totaalbeeld te krijgen van de 'milieuwinst' van een bepaalde maatregel zou zowel de generieke milieuwinst als de locatiespecifieke milieuwinst berekend moeten worden. Beide getallen zouden in de uiteindelijke investeringsbeslissing meegenomen moeten worden, zie Figuur 2.2. Het eindoordeel zou dan af moeten hangen van het belang dat aan de lokale milieurisico's wordt gehecht ten opzichte van het belang van de meer algemene milieueffecten. Dit rapport zal zich met name richten op de PMM-methodieken welke geënt zijn op de LCA benadering. Zeven van dergelijke op LCA-geënte PMM-methodieken worden in het volgende hoofdstuk besproken waarbij verder wordt ingegaan op de manier waarop de 'generieke milieuwinst' bepaald wordt.

Overigens zijn de LCA-methodieken nog zeer sterk in ontwikkeling. Zo is er een tendens om te komen tot een meer locatiegebonden i.p.v. locatie-onafhankelijke beoordeling van emissies. Eerste aanzetten hiertoe zijn te vinden in de locatie-afhankelijke beoordeling van verzurende emissies (Potting, 2000).

Een ander ontwikkeling is het opnemen van meerdere bedrijfsaspecten binnen de PMM-methodiek zoals interne en externe veiligheid. Onder interne veiligheid verstaan we arborisico's en onder externe veiligheid verstaan we de risico's van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen in inrichtingen en het transport ervan (kleine kans, potentieel grote effecten zoals brand, ontploffing, lekkage etc.). Externe veiligheidsaspecten maken op dit moment nog geen deel uit van operationele LCA methodieken maar er zijn ontwikkelingen gaande om deze te combineren, zie bijvoorbeeld Kramer et al. (1993), Kramer & Moll (1994) en Smit (1994). Omdat deze methodieken nog niet operationeel zijn, zijn veiligheidsaspecten buiten beschouwing gelaten binnen de PMM-methodiek. Een voorbeeld van de operationalisatie van interne veiligheidsaspecten in een PMM-methodiek wordt gegeven door Van den Bremen (2000).



Figuur 2.2: Schematische weergave van aspecten welke een rol spelen bij een investeringsbeslissing. Met gebruikmaking van de PMM-methodiek wordt heel expliciet de milieu-investering afgewogen tegen de generieke en/of locatiespecifieke milieuwinst van de investering en deze informatie wordt in een geaggregeerde vorm gebruikt bij de uiteindelijke afweging.Onder milieu-investering verstaan we alle kosten die te maken hebben met de milieu-investering zoals kapitaalskosten, operationele kosten etc.Een → betekend een informatie 'stroom'

Hoofdstuk 3

Voorbeschouwing methodieken

3.1 Kosteneffectiviteit

Voor het berekenen van de kosteneffectiviteit (vergl 2.1) van een milieumaatregel is zowel informatie nodig over de milieuwinst als wel over de kosten van de milieumaatregel. De nadruk in dit project ligt op het presenteren van verschillende methoden om de milieuwinst in te schatten en niet op het vergelijken van verschillende methodieken om de kosten van een milieumaatregel in te schatten. Kostenberekeningen worden gedaan met behulp van één standaard methode.

Voor het berekenen van de kosten wordt in dit project gebruik gemaakt van een standaard VROM methode: de Milieukostenmethodiek (VROM, 1994; VROM, 1998). De berekening van de kosten wordt gemaakt vanuit het gezichtspunt van degenen die de kosten maakt. Alleen directe kosten worden in de methodiek meegenomen en de VROM kostenmethodiek is dus niet geschikt voor het berekenen van de kosten in de keten. De kosten in de VROM methodiek zijn uitgesplitst naar: kapitaalkosten, operationele kosten, opbrengsten en besparingen, en overdrachten. Een uitgebreidere beschrijving van de kostenmethodiek is te vinden in Bijlage B.

Een ander instrument om kosten te berekenen is Life Cycle Costing (LCC) waarbij de kosten over de gehele levenscyclus van producten en diensten systematisch kunnen worden bepaald (Maas & Jantzen, 1999). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen financiële (of interne) LCC's en maatschappelijke (of externe) LCC's. Bij financiële LCC's worden de interne kosten voor een bedrijf over de hele levenscyclus van het product bepaald[1]. Bij externe LCC's worden ook maatschappelijke kosten (bijvoorbeeld schade aan natuurwaarden e.d.) ook meegenomen. Binnen het kader van dit project zijn externe LCC-methodieken minder relevant omdat de investeringsbeslissing door het bedrijf en kosten voor het bedrijf centraal staat.

1. Deze bestaan uit de directe investeringskosten, onderhoudskosten, personeelskosten maar ook kosten van afdanken en overhead kosten

De kosten van milieumaatregelen zijn vaak redelijk goed bekend of te berekenen. Het bepalen van de milieuwinst van twee verschillende maatregelen is eenduidig te bepalen als ze beide betrekking hebben op één enkele milieu-ingreep, bijvoorbeeld de uitstoot van NO_X. Er is dan geen weging tussen de verschillende milieuaspecten nodig en de milieuwinst kan uitgedrukt worden in vermeden emissie, bijvoorbeeld kg NO_X. De weging wordt lastiger wanneer emissies van meerdere stoffen met elkaar vergeleken moeten worden of wanneer emissies moeten worden vergeleken met andere milieuaspecten zoals landgebruik. Om deze weging mogelijk te maken zijn verschillende methodieken ontwikkeld.

3.2 Bepaling van de generieke milieuwinst

Waarschijnlijk zijn er vele honderden methodieken die gebruikt zouden kunnen worden voor het prioriteren van milieumaatregelen. Enkele voorbeelden zijn: swiss ecopoints (SEP; Ahbe etal., 1990), material intensity per service unit (MIPS; Schmidt-Bleek, 1994), sustainable process index (SPI; Narodoslawsky&Krotscheck, 1995), environmental burden (ICI, 1997).

Zeven methodieken voor het bepalen van de generieke milieuwinst van een maatregel zullen worden besproken. Al deze methodieken berekenen op meer of minder verschillende manier de milieubelasting veroorzaakt door een milieu-ingreep. Tevens hebben de verschillende methodieken een verschillend doel. De meeste methodieken zijn ontwikkeld om milieueffecten over de gehele levenscyclus van producten of diensten te kunnen analyseren en zo te helpen bij ontwikkeling van milieuvriendelijkere producten of diensten. Dit zijn de CML, VROM/CE distance-to-target, Ecoindicator '99, EPS en ExternE methodiek. De VNCI-methodiek is specifiek gericht op het zichtbaar maken van de milieueffecten van emissies bij chemische bedrijven bedoeld om milieurapportages inzichtelijker te maken. De Schaduwprijzen-methodiek is de enige methodiek welke primair bedoeld is als PMM-methodiek.

Vier van deze methoden (VROM/CE distance-to-target, CML, VNCI, Ecoindicator 99) geven de milieuimpact van een proces in een index-getal. Drie van de methoden (EPS, ExternE, S chaduwprijzen) geven de milieuimpact van een proces in geldwaarde. Wanneer deze drie methodieken gecombineerd worden met het begrip kosten-effectiviteit is de PMM-methodiek vergelijkbaar met een Kosten-Baten analyse.

Al deze zeven methodieken volgen in grote lijnen de volgende stappen in het vertalen van de emissies van een proces naar een milieuimpact:

1. inventarisatie van de milieu-ingrepen. Onder milieu-ingrepen wordt verstaan emissies van stoffen maar ook emissie van warmte, oppervlakte land dat in beslag genomen wordt, verbruik van biotische en abiotische hulpbronnen.
2. classificatie waarbij de vertaling van de milieu-ingrepen naar alle relevante milieu-effecten geschiedt via modellen. In de praktijk betekend dit een vermenigvuldiging van de emissie met een zogenaamd 'milieukental' of 'karakterisatiefactor'. De berekening van de milieukentallen wordt gedaan met modellen die rekening houden met de verspreiding van stoffen en blootstellingsroutes. Resultaat van de classificatiestap is een lijst met getallen welke het effect van de emissies op milieuthema's weergeeft (bv verzuring, vermesting) of het effect op 'safe guard subjects' (bv menselijke gezondheid, ecosysteem kwaliteit). Soms zijn de achterliggende modellen zeer ingewikkeld bijvoorbeeld bij de effectbeoordeling van stoffen die bijdragen aan het broeikaseffect. In andere gevallen zijn zij de modellen zeer eenvoudig. Zo is de effectbeoordeling van toxische stoffen in de VROM/CE distance-to-target en Schaduwprijzen-methodiek zeer eenvoudig. Methodieken die emissies vertalen naar effect op milieuthema's noemen we 'midpoint' methoden en methodieken die emissies vertalen naar effecten op 'safe guard subjects' noemen we 'endpoint' methoden.
3. weging van de verschillende milieuthema's of 'safe guard subjects' ten opzichte van elkaar zodat uiteindelijk de milieu-impact in één getal kan worden uitgedrukt. Sommige methodieken (CML, Ecoindicator en VNCI-methodiek vullen deze stap niet expliciet in. Andere methodieken gebruiken een monetaire waardering van de milieu-effecten.

De afzonderlijke stappen zijn in de verschillende methodieken niet altijd als zodanig herkenbaar. Operationeel gezien is stap 1 het meest tijdrovend want alle emissies vanuit een bestaande bedrijfssituatie en de situatie na een te nemen milieumaatregel moeten worden geïnventariseerd. Veelal zijn dergelijke data niet direct beschikbaar en moeten worden gemeten of geschat. Een belangrijke vraag in de inventarisatiestap is welke emissies in beschouwing moeten worden genomen. Deze vraag wordt in de volgende paragraaf verder behandeld.

3.3 Systeemgrenzen

Bij het inventariseren van de emissies is het ook de vraag welke emissies uiteindelijk in kaart moeten worden gebracht. Als voorbeeld zou kunnen dienen een milieumaatregel waarbij de verwarming niet meer geschiedt door het verbranden van aardgas maar door elektrische verhitting waarbij de stroom van buiten het

bedrijf wordt aangekocht. In de oorspronkelijke situatie is er een CO_2- en NO_X-emissie op het bedrijf en na het nemen van de maatregel zijn er geen emissies meer op het bedrijf. Als er helemaal niet buiten de bedrijfspoort wordt gekeken en er geen thema is als energieverbruik, dan kun je een vreemde beoordeling krijgen van de milieuwinst van een milieumaatregel. Een goede PMM-methodiek moet niet alleen de regels bevatten waarmee verschillende emissies tot een getal voor de milieubelasting kunnen worden omgerekend maar moet ook aangeven welke systeemgrenzen in ogenschouw moeten worden genomen.

Alleen de Schaduwprijzen-methodiek welke expliciet is ontwikkeld voor de prioritering van de milieumaatregelen binnen bedrijven geeft regels voor de te hanteren systeemgrenzen. Bij alle andere methodieken ontbreekt een discussie van de te hanteren systeemgrenzen welke relevant zijn voor een PMM-methodiek. Toepassen van alle andere methodieken is alleen mogelijk wanneer de te beschouwen systeemgrenzen eerst worden gedefinieerd.

De door de Schaduwprijzen-methodiek gehanteerde systeemgrenzen zijn gedefinieerd als:

- Alle gewenste en ongewenste milieu-effecten die een maatregel teweegbrengt binnen de bedrijfspoort.
- Emissies die samenhangen met energie-opwekking buiten de bedrijfspoort, ten behoeve van elektriciteits- en warmtevoorziening binnen de poort.
- Emissies door woon-werkverkeer en goederentransport bij aanvoer naar het bedrijf
- Afvalstromen afkomstig van het bedrijf (inclusief transport), maar niet de emissies die ontstaan bij verwerking van afval buiten de bedrijfspoort.

Alhoewel de Schaduwprijzen-methodiek bedoeld is voor het optimaliseren van de processen binnen bedrijven neemt zij toch emissies die samenhangen met energie-opwekking buiten de bedrijfspoort in ogenschouw. Dit is geen scherpe afbakening van de te inventariseren emissies. Het is dan niet duidelijk in hoeverre alle emissies die samenhangen met de energie-opwekking zoals het delven van de steenkool, transport van de brandstof naar de plek van bestemming, etc., etc. in ogenschouw moeten worden genomen.

In plaats van het meenemen van de emissies van de energieopwekking buiten de poort had er ook een milieuthema energieverbruik gedefinieerd kunnen worden. Hiermee worden problemen met de afbakening van de systeemgrenzen voorkomen.

Met een zeer nauwe systeembegrenzing waarbij alleen naar emissies binnen de bedrijfspoort wordt gekeken aangevuld met categorieën als energie en afval is er gevaar voor afwenteling van emissies binnen de poort naar emissies buiten de poort. Zo zou bijvoorbeeld door een te nemen milieumaatregel het gehalte zware

metalen in een product kunnen toenemen welke in de afvalfase kunnen vrijkomen. Wanneer systeemgrenzen beperkt gekozen worden kan er dus een vertekend beeld optreden van de milieuwinst in de keten doordat er afwenteling van emissies naar buiten de bedrijfspoort optreedt.

Aan de andere kant komen gerealiseerde milieuverbeteringen in de keten niet tot uiting in de berekende milieuwinst als er zeer strikte systeemgrenzen worden gebruikt. Bij emissiehandel is dit zeker het geval.

3.4 Korte beschrijving van de methodieken

Hier volgt een korte beschrijving van de zeven geselecteerde methodieken, een uitgebreidere beschrijving van de methodieken is te vinden in Bijlage B. De VROM/CE distance-to-target, CML methode, VNCI methode en Schaduwprijzen-methodiek komen sterk overeen in de vertaling van emissies naar milieuimpact (stap 1 t/m 3) maar de weging tussen de verschillende thema's (stap 4) gaat bij de drie methodieken verschillend.

- Bij de distance-to-target methodiek krijgt elk milieuthema een weegfactor die afhangt van de mate waarin het huidige emissie niveau het nagestreefde emissie niveau (doelniveau) overschrijdt.
- Bij de VNCI en CML methodiek wordt de methode van weging tussen de verschillende milieuthema's niet dwingend voorgeschreven.
- Bij de Schaduwprijzen-methodiek wordt gewogen met de zogenaamde schaduwprijzen. Deze schaduwprijs weerspiegelt de kosten die de maatschappij er voor over heeft het betreffende milieudoel voor een milieuthema te bewerkstelligen (preventiekosten-methode). Overigens wordt voor enkele thema's overgestapt op een directe schadewaarderingsmethode. De emissies worden uiteindelijk uitgedrukt in een geldwaarde.

De Schaduwprijzen-methodiek is speciaal ontwikkeld voor gebruik als PMM--methodiek binnen bedrijven. De Schaduwprijzen-methodiek is sterk gericht op beleidsdoelen. De VNCI methode is bedoeld als hulpmiddel bij het maken van milieujaarverslagen in de chemische industrie. Met deze methodiek is het mogelijk om inzichtelijk te maken wat de milieu-effecten van de jaarlijkse emissies zijn zoals deze gerapporteerd worden in de milieujaarverslagen. Ook de VROM/CE distance-to-target methode is gericht op beleidsdoelen maar is een meer generalistische methode niet speciaal bedoeld voor de beoordeling van de 'milieuwinst' van een te nemen milieumaatregel. De CML methode is een generalistische methode primair bedoeld om de milieubelasting van een product vanaf "zijn wieg tot aan zijn graf" in kaart te brengen.

De opzet van de Eco-indicator 99 methodiek is verschillend van de CML, VNCI, distance-to-target en Schaduwprijzen-methodiek. Emissies worden niet vertaald naar hun bijdrage aan een bepaald milieuthema zoals verzuring of vermesting etc., maar worden uiteindelijk vertaald naar schade aan drie zogenaamde 'safe guard subjects': menselijke gezondheid, ecosysteem kwaliteit en natuurlijke hulpbronnen. De scores op deze drie 'safe guard subjects' moeten uiteindelijk tegenover elkaar afgewogen worden waarvoor een standaard set van weegfactoren beschikbaar is maar deze set van weegfactoren is niet dwingend voorgeschreven. Deze methodiek is, net als de CML-methodiek, primair bedoeld om de milieubelasting van een product vanaf "zijn wieg tot aan zijn graf" in kaart te brengen om product ontwikkelaars in staat te stellen het meest milieuvriendelijke alternatief van een product te ontwikkelen.

Bij de EPS-methodiek worden emissies eerst vertaald naar schade aan een vijftal thema's: natuurlijke hulpbronnen, menselijke gezondheid, esthetische waarden, herstelvermogen van het ecosysteem en ecosysteem productie capaciteit. Het bepalen van het gewicht van de schade wordt gedaan op basis van economische waarde. De economische waarde van een te beschermen thema wordt berekend op basis van de hoeveelheid geld die de maatschappij spendeert aan het voorkomen/herstellen van schade of hoeveel geld men bereid is te betalen voor het voorkomen van schade ('willingness to pay'). Deze methodiek is bedoeld om de milieubelasting van een product vanaf "zijn wieg tot aan zijn graf" in kaart te brengen. Hiermee kunnen productontwikkelaars het meest milieuvriendelijke alternatief van een product ontwikkelen.

De ExternE methode is een buitenbeentje tussen de andere gepresenteerde methodieken. Ze is geheel gericht op het in kaart brengen van de externe effecten[2] van de energieketen. Slechts een klein aantal emissies wordt daarbij meegenomen. De ExternE doorloopt ook de stappen 1 t/m 4. De weging tussen verschillend effecten gebeurt op basis van 'willingness to pay'. De uiteindelijke milieuscore wordt uitgedrukt in een geldbedrag.

Geen van de methodieken wegen een milieuthema externe veiligheid mee in de uiteindelijke milieuscore. Wel zijn er aanzetten tot het opnemen van interne veiligheid in de Schaduwprijzen-methodiek (Van den Bremen, 2000). Enkele methodieken (CML- en Schaduwprijzen-methodiek) nemen wel hinder aspecten mee zoals geur en geluid in de uiteindelijke milieuscore maar deze hinder aspecten zijn veelal beperkt uitgewerkt.

2. In deze context zijn externe effecten zijn de kosten voor de maatschappij en het milieu veroorzaakt door energieverbruik welke niet in de kostprijs van energieverbruik verrekend zijn.

Tabel 3.1: Overzicht van kenmerken van de verschillende methodieken om allerlei verschillende milieu-ingrepen ten opzichte van elkaar te wegen om zodoende de 'milieuwinst' van een milieumaatregel te bepalen.

kenmerk	VROM/CE Distance to target	Eco-indicator	CML	VNCI	EPS	ExternE	Schaduw-prijzen	Toelichting
aantal eindscores	6	3	15	7	1	1	1	Enkele methodieken komen op één milieuindex getal of geldwaarde uit. De Ecoindicator me-thodiek komt tot een getal voor de kwantificering van schade aan drie verschillende mili-euthema's en de VNCI en CML methodieken komen uit op een getal voor vele verschillende milieueffecten.
op Nederlands beleid gerichte besluitvorming	ja	nee	nee	nee	nee	nee	ja	Twee methodieken hanteren Nederlandse normen voor concentraties in verschillende milieu-compartimenten.
emissies naar lucht	>100	>100	>100	>100	>100	10	<100	Inventarisatie van emissies naar de lucht is over het algemeen uitgebreid. Alleen ExternE neemt slechts 10 emissies in beschouwing welke vrij komen bij verbranding
emissies naar water	>100	≈90	>100	>100	44	ontbreekt	<100	Het aantal emissies naar water welk in beschouwing wordt genomen bij de CML, VNCI en Schaduwprijzen-methodiek is uitgebreid. Andere methodieken nemen heel weinig of geen emissies naar water mee.
emissies naar de bodem	>100	≈70	>100	ontbreekt	44	ontbreekt	<100	Inventarisatie van emissies naar de bodem is in de CML en Schaduwprijzen-methodiek zeer uitgebreid. Wat minder bodememissies worden in ogenschouw genomen in de EPS en Ecoindicator methode. De andere methodes inventariseren geen emissies naar de bodem.
afval	ontbreekt	ontbreekt	ontbreekt	ontbreekt	ontbreekt	ontbreekt	aanwezig	Alleen de Schaduwprijzen-methodiek kent een waarde toe aan het ontstaan van afval.
landgebruik	ontbreekt	aanwezig	aanwezig	ontbreekt	ontbreekt	ontbreekt	ontbreekt	Alleen de CML en Ecoindicator methodiek trachten verandering van landgebruik te kwantificeren.
hinder (geur/geluid)	ontbreekt	ontbreekt	beperkt aanwezig	ontbreekt	ontbreekt	ontbreekt	beperkt aanwezig	Inventarisatie van hinder aspecten is in alle methodieken niet of niet erg ver uitgewerkt
delfstoffenwinning	ontbreekt	40	99	ontbreekt	93	ontbreekt	ontbreekt	Onttrekking van (bijna) alle elementen plus fossiele brandstoffen is meegenomen in de CML-methodiek en EPS methodiek. Wat minder elementen worden meegenomen in de Ecoindicator methode en andere methodieken nemen uitputting van natuurlijke hulpbronnen niet mee.
diepte van de analyse	tot effect op milieuthema	tot schade aan 'safe guard subject'	tot effect op milieuthema	tot effect op milieuthema	tot schade-bedrag	tot schade-bedrag	tot schade-bedrag	Hierbij wordt bedoeld in hoeverre de vertaling van een emissie naar een milieubelasting gaat. Bij de CML en VNCI methodiek wordt alleen een milieueffect gemodelleerd. De Ecoindicator kwantificeert vanuit een milieueffect[#] ook de milieuschade en de monetaire methodieken modelleren ook de monetaire waarde van het milieueffect of milieuschade.
volledigheid van de analyse	onvolledig	zeer onvolledig	onvolledig	onvolledig	zeer onvolledig	zeer onvolledig	zeer onvolledig	Bij het vertalen van een emissie naar een milieueffect en/of milieuschade worden lang niet alle schade en of effect routes in ogenschouw genomen. Hoe verder gemodelleerd wordt hoe kleiner de volledigheid van de methode is.
impliciete weging tussen de thema's	ja	nee	nee	nee	ja	ja	ja	Bij de Ecoindicator, CML en VNCI methodiek is de weging tussen thema's expliciet. De VROM/CE distance-to-target methode gebruikt een impliciete weging welke wordt bepaald door het belang dat de overheid geeft aan een bepaald milieuthema. De monetaire methodieken maken ook gebruik van weging alleen wordt de waarde van een milieuthema of emissie bepaald aan de hand van de geldelijke waarde die de maatschappij direct of indirect aan een milieueffect geeft (Shechter, 1997). Dit is een vorm van impliciete weging
onderhoud methodiek	?	ja	ja	ja	ja	ja	ja	In bijlage B staan de instanties/instituten vermeld die de methodiek onderhouden/ontwikkelen

[#] In dit rapport wordt het woord milieueffect gebruikt voor het aanduiden van effecten op verschillende milieuthema's zoals verzuring, broeikaseffect etc. De methodieken die de milieubelasting berekenen door milieueffecten te berekenen worden wel 'midpoint' methodieken genoemd. Methodieken die de milieuschade proberen te berekenen in de vorm van 'years life lost' of uitsterven van diersoorten worden wel 'endpoint' methodieken genoemd.

Hoofdstuk 4

Bevindingen naar aanleiding interviews

4.1 Inleiding

Met zestien Zeeuwse bedrijven is contact gezocht en uiteindelijk dertien bedrijven konden worden geïnterviewd in de periode van 9 maart t/m 20 maart 2001. De bezochte bedrijven hebben allen een door de provincie Zeeland verleende milieuvergunning. De geïnterviewde bedrijven staan vermeldt in Bijlage A. Naast de Zeeuwse bedrijven zijn ook de provincie Zeeland en Rijkswaterstaat, directie Zeeland als vergunningverleners en de Zeeuwse Milieufederatie geïnterviewd.

In de interviews met de Zeeuwse bedrijven is onderzocht hoe zij investeren in milieumaatregelen, hoe deze investeringsbeslissingen tot stand komen en welke rol PMM-methodieken daarin spelen of zouden kunnen spelen. Tevens is er gevraagd aan welke eisen PMM-methodieken zouden moeten voldoen.

In de interviews met de Provincie, Rijkswaterstaat en de Zeeuwse Milieufederatie is onderzocht wat voor indruk zij hebben van de aanpak van emissies door de bedrijven, hoe zij de besluitvorming over te nemen milieumaatregelen bij bedrijven ervaren en welke visie zij hebben op het gebruik van een PMM-methodiek door bedrijven of de overheid.

Achtereenvolgens worden de resultaten van de interviews met de bedrijven en de milieubeweging/overheid besproken.

4.2 Resultaten interviews bedrijven

4.2.1 Algemene resultaten

De interviews zijn alle afgenomen met milieucoördinatoren/managers van de desbetreffende bedrijven, zie ook Bijlage A. Alhoewel het hogere management ook uitgenodigd was voor deze interviews is er niet op deze uitnodigingen ingegaan.

De meeste van de bedrijven behoren tot de chemische industrie, hieronder vallen o.a. aardolieraffinaderijen, kunstmestfabrikanten en zetmeelproducenten. Daarnaast is er een aluminium producent en een metaal constructiebedrijf geïnterviewd. De grootte van de bedrijven varieert van zo'n honderd tot ca. tweeduizend werknemers.

De chemische bedrijven hebben veelal diverse emissies en afvalstromen waar een PMM-methodiek zou kunnen bijdragen aan het prioriteren van de milieumaatregelen. Er is één bedrijf waar slechts twee milieu-aspecten en rol spelen.

De resultaten van de interviews zijn samengevat in drie tabellen met de drie achtereenvolgende interviewthema's: welke omvangrijke milieumaatregelen zijn de afgelopen tien jaar genomen en welke milieumaatregelen gaan er genomen worden; hoe vindt de besluitvorming over te nemen milieumaatregelen plaats; welke rol zouden PMM-methodieken kunnen spelen in beslissingen over te nemen milieumaatregelen. De besproken aspecten zijn aangeduid op een schaal van '+', '++' of '+++' waarbij '+' weinig bedrijven betekend en '+++' vrijwel alle bedrijven betekend.

4.2.2 Aanpak van omvangrijke milieumaatregelen

De aandacht gaat hierbij uit naar de resultaten die de laatste tien jaar zijn geboekt en naar de plannen voor de komende jaren.

	Score geïnterviewde bedrijven	Toelichting
a. Energiebesparing.	+++	Voor nagenoeg alle bedrijven geldt dat sprake is van een groot energieverbruik (benchmarking-categorie). Energieverbruik heeft bij alle bedrijven de aandacht omdat reductie van het energieverbruik ook een economisch voordeel kan opleveren. De grootste reductie in energieverbruik per productie eenheid is reeds in de 70'er jaren gerealiseerd. Nu zijn de processen al dusdanig efficiënt dat een zeer sterke reductie in energieverbruik per productie eenheid niet meer is te realisen.
b. Reductie van emissies naar lucht.	++	Emissies van vluchtige koolwaterstoffen zijn de laatste jaren bij de meeste bedrijven sterk omlaag gebracht. Nu puntbronnen zijn gesaneerd krijgen de diffuse emissies meer aandacht. Ook de emissie van verzurende stoffen (NO_X, SO_2) zijn flink aangepakt maar deze emissies moeten nog verder worden teruggebracht.
c. Reductie van emissies naar water.	++	Veel bedrijven hebben de emissie van meststoffen of organische microverbindingen flink weten terug te brengen mede doordat de waterzuiveringstechnieken (anaërobe waterzuivering) de afgelopen jaren sterk verbeterd zijn
d. Aanpak van afvalstromen/-nevenprodukten.	++	Een aantal bedrijven hebben nevenproducten uit hun bedrijfsproces welke door de overheid als afval worden aangemerkt. Sommige bedrijven weten van nevenproducten zeer nuttige producten te maken. Reductie van allerlei bedrijfsafval (verpakkingen, pallets, poetsdoeken, restijzer) en kantoorafval krijgt flink wat aandacht
e. Hinder (stank-/lawaai/stof).	+	Voor veel bedrijven is dit geen groot punt van aandacht omdat deze voor Nederlandse begrippen ver van woonkernen afliggen. Bij bedrijven welke wel dicht tegen een woonkern aanliggen hebben deze aspecten continu de aandacht

4.2.3 Besluitvorming over milieumaatregelen

De aandacht gaat hierbij uit naar de wijze waarop besluitvorming tot stand komt en de intenties m.b.t. de toekomstige aanpak.

	Score geïnterviewde bedrijven	Toelichting
a. Gedreven door wet- en regelgeving en convenanten	+++	Voor nagenoeg alle bedrijven werd aangegeven dat meer dan 90% van de uitgevoerde milieumaatregelen tot stand is gebracht reagerend of anticiperend op wet- en regelgeving.
b. Beperkt gedelegeerd door concerndirectie	+++	Finale besluitvorming over (milieu)investeringen is over het algemeen niet in handen van de Zeeuwse vestiging; de -veelal buitenlandse- concerndirectie bepaalt. De (milieucoördinator van de) Zeeuwse vestiging heeft daarbij tot taak overtuigende voorstellen te doen die zijn onderbouwd conform interne bedrijfsregels.
c. Streven naar uitmuntende aanpak milieuaspect(en)	+	De meeste bedrijven streven naar continue verbetering op milieugebied, conform ISO-14001. Meerdere bedrijven stellen zich daarbij ten doel om op bepaalde milieu-aspecten (ver) vooruit te lopen. Het gaat daarbij vooral om verdergaande reductie van het energieverbruik (conform benchmarkings-overeenkomst) en reductie van andere sterk kostengerelateerde milieu-aspecten zoals waterverbruik.
d. Specifiek budget voor extra milieumaatregelen	0	Het streven naar continue verbetering op milieugebied (conform ISO-14001) wordt binnen de geïnterviewde bedrijven niet aangestuurd m.b.v. een specifiek budget. Mogelijke milieumaatregelen worden veelal geïdentificeerd als onderdeel van verderstrekkende investeringsbeslissingen (bijvoorbeeld bij vervangings-investeringen of procesaanpassingen) en worden dan binnen die context in beschouwing genomen.

4.2.4 Visie op prioritering van milieumaatregelen

Hierbij is geïnventariseerd of bedrijven al een PMM-methodiek gebruiken, welke eisen worden gesteld aan een eventueel te gebruiken PMM-methodiek en of er een behoefte is aan een inventarisatie van de milieubelasting van producten in de keten.

	Score geïnterviewde bedrijven	Toelichting
a. Ervaring met PMM-methodieken	+	Slechts enkele bedrijven hebben ervaring met de ontwikkeling en het gebruik van prioriteringsmethodieken. Daarbij gaat het met name om de Schaduwprijzen-methodiek en de VNCI-methode.
b. Opsplitsen in inventarisatie- en wegings-stap	+++	Voor nagenoeg alle bedrijven werd aangegeven dat men positief staat tegenover een aanpak waarbij de -subjectieve- weging expliciet wordt afgezonderd van de voorafgaande inventarisatie en classificatie van milieugegevens en andere data. Daarbij werd van verschillende kanten gepleit voor beschouwing van alle milieuthema's, met een duidelijk onderscheid tussen wel en niet locatiespecifieke milieu-aspecten. Voorts werd er op gewezen dat slechts gezaghebbende resultaten worden verkregen m.b.v. een transparante methodiek die ook internationaal acceptabel is qua uitgangspunten en normen.
c. Wegingsstap afstemmen op bredere afweging	++	Voor een aantal bedrijven werd naar voren gebracht dat zou kunnen worden bezien of de wegingsstap kan worden ingebed in de bredere afweging op bedrijfsniveau, waarbij naast kosten ook elementen als veiligheid, imago en (markt)strategische overwegingen in het geding zijn. Daarbij werd gepleit voor een zodanige flexibiliteit van de methodiek dat zelf wegingsfactoren aan milieuthema's kunnen worden toegewezen.
d. Houding t.a.v. toekomstig gebruik PMM-methodiek	+++	Voor nagenoeg alle bedrijven werd aangegeven dat een gezaghebbende methodiek voor de prioritering van milieumaatregelen gebruikt zou worden indien deze zou aansluiten op praktische eisen m.b.t. uitvoerbaarheid en communiceerbaarheid. Primair wordt daarbij gedacht aan gebruik t.b.v. interne afwegingen, planning en fasering en eventueel aan gebruik bij overleg over vergunningen.

4.3 Resultaten interviews milieubeweging en overheden

4.3.1 Algemene resultaten

In het algemeen kan gezegd worden dat het beeld van de geïnterviewden uit de kring van overheden en milieubeweging goed overeenkomt met het beeld dat naar voren komt uit de interviews met de bedrijven. In onderstaande overzichten wordt aangegeven welke kanttekeningen en opmerkingen daarbij naar voren werden gebracht.

4.3.2 Aanpak milieumaatregelen door bedrijven

Het beeld dat naar voren komt uit de interviews met bedrijven (4.2.2) komt goed overeen met het beeld van de geïnterviewden uit de kring van overheden [O] en milieubeweging [M]. In de onderstaande tabel zijn de belangrijkste opmerkingen over de milieusituatie op de diverse thema's kort samengevat.

	Opmerkingen
a. Algemeen	- Bedrijven zitten thans in een proces om te komen tot een meer systematische aanpak van milieuzorg en een meer structurele aanpak van milieuproblemen. [O] - Na(ast) de inspanningen gericht op het verbeteren van bestaande processen zou nu ook de stap moeten worden gezet naar een echt innovatieve aanpak.[M] - De aandacht dient niet zozeer te worden gericht op prioritering tussen milieuthema's, maar op prioritering binnen milieuthema's. [M]
b. Energiebesparing	- Energiebesparing krijgt de laatste tijd veel aandacht. [O] - Tot dusver werd vooral gefocust op procesefficiëntie. [M] - Trendbreuken hebben zich nog niet voortgedaan en dit is zorgelijk omdat het energieverbruik in absolute termen nog steeds stijgt. [M]
c. Reductie van emissies naar lucht	- Emissies naar lucht zouden nog verder moeten worden teruggebracht.[M] - Preventie en bemonstering van de emissies van met name NO_x, SO_2 en fijn stof verdient meer aandacht, evenals 'nieuwe stoffen'. [M]
d. Reductie van emissies naar water	- Emissies naar het water zijn zeer sterk gereduceerd o.a. door succesvolle anaërobe waterzuiveringen. [O, M] - Puntbronnen zijn goed terug gedrongen. De meeste bedrijven zitten nu in een 'beheerssituatie'; zij hebben de best bestaande of best uitvoerbare techniek in huis om emissies naar het water tegen te gaan. [O, M]
e. Aanpak van afvalstromen/-nevenprodukten	- Met de aanpak van afval is een goede start gemaakt, maar er dient nog het nodige te gebeuren. [M] - Resultaten zijn nog m.b.t. diverse afvalstromen te gering. [M]
e. Hinder (stank/lawaai/-stof)	- Deze thema's hebben vooral in het verleden veel aandacht gehad.[O] - Hinder speelt nu met name in de Kanaalzone (zowel stof- als lawaaioverlast). [M] - Lichthinder is een fenomeen dat aandacht verdient. [M]
f. Overig	- Externe veiligheid is een belangrijk punt, ook vanwege de mogelijk grote omvang van lozingen bij calamiteiten. [O] - Vooral de veiligheid in relatie tot mobiele bronnen vergt aanpak. [M] - Relevante aandachtspunten zijn verder ook 'reductie van materiaalgebruik' en bodemverontreiniging. [O]

4.3.3 Besluitvorming over milieumaatregelen

Het beeld dat naar voren komt uit de interviews met bedrijven (4.2.3) komt goed overeen met het beeld van de genterviewden uit de kring van overheden en milieubeweging. In de onderstaande tabel zijn de belangrijkste opmerkingen naar aanleiding van de beschouwing over de besluitvorming over milieumaatregelen kort samengevat.

	Opmerkingen
a. Gedreven door wet- en regelgeving en convenanten	- Meer dan 90% van de uitgevoerde milieumaatregelen wordt tot stand gebracht reagerend of anticiperend op wet- en regelgeving. [Alle geïnterviewden waren het eens met deze bevinding van §4.2.1.][O, M] - Het is van belang dat een 'sturende' overheid goed optreedt als regisseur en eindverantwoordelijke voor het milieubeleid. [O, M] - Convenanten dienen tot wet- en regelgeving te worden gerekend. [O]
b. Beperkt gedelegeerd door concerndirectie	- Naar buiten toe zou dit transparanter kunnen worden gemaakt. [O, M] - Lokale directies hebben hun eigen verantwoordelijkheid. Er moet worden gezorgd voor een eindresultaat dat bindend is voor zowel de lokale directie als de concerndirectie. [O]
c. Streven naar uitmuntende aanpak milieuaspect(en)	- De waarde van ISO 14001 als middel om de milieubelasting door het bedrijf te beheren en (continu) verbeteren moet in de praktijk nog bewezen worden. - Van resultaten van (besluitvorming over) verdergaande milieumaatregelen merkt ZMF nog weinig. [M] - De waarde van ISO 14001 is vooral gelegen in de vastlegging en borging van gegevens. [O] - ALARA zegt weinig wanneer het gaat om bedrijven die dominant zijn in hun marktsector.[M] - Het doorvoeren van procesvernieuwingen dient veel meer gestimuleerd te worden. Hiervoor dienen andere procedures/instrumenten ingezet te worden dan ISO-14001. [O]

4.3.4 Visie op prioritering milieumaatregelen

Met de wens om te komen tot -verantwoord gebruik van- een gezaghebbende methodiek voor de prioritering van milieumaatregelen wordt ingestemd. Daarbij zien de geïnterviewden uit de kring van overheden en milieubeweging als begin een introductiefase waarin bedrijven en overheid gezamenlijk ervaring opdoen. In deze fase zijn facilitering, scholing en training van bijzonder belang. Voor wat betreft de uitvoering van een PMM-analyse werden ten aanzien van zowel de procedurele als de inhoudelijke aanpak diverse punten naar voren gebracht.

Procedureel

- Een transparante opsplitsing van de PMM-methodiek in een inventarisatiestap en een wegingsstap wordt wenselijk geacht. [O]
- Het is goed te streven naar internationale overeenstemming over bijvoorbeeld te hanteren weegfactoren en methodiek, maar het is niet wenselijk hierop te wachten. [O, M]
- Er zou een standaard aanpak moeten uitkristalliseren die gezaghebbende PMM-resultaten oplevert. Van zo'n aanpak zou kunnen worden afgeweken bij bijvoorbeeld bedrijfsintern gebruik met eigen weegfactoren. Ten aanzien van de vervlechting van de PMM-methodiek met andere bedrijfsanalyses bestaan bedenkingen. Bij extern gebruik zouden PMM-methodiek en resultaten zo transparant mogelijk moeten zijn. [M]

- Voorkomen moet worden dat naar gewenste resultaten wordt toegerekend. Voor bepaalde gevallen zou kunnen worden bezien of een onafhankelijke doorlichting (peer review) wenselijk is, bijvoorbeeld ten aanzien van inschattingen van de milieuwinst of de validiteit van de economische onderbouwing. [O]

Inhoudelijk

- Een PMM-methodiek dient objectief te kwantificeren, zonder dat oeverloze discussies kunnen ontstaan over de wetenschappelijke juistheid van de analyse resultaten. [O]
- In kosten-baten analyses die deel uitmaken van een PMM-methodiek dienen ook maatschappelijke kosten te worden inbegrepen. [O, M]
- Bij de kwantificering in een PMM-methodiek zou een extra waardering (bonus) moeten worden gegeven aan milieumaatregelen die een vorm van procesvernieuwing behelzen die verder gaat dan verbetering van de efficiency van een bestaand proces en end-of-pipe maatregelen. Dit om 'echte' preventie met meer lange-termijn perspectieven te stimuleren. [O, M]
- Bij de systeemafbakening binnen een PMM-methodiek is het van belang op evenwichtige wijze aandacht te geven aan milieugevolgen 'elders in de keten' (ketenbenadering). [O]
- Binnen (de resultaten van) een PMM-methodiek dient expliciet onderscheid te worden gemaakt tussen lokale milieuthema's en algemene milieuthema's. Dit onder andere omdat lokale effecten van bijzonder belang zijn bij bestuurlijke afwegingen. [O]

Hoofdstuk 5

Uitgangspunten voor de opzet van een PMM-methodiek

5.1 Inleiding

Op basis van de uitkomsten van de interviews zijn een aantal uitgangspunten voor de opzet van een PMM methodiek geformuleerd. Omdat de uitgangspunten zijn geformuleerd vanuit de interviews met bedrijven en overheden mag verwacht worden dat deze draagvlak hebben bij de bedrijven. Confrontatie van de uitgangspunten met de bestaande PMM-methodieken zoals besproken in Hoofdstuk 3 geeft aan welke methodieken meer of minder geschikt zijn voor het gebruik binnen een PMM-methodiek.

5.2 Uitgangspunten

1. De PMM-methodiek dient in de eerste plaats instrumenteel te zijn bij het opstellen van bedrijfsmilieuplannen, met in het verlengde daarvan een rol bij de ontwikkeling van vergunningen (conform inleiding projectbeschrijving). Gegeven deze focus én de door het betrokken bedrijfsleven naar voren gebrachte wensen dient de PMM-methodiek te worden opgezet voor gebruik als instrument in de context van de interne procedures binnen de betreffende bedrijven.
2. Hiertoe is het in de eerste plaats wenselijk dat de PMM-methodiek leidt tot een samenvattende rapportage die direct een concreet (kwantitatief) inzicht geeft in:
   - het aandeel van mogelijk te vermijden milieu-effecten in de totale milieubelasting van - het relevante deel van - de bedrijfsvoering;
   - de mate waarin deze milieu-effecten relevant zijn in relatie tot o.a. vergunde emissies en exploitatiekosten

3. Voorts dient de PMM-methodiek de mogelijkheid te bieden om toegepast te worden:
   I bij bedrijfsinterne verkenningen van de overall-milieugevolgen van (milieu)maatregelen;
   II bij bedrijfsinterne voorbeschouwing van mogelijke alternatieven voor opgelegde milieumaatregelen (i.c. uitruil);
   III bij overleg over nieuwe BMP's uitmondend in milieuvergunningen;
   IV bij de onderbouwing en eventueel publieke verantwoording van de aanpak van de bedrijfs-milieuzorg.
4. Het werken met de PMM-methodiek behelst feitelijk twee stappen:
   - inventarisatie en classificatie van relevante milieudata en andere gegevens;
   - weging van de aan een maatregel toegerekende milieu-effecten.
5. Voor wat betreft de tweede stap (weging) dient te worden bedacht:
   - dat over de grondslagen die bij weging dienen te worden gehanteerd vooralsnog geen (internationale) consensus bestaat,
   - dat weging hoe dan ook controverses oproept,
   - dat het wenselijk kan zijn de grondslagen voor weging aan te passen aan locatiespecifieke of bedrijfsspecifieke omstandigheden,
   - dat hierbij vanuit het bedrijfsleven wordt gepleit voor een internationaal georiënteerde aanpak en 'flexibiliteit'.
6. Tegen deze achtergrond is het van bijzonder belang dat wordt zorg gedragen voor een goed gestructureerde procedurele inbedding van de wegingsstap binnen de PMM-methodiek. Daarbij dient onderscheid te worden gemaakt naar de toepassingscategorie (I t/m IV) en naar het soort bedrijf. Specifieke aandacht verdient verder de mogelijke inpassing in een breder afwegings-kader waarbij bijvoorbeeld ook kostenaspecten, veiligheidsaspecten en strategische belangen worden meegewogen.

5.3 Perspectiefrijke methodieken

Kenmerken van een methodiek welke van belang zijn wanneer de methodiek gebruikt gaat worden als PMM-methodiek zijn omschreven in de voorgaande paragraaf. In deze paragraaf worden de zeven geselecteerde methodieken geconfronteerd met deze voor een PMM-methodiek relevante kenmerken. De vier kenmerken waarop de methodieken beoordeeld worden, zijn:

- uitvoerigheid van de methodiek
- onafhankelijkheid van resultaten voor aannames in de methodiek
- transparantie van de methodiek
- efficiëntie van de methode

In Tabel 5.3 zijn de zeven methodieken beoordeeld op deze vier kenmerken. Een toelichting op de vier kenmerken staat onder Tabel 5.3 evenals een toelichting per methodiek. Bedacht moet worden dat niet alle kenmerken van een methodiek worden beoordeeld, de score relatief is ten opzichte van elkaar, en de beoordeling grotendeels subjectief van karakter is omdat de methodieken vaak niet beoordeeld konden worden met objectieve criteria.

Tabel 5.1: Beoordeling van methodieken voor gebruik binnen een PMM-methodiek

Methodiek	Uitvoerigheid van de methodiek	Onafhankelijkheid van resultaten voor aannames in de methodiek	Transparantie van de methodiek	Efficiëntie van de methode
CML	redelijk	matig	redelijk	matig
Distance-to-target	matig	matig	redelijk	matig
Ecoindicator	redelijk	gering	matig	matig
EPS	redelijk	gering	gering	matig
ExternE	gering	gering	gering	matig
Schaduwprijzen	matig	gering	redelijk	goed
VNCI	matig	matig	redelijk	matig

Toelichting per criterium

- De waardering op uitvoerigheid is beter naarmate:
  - meer milieu-aspecten worden meegenomen
  - meer emissies toegerekend kunnen worden
- De onafhankelijkheid van resultaten voor aannames in de methodiek is beter naarmate:
  - milieuscores minder worden bepaald door aannames
  - de afweging tussen milieuthema's of 'safe guard subjects' minder discutabel is
- De score op transparantie is beter naarmate:
  - beter aan de karakterisatiefactoren te zien is welke effecten zijn meegenomen

- de weging tussen de thema's meer expliciet wordt verantwoord

- De score op efficiëntie is beter naarmate:
  - de praktische uitvoering eenvoudiger en minder tijdrovend is
  - de methodiek beter is toegesneden op het prioriteren van milieumaatregelen bij bedrijven

Toelichting per methodiek

- CML-methodiek
  Een redelijk uitvoerige analyse van veel milieu-aspecten is mogelijk, kent veel karakterisatiefactoren. De modellen waarmee de karakterisatiefactoren worden bepaald bevatten zeer veel aannames dus de resultaten zijn slechts 'matig' onafhankelijk van deze aannames. De transparantie van de methodiek is redelijk omdat deze een expliciete wegingsstap kent en aan de karakterisatiefactoren te zien is welke milieu-aspecten beoordeeld worden. De praktische toepasbaarheid voor bedrijven is matig omdat apart ketengegevens opgezocht dienen te worden en de CML methodiek niet is toegesneden op het prioriteren van milieumaatregelen.

- Distance-to-target methodiek
  Een minder uitvoerige analyse van veel milieu-aspecten dan de CML-methodiek is mogelijk.De modellen waarmee de karakterisatiefactoren worden bepaald bevatten zeer veel aannames dus de resultaten zijn 'matig' onafhankelijk van deze aannames.De transparantie van de methodiek is redelijk omdat deze een expliciete wegingsstap kent en aan de karakterisatiefactoren te zien is welke milieu-aspecten beoordeeld worden.De praktische toepasbaarheid voor bedrijven is matig omdat apart ketengegevens opgezocht dienen te worden en de distance-to-target methodiek niet is toegesneden op het prioriteren van milieumaatregelen.

- Ecoindicator '99 methodiek
  Een redelijk uitvoerige analyse van veel milieu-aspecten is mogelijk, kent veel karakterisatiefactoren. De modellen waarmee de karakterisatiefactoren worden bepaald bevatten zeer veel aannames. Tevens wordt in deze methodiek 'verder' gemodelleerd dan in de CML-methodiek want de CML-methodiek gebruikt zogenaamde 'mid-point' indicatoren en de Ecoindicator methodiek 'end-point' indicatoren waarbij meer aannames nodig zijn. Resultaten zijn in geringe mate onafhankelijk van deze aannames. De transparantie van de methodiek is matig omdat deze een expliciete wegingsstap kent maar aan de karakterisatiefactoren niet te zien is welke milieu-aspecten beoordeeld worden. De praktische toepasbaarheid voor bedrijven is matig omdat apart ketengegevens opgezocht dienen te worden

en de Ecoindicator methodiek niet is toegesneden op het prioriteren van milieumaatregelen.

- EPS- methodiek
  Een redelijk uitvoerige analyse van veel milieu-aspecten is mogelijk, kent veel karakterisatiefactoren. De modellen waarmee de karakterisatiefactoren worden bepaald bevatten zeer veel aannames. Tevens wordt in deze methodiek 'verder' gemodelleerd dan in de CML en Ecoindicator-methodiek want de CML-methodiek gebruikt zogenaamde 'mid-point' indicatoren en de EPS methodiek gebruikt 'end-point' indicatoren welke gemonetariseerd worden waarbij meer aannames nodig zijn. Resultaten zijn in geringe mate onafhankelijk van deze aannames. De transparantie van de methodiek is gering omdat deze geen expliciete wegingsstap kent en aan de karakterisatiefactoren niet te zien is welke milieu-aspecten beoordeeld worden. De praktische toepasbaarheid voor bedrijven is matig omdat apart ketengegevens opgezocht dienen te worden en de EPS methodiek niet is toegesneden op het prioriteren van milieumaatregelen.
- ExternE-methodiek
  Deze methodiek kent slechts een gering aantal karakterisatiefactoren. De uitvoerigheid van de analyse wordt dan ook als gering beoordeeld. De modellen waarmee de karakterisatiefactoren worden bepaald bevatten zeer veel aannames. Tevens wordt in deze methodiek 'verder' gemodelleerd dan in de CML en Ecoindicator-methodiek want de CML-methodiek gebruikt zogenaamde 'mid-point' indicatoren en de ExternE methodiek gebruikt 'end-point' indicatoren welke gemonetariseerd worden waarbij meer aannames nodig zijn. Resultaten zijn in geringe mate onafhankelijk van deze aannames. De transparantie van de methodiek is gering omdat deze geen expliciete wegingsstap kent en aan de karakterisatiefactoren niet te zien is welke milieu-aspecten beoordeeld worden. De praktische toepasbaarheid voor bedrijven is matig omdat apart ketengegevens opgezocht dienen te worden en de ExternE methodiek niet is toegesneden op het prioriteren van milieumaatregelen.
- Schaduwprijzen-methodiek
  Deze methodiek kent een behoorlijk aantal karakterisatiefactoren maar minder dan de CML-methodiek. De uitvoerigheid van de analyse wordt dan ook als matig beoordeeld. De modellen waarmee de karakterisatiefactoren worden bepaald bevatten zeer veel aannames. Tevens wordt in deze methodiek 'verder' gemodelleerd dan in de CML en Ecoindicator-methodiek want de CML-methodiek gebruikt zogenaamde 'mid-point' indicatoren en de Schaduwprijzen methodiek gebruikt 'end-point' indicatoren welke gemonetariseerd worden waarbij meer aannames nodig zijn. Resultaten zijn

in geringe mate onafhankelijk van deze aannames. De transparantie van de methodiek is redelijk omdat de wegingsstap expliciet gemaakt kan worden. De methodiek blinkt uit in praktische toepasbaarheid omdat voor een keten-analyse geen gegevens over emissies in de keten opgezocht hoeven te worden en de methodiek ontworpen is om milieumaatregelen bij bedrijven te prioriteren.

- VNCI-methodiek
  Een redelijk uitvoerige analyse van veel milieu-aspecten is mogelijk, kent veel karakterisatiefactoren, maar beoordeling van bijvoorbeeld bodememissies ontbreekt. Daarom wordt de uitvoerigheid van de analyse als matig beoordeeld. De modellen waarmee de karakterisatiefactoren worden bepaald bevatten zeer veel aannames dus de resultaten zijn 'matig' onafhankelijk van deze aannames. De transparantie van de methodiek is redelijk omdat deze een expliciete wegingsstap kent en aan de karakterisatiefactoren te zien is welke milieu-aspecten beoordeeld worden. De praktische toepasbaarheid voor bedrijven is matig omdat apart ketengegevens opgezocht dienen te worden en de VNCI methodiek niet is toegesneden op het prioriteren van milieumaatregelen.

Hoofdstuk 6

Cases

6.1 Geselecteerde cases

De bedrijven ThermPhos en Cerestar hebben een lijst van al uitgevoerde, van eventueel uit te voeren en hypothetische milieumaatregelen opgesteld waaruit zes cases zijn geselecteerd om met de verschillende PMM-methodieken nader te bekijken. Cases zijn zo geselecteerd dat emissies naar alle compartimenten en alle milieuthema's aan de orde komen. Ook is één case geselecteerd waarbij de locatiespecifieke milieubelasting gekwantificeerd kon worden zodat de integrale afweging van locatiespecifieke milieubelasting en generieke milieubelasting besproken kan worden. De geselecteerde cases worden hieronder kort omschreven. Drie cases zijn afkomstig van ThermPhos en drie van Cerestar. Nadat alle cases zijn besproken worden de kosteneffectiviteiten van alle maatregelen, berekend met verschillende PMM-methodieken, met elkaar vergeleken.

De inventarisatie van een milieumaatregel bestaat uit een opsomming van alle emissies, goederenstromen, kosten, afvalstromen, etc. welke als gevolg van de milieumaatregel veranderen. Een hulpmiddel bij het inventariseren is een spreadsheet waarin de gebruiker de verschillende gegevens kan invullen. Een voorbeeld hiervan is gegeven in Bijlage C.

De uitkomsten van de berekeningen zijn niet geschikt voor het maken van beslissingen. Niet altijd hebben we alle benodigde gegevens binnen de korte beschikbare tijd kunnen verzamelen. Zo ontbreekt vaak nog een inschatting van de operationele kosten van een milieumaatregel. Voor de werkelijke berekening van de kosteneffectiviteit is veel nauwkeurige analyse van de cases nodig. De berekeningen dienen alleen ter illustratie van de problemen die kunnen optreden wanneer een PMM-methodiek wordt toegepast en illustreren sterke en zwakke punten van de nu bestaande methodieken.

De VNCI-methodiek en de VROM/CE distance-to-target methodiek zijn niet gebruikt voor het doorrekenen van de cases. De VNCI-methodiek is niet gebruikt

omdat deze is afgeleid van de CML-methodiek en de sterke en zwakke punten van de CML-methodiek ook van toepassing zijn op de VNCI-methodiek met de aantekening dat met de VNCI-methodiek geen bodem-emissies en minder milieu-effecten beoordeeld kunnen worden. De VROM/CE distance-to-target methodiek is niet gebruikt omdat niet alle karakterisatiefactoren in een praktisch bruikbare vorm aanwezig waren.

6.2 Verminderen fosfine emissies

6.2.1 Omschrijving case

Fosfine is een vrij giftige gasvormige fosfor verbinding (PH_3) waarvan de MAC_{8hr}-waarde is vastgesteld op 0.4 $mg.m^{-3}$. Fosfine komt in kleine hoeveelheden vrij tijdens de fosforproductie. Doel van de milieumaatregel is de uitstoot van fosfine te reduceren in de fosforfabriek. Dit geschiedt door op een aantal vaatjes in de fabriek inertgas te brengen op een dusdanige wijze dat de aanwezige fosfor in de daar heersende omstandigheden geen of minder fosfine kan veroorzaken. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van een zogenaamde sparger (een soort slimme verdeler) die er voor zorgt dat slechts de helft van de hoeveelheid inertgas wordt verbruikt. Inertgas wordt verkregen als bijproduct bij de generatie van stoom. Dit gas is altijd aanwezig omdat stoom nodig is op andere plaatsen in het proces. Het inertgas dient alleen naar de fosforfabriek gepompt te worden. Dit kost een zekere hoeveelheid elektriciteit. De stoom- en inertgasfabricage wordt verzorgd door het bedrijf IPV (Industrial Park Vlissingen) welke zorgt voor infrastructuur, technische diensten, stoom, perslucht etc. op hetzelfde bedrijfterrein waar ook ThermPhos is gelegen.

Wat heeft de minste milieubelasting: toelaten van een fosfine emissie of tegengaan van deze emissie met de inzet van een grote hoeveelheid inertgas? Deze maatregel maakt deel uit van het huidig BMP van ThermPhos.

6.2.2 Inventarisatie

In Tabel 6.1 staat de inventarisatie van de emissies voor en na de te nemen milieumaatregel en de kosten van de milieumaatregel. De gegevens hebben alle betrekking op de emissies en kosten voor één vaatje. In de praktijk zijn er twaalf vaatjes in vergelijkbare situaties en omstandigheden.

Tabel 6.1: Inventarisatie emissies en kosten van de reductie van fosfine emissies per vaatje. Er zijn in de praktijk twaalf van dergelijke vaatjes in gebruik in de fosforfabriek.

inventarisatie voor milieumaatregel	emissie fosfine naar lucht 43.8 $Nm^3.yr^{-1}$ (66 $kg.yr^{-1}$) [a]
inventarisatie na milieumaatregel	emissie fosfine naar lucht 2.9 $Nm^3.yr^{-1}$ (4.4 $kg.yr^{-1}$) verbruik inertgas[b] 350400 $Nm^3.yr^{-1}$ (488 $ton.yr^{-1}$) verbruik elektriciteit 42048 $kWh.yr^{-1}$
kosten	fl. 52.776,- (yr^{-1})

[a] Nm^3 normaal m^3 (P = 1×10^5 Pa, T = 298 °K)
[b] inertgas: hier nemen we voor de eenvoudigheid aan dat deze bestaat uit 80 volume procent N_2 en 20 volume procent CO_2

De reductie van de fosfine emissie die met deze milieumaatregel bereikt kan worden (739 $kg.yr^{-1}$) is aanzienlijk als je deze vergelijkt met de totale fosfine uitstoot van 4.3 ton in 1999 (ThermPhos, 2000). De uitstoot van fosfine heeft zowel invloed op het milieuthema toxiciteit en vermesting en waarschijnlijk verzuring.

6.2.3 Bepaling verminderde milieubelasting

Ten eerste moeten wij ons afvragen welke emissies in ogenschouw moeten worden genomen. Er zijn meerdere mogelijkheden:

1. De meest beperkte inventarisatie: alleen emissies op het bedrijfsterrein worden geïnventariseerd wat betekent dat alleen de uitstoot van fosfine wordt bekeken.
2. Een uitgebreidere inventarisatie is mogelijk waarbij het ook verschil in gebruik van inertgas en elektriciteit bekeken wordt. De emissies die plaatsvinden in een klein stukje van de keten buiten het bedrijf worden dan ook in kaart gebracht. Wij kiezen ervoor om alle emissies die behoren bij de stroomvoorziening in Nederland in kaart te brengen. Dit houdt in dat niet alleen de uitstoot van CO_2, NO_X en SO_2 van de elektriciteitscentrales wordt berekend maar ook de emissies die behoren bij het bouwen van de elektriciteitscentrale, het oprichten van de hoogspanningsmasten, de exploratie van het gas, olie of steenkool etc. Gegevens over deze emissies zijn afkomstig uit de ETH-database (ETH, 1996). De inertgas productie vindt plaats tijdens de stoomproductie en komt vrij zonder extra emissies te veroorzaken bij de stoomproductie. De inertgas keten hoeft dan ook niet in rekening te worden gebracht behalve dan het elektriciteitsverbruik dat nodig is om het inertgas van de stoomketels naar de vaatjes te pompen.
3. Een nog uitgebreidere inventarisatie zou ook de emissies in kaart brengen die vrijkomen bij het maken van de geïnvesteerde kapitaalgoederen zoals leidingen, sparger etc.

Omdat geen van de methodieken een duidelijk afbakening geven van de te inventariseren emissies hebben we de keuze. Wij kiezen ervoor om optie 1 en 2 door te rekenen waarmee we de invloed van de systeemgrenskeuze kunnen aantonen.

Er wordt in deze case gebruik gemaakt van gegevens uit de ETH-database. Gegevens uit deze database worden ook in de volgende te bespreken cases gebruikt. Deze ETH-database bevat een groot aantal gegevens over emissies die ontstaan bij de productie van voornamelijk primaire producten (glas, cement, elektriciteit, aardgas, aluminium). Gegevens over emissies die ontstaan in de landbouw of tijdens de productie van consumenten producten (cd-spelers, afwasborsteltjes, wasknijpers) zijn er over het algemeen niet te vinden. De gegevens uit deze database worden in veel LCA studies gebruikt, maar de kwaliteit van de gegevens is op z'n minst onduidelijk. Het is niet onwaarschijnlijk dat er onjuiste gegevens in staan. Zeer vervelende effecten kunnen optreden wanneer bijvoorbeeld productketen A veel beter is geanalyseerd dan productketen B en het gebruik van beide producten in een PMM-methodiek tegen elkaar afgewogen moeten worden.

De ETH-database wordt onderhouden door ESU-services[1], voorheen een onderdeel van de Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH, Zürich). Wanneer een gedrukte versie van de gegevens in de ETH-database tegen geringe kosten wordt aangeschaft, mogen deze gegevens vrijelijk worden gebruikt. Overigens is het de bedoeling deze ETH-database in de toekomst via het internet (tegen betaling) beschikbaar te maken, het zogenaamde Ecoinvent2000-project[2]. Een andere database welke al wel online beschikbaar is, wordt onderhouden door CPM, Chalmers University[3]. Andere databases bevatten gedetailleerde informatie over een beperkt aantal producten. Zo onderhoudt de APME[4] een database met gegevens over plastics en bestaat er een database met gegevens over verpakkingsmaterialen. LCA-software wordt vaak te samen met één of meerdere databases verkocht.

Overigens is voor de Schaduwprijzen-methodiek de beschikbaarheid van emissie data in de keten niet van belang omdat de Schaduwprijzen-methodiek aanneemt dat de marktprijs van een product de milieubelasting ten minste voor een deel weerspiegelt. Zo wordt de milieubelasting van de elektriciteitsketen gelijk gesteld aan de marktprijs van elektriciteit.

Er werd al aangegeven dat fosfine invloed heeft op het milieuthema toxiciteit, vermesting en verzuring. De toxiciteit van fosfine is de reden om deze emissie terug te dringen en waarschijnlijk is het effect van fosfine op de milieuthema's vermesting en verzuring gering, wat zou moeten kunnen blijken uit de berekening van de milieueffecten van fosfine. Helaas kent maar één van de PMM-methodieken een karakterisatiefactor die de emissie van fosfine omrekent naar een schade aan het milieu en dat is de EPS methodiek.

---

1. zie http://www.esu-services.ch/index.html
2. zie http://www.esu-services.ch/ecoinvent2000/
3. zie http://www.globalspine.com/
4. zie http://www.apme.org/

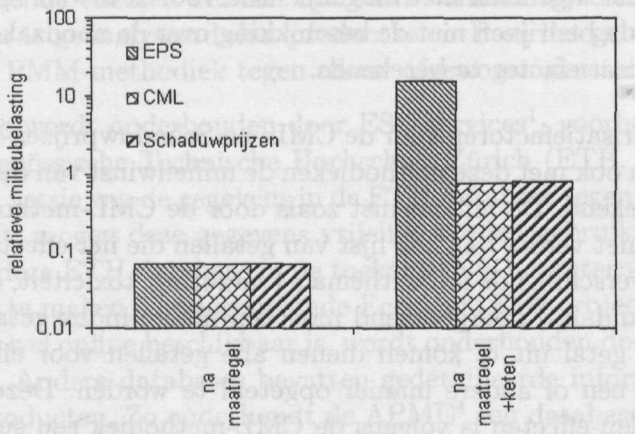
Een zinvolle inschatting van het effect van deze milieumaatregel is alleen mogelijk wanneer een karakterisatiefactor bekend is voor fosfine. Voor de CML-methodiek zijn de karakterisatiefactoren berekend welke het effect van de fosfine emissie op het humane toxiciteit en vermestings potentieel aangeven. De Schaduwprijzen-methodiek kende al een karakterisatiefactor voor fosfine op de thema's verzuring en vermesting. Omdat de Schaduwprijzen-methodiek als basis de CML'92-methodiek hanteert kon ook een schaduwprijs voor fosfine op het thema verspreiding berekend worden. Deze voorlopige schaduwprijs voor fosfine is op fl. 40.25 per kg berekend. Overigens is het uitrekenen van een karakterisatiefactor door een bedrijf over het algemeen niet mogelijk. Hiervoor is te veel specifieke kennis nodig en hebben de bedrijven niet de beschikking over de noodzakelijke modellen om zo'n karakterisatiefactor te berekenen.

Nadat de karakterisatiefactoren voor de CML- en Schaduwprijzen-methodiek zijn berekend, kunnen ook met deze methodieken de milieuwinst van deze milieumaatregel worden berekend. De milieuwinst zoals door de CML-methodiek berekend, gaat in principe niet verder dan een lijst van getallen die het effect van de milieumaatregel op de verschillende milieuthema's (verzuring, toxiciteit, etc.) weergeeft. Er wordt niet standaard doorgerekend naar één milieu-index getal. Om toch op één milieu-index getal uit te komen dienen alle getallen voor effecten op milieuthema's op de een of andere manier opgeteld te worden. Deze optelling van verschillende milieu-effecten is volgens de CML-methodiek een subjectieve stap. Als bijvoorbeeld het getal voor het effect op verzuring en vermesting direct bij elkaar worden opgeteld zeg je eigenlijk dat aanpak van het milieuthema verzuring net zo belangrijk is als de aanpak van het milieuthema vermesting. Zo worden de milieuthema's verzuring en vermesting tegen elkaar afgewogen. Iedereen maakt zo zijn eigen afweging tussen de verschillende milieu-effecten. Nu zijn in breder verband weegfactoren voor de verschillende milieuthema's bepaald welke draagvlak hebben bij de overheid maar ook bij het bedrijfsleven. Een voorbeeld hiervan zijn de NOGEPA[5]-weegfactoren (Sas et al., 1996). Deze NOGEPA-factoren zijn middels een panel-procedure opgesteld om de CML-methodiek te kunnen toepassen in een PMM-methodiek. Deze PMM-methodiek genaamd REIM (Ranking of Environmental Investment Model) is een software programma dat de milieueffecten en de economische kosten van milieuprojecten berekent (Sas et al., 1996). Deze NOGEPA-weegfactoren zijn gebruikt om de getallen voor de effecten op de verschillende milieuthema's op te tellen en zodoende op één milieu-index getal uit te komen. Bedrijven kunnen kiezen voor het maken van een eigen set van weegfactoren.

5. NOGEPA = Nederlandse Olie en Gas Exploratie en Produktie Associatie

Berekening van karakterisatiefactoren voor andere methodieken valt buiten de scope van dit onderzoek. Daarmee zijn er voor deze case slechts drie methodieken waarmee een zinvolle berekening van de milieuwinst van deze maatregelen gemaakt kan worden: de CML, Schaduwprijzen en EPS methodiek.

De resultaten van de berekeningen met de drie methodieken en met gebruikmaking van de twee verschillende systeemgrens definities staan in Figuur 6.1. De milieubelasting van het proces voordat de milieumaatregel werd uitgevoerd is op 1 gesteld. Let op, de relatieve milieubelasting is logaritmisch uitgezet.



Figuur 6.1: De relatieve milieubelasting van de emissies voor en na de milieumaatregel. De milieubelasting na de milieumaatregel is berekend alleen rekening houdend met de emissies op het bedrijfsterrein en wanneer ook emissies in de elektriciteitsketen worden meegerekend. Het gaat hierbij om een illustratie die is gebaseerd op een groot aantal methodische keuzen die ook anders gemaakt kunnen worden. De relatieve milieubelasting is berekend met de EPS-, CML- en Schaduwprijzen-methodiek. De relatieve milieubelasting van de emissies voordat de milieumaatregel werd uitgevoerd is op 1 gesteld. Let op, de relatieve milieubelasting is logaritmisch uitgezet.

Het is logisch dat het verschil in milieubelasting voor en na de milieumaatregel wanneer geen rekening met de energieketen wordt gehouden een factor 15 is. De fosfine emissie is immers een factor 15 omlaag gebracht. In dit geval heb je dus geen methodiek nodig voor het beoordelen van de relatieve milieuwinst.

De relatieve milieubelasting na de milieumaatregel wanneer rekening wordt gehouden met de emissies die plaatsvinden in de energieketen geeft verrassende resultaten. In de CML methodiek is de milieubelasting inclusief energieketen hoger waardoor de milieubelasting maar met 25 % afneemt i.p.v. een factor 15.

De EPS-methodiek daarentegen geeft aan dat de milieumaatregel bijna een factor 15 zwaardere milieubelasting met zich meebrengt. Deze heel grote extra milieube-

lasting komt voor 60 procent voor rekening van het gebruik van gas, steenkool en aardolie die plaatsvindt in de energieketen. Het verbruik van niet hernieuwbare bronnen telt in de EPS-methodiek heel zwaar mee.

De kosteneffectiviteit van deze maatregel, berekend met de CML-, EPS- en Schaduwprijzen-methodiek, is gegeven in Tabel 6.9 op pagina 55.

6.2.4 Gesignaleerde problemen

- Alleen de EPS methodiek kende een karakterisatiefactor voor fosfine. Bij alle andere methodieken ontbrak deze.
- De toxiciteits en eutrofiërings karakterisatiefactor kon voor de CML methodiek uitgerekend worden omdat de hulpmiddelen en expertise hiervoor aanwezig is bij het CML. Voor bedrijven is het niet doenlijk om zo'n karakterisatiefactor uit te rekenen.
- De uitkomst van een PMM-methodiek is sterk afhankelijk van de methodiek welke gekozen wordt om de'milieuwinst' te berekenen.
- De uitkomst van een PMM-methodiek is sterk afhankelijk van de arbitraire systeemgrens keuze.
- Het is niet duidelijk of en hoe de milieubelasting van de geïnvesteerde kapitaalgoederen meegenomen moet worden.
- Wanneer gegevens over emissies in productketens nodig zijn, kunnen deze vaak in de ETH-database opgezocht worden. Nadeel is dat de gegevens in de ETH-database niet altijd even betrouwbaar zijn.

6.3 Calcineren

6.3.1 Omschrijving case

Calcineren bij ThermPhos wordt momenteel met aardgas gedaan. Dit zou ook met fosforovengas (FOG) van het bedrijf zelf gedaan kunnen worden. Momenteel wordt het FOG (192 miljoen $Nm^3.yr^{-1}$) op drie verschillende manieren ingezet, zie ook het milieujaarverslag van ThermPhos (ThermPhos, 2000).

1. intern gebruikt in andere ThermPhos-fabrieken (117 miljoen $Nm^3.yr^{-1}$)
2. direct afgefakkeld naar de atmosfeer (41 miljoen $Nm^3.yr^{-1}$)
3. bij de elektriciteitscentrale van de EPZ ingezet ter vervanging van kolen (34 miljoen $Nm^3.yr^{-1}$)

Wanneer het FOG intern wordt gebruikt of direct wordt afgefakkeld zijn de emissies van P_2O_5 en SO_2 wat hoger dan wanneer het FOG wordt ingezet in de EPZ elektriciteitscentrale omdat de centrale een uitgebreide rookgasreiniging kent.

Na de milieumaatregel zullen de branders niet voor de volle honderd procent op FOG branden omdat het FOG niet altijd beschikbaar is.

6.3.2 Inventarisatie

In de onderstaande tabel zijn de emissies en verbruik van grondstoffen voor en na de te nemen milieumaatregel gegeven. Tevens zijn de jaarlijkse kosten van de milieumaatregel gegeven. Om de milieuwinst van deze maatregel te kunnen berekenen zijn er meer gegevens noodzakelijk dan er in de tabel staan. Natuurlijk dienen het verbruikte FOG en aardgas omgerekend te worden naar CO_2, NO_X en andere emissies maar dient ook bekend te zijn wat er met het FOG gebeurde voordat dit in het calcinatie proces werd ingezet. Dit laatste punt wordt in de volgende paragraaf verder uitgewerkt.

Tabel 6.2: Inventarisatie van emissies en verbruikte grondstoffen voor- en nadat een deel van het aardgas is vervangen door FOG. De emissies en verbruikte grondstoffen zijn per dag gegeven. De kosten van deze milieumaatregel is per jaar gegeven

inventarisatie voor milieumaatregel	verbruik aardgas 100 $Nm^3.d^{-1}$
inventarisatie na milieumaatregel	verbruik aardgas 20 $Nm^3.d^{-1}$ verbruik FOG 240 $Nm^3.d^{-1}$ emissies P_2O_5 (uit FOG verbranding) 2.2 $kg.d^{-1}$
kosten	fl. 55.368,- (yr^{-1})

De berekende jaarlijkse kosten van deze milieumaatregel zijn berekend uit de eenmalige investeringskosten van fl. 440.000,- en de jaarlijkse besparing op het aardgasverbruik van 29.200 Nm^3.

6.3.3 Bepaling verminderde milieubelasting

De jaarlijks geproduceerde hoeveelheid FOG is alleen afhankelijk van de fosforproductie en is niet afhankelijk van de vraag naar FOG. Een extra vraag naar FOG (in dit geval het calcinatieproces) moet dus worden afgetrokken van de processen waar het FOG nu gebruikt wordt.

De hoeveelheid FOG die ingezet gaat worden in het calcinatieproces zal ongeveer $365 \times 240 = 87.600$ $Nm^3.yr^{-1}$ bedragen Deze hoeveelheid is zeer klein ten opzichte van de hoeveelheid die wordt gebruikt in de EPZ centrale, wordt afgefakkeld of intern bij ThermPhos wordt gebruikt.

Er kan nu gekozen worden tussen de ontrekking van het FOG vanuit de hoeveelheid die wordt afgefakkeld (wat het meest waarschijnlijk is) of vanuit het gemiddeld gebruik van FOG. Dit laatste zou betekenen dat 18.396 $Nm^3.yr^{-1}$ wordt ontrokken uit de af te fakkelen hoeveelheid, 53.436 $Nm^3.yr^{-1}$ wordt onttrokken uit de interne bedrijfsprocessen en 15.768 $Nm^3.yr^{-1}$ uit de hoeveelheid

die naar de EPZ-centrale gaat. Wij gaan er vanuit dat al het FOG onttrokken wordt uit de af te fakkelen hoeveelheid FOG. Netto zal de hoeveelheid verbrand FOG op het bedrijf ThermPhos niet veranderen. We nemen aan dat het verbranden van FOG in de fakkel en calcinatie-oven eenzelfde hoeveelheid emissies van CO_2, NO_X, SO_2, P_2O_5 etc. oplevert zodat door deze milieumaatregel alleen de hoeveelheid verbrand aardgas verandert. De hoeveelheid verbrand aardgas daalt van 100 naar 20 $Nm^3.d^{-1}$.

Nu dient er weer een keuze gemaakt te worden met betrekking tot de systeemgrenzen. Twee keuzes zullen worden uitgewerkt:

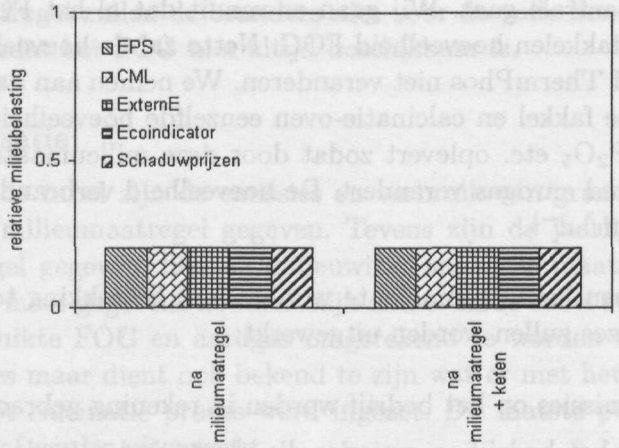
1. Alleen de emissies op het bedrijf worden in rekening gebracht.
2. Emissies op het bedrijf en emissies die plaatsvinden in de keten van gasproductie en distributie worden in rekening gebracht. Gegevens over de emissies die plaatsvinden tijdens de gasproductie en distributie zijn weer afkomstig uit de ETH-database.

Ongeacht de keuze voor een bepaalde PMM-methodiek of systeemgrens wordt de milieubelasting door deze milieumaatregel met 80% omlaag gebracht omdat het verbruik van aardgas in het calcinatieproces met 80% omlaag wordt gebracht, zie Figuur 6.2.

Wel is de systeemgrenskeuze en de keuze van een bepaalde methodiek van belang bij het berekenen van de kosteneffectiviteit want hierbij is het absolute getal voor de milieuwinst van belang.

De milieuwinst en kosten-effectiviteit van deze milieumaatregel zal worden berekend met de CML-, EPS- en Ecoindicator-methodiek. De EPS-methodiek komt direct uit op één milieu-index getal welk direct te gebruiken is voor de berekening van de kosten-effectiviteit. De CML-methodiek komt uit op een lijst van getallen die het effect van de milieumaatregel op de verschillende milieuthema's weergeeft. Hoe vanuit deze lijst met getallen tot één milieu-index getal te berekenen (de wegingsstap) is uitgelegd in paragraaf 6.2.3. De Ecoindicator-methodiek komt uit op een getal voor schade aan natuurlijke hulpbronnen, schade aan de menselijke gezondheid en schade aan het ecosysteem. Deze drie getallen moeten t.o.v. elkaar gewogen worden om op één milieu-index getal uit te komen. De gebruikte weegfactoren zijn 0.2 voor schade aan natuurlijke hulpbronnen, 0.4 voor schade aan de menselijke gezondheid en 0.4 voor schade aan het ecosysteem.

De kosteneffectiviteit van deze maatregel, berekend met de CML-, EPS- en Ecoindicator-methodiek is gegeven in Tabel 6.9 op pagina 55.



Figuur 6.2: De relatieve milieubelasting van de emissies voor en na de milieumaatregel. De milieubelasting na de milieumaatregel is berekend alleen rekening houdend met de emissies op het bedrijfsterrein en wanneer ook emissies in de gaswinningsketen worden meegerekend. Het gaat hierbij om een illustratie die is gebaseerd op een groot aantal methodische keuzen die ook anders gemaakt kunnen worden. De relatieve milieubelasting is berekend met de EPS-, CML-, ExternE-,Ecoindicator'99 en Schaduwprijzen-methodiek. De relatieve milieubelasting van de emissies voordat de milieumaatregel werd uitgevoerd is op 1 gesteld.

6.3.4 Gesignaleerde problemen

- Er zijn geen andere problemen dan die in paragraaf 6.2.4 al zijn gesignaleerd

6.4 Toepassing gipsafval

6.4.1 Omschrijving case

ThermPhos produceert gips als bijproduct (geen fosforgips, maar gips van een hogere kwaliteit). Momenteel wordt dit gips ingezet in de champignonteelt maar het gips mag niet meer geëxporteerd worden naar België. Een deel van het geproduceerde gips dient nu gestort te worden. Wanneer dit gips gedroogd wordt, kan het afgezet worden in Nederland of het buitenland als bouwproduct. Om het gips te kunnen drogen moet er een hydraulisch filter geïnstalleerd worden. Heeft deze droging een positief milieurendement? Deze maatregel maakt deel uit van het huidig BMP.

6.4.2 Inventarisatie

In Tabel 6.3 staan de emissies, gebruik van goederen voor en na de milieumaatregel en de kosten van de maatregel vermeld.

Tabel 6.3: Inventarisatie emissies en kosten case gipsafval.

inventarisatie voor milieumaatregel	stort van gips[a] op stortplaats 2500 ton.yr^{-1}
inventarisatie na milieumaatregel	stort van gips op stortplaats 500 ton.yr^{-1} product gips voor bouw 2000 ton.yr^{-1} verbruik elektriciteit 25 kWh.yr^{-1} verbruik hydraulische olie 150 l.yr^{-1}
kosten	fl. 152.820,- (yr^{-1})

[a] gips = $CaSO_4.2H_2O$

Jaarlijks moet de 150 liter hydraulische olie vervangen worden en als afval het terrein verlaat. We nemen aan dat deze 150 liter hydraulische olie in de afvalfase geen significante milieubelasting veroorzaakt.

De berekening van de jaarlijkse kosten van deze milieumaatregel is als volgt. De eenmalige investering in een hydraulisch filter is fl. 2.100.000,-. Eenmalig moet een oud filter worden gesloopt dit kost eenmalig fl. 40.000,-. De totale investeringskosten zijn dus fl. 2.140.000,-. De jaarlijkse kapitaalskosten die hier uit voortvloeien worden volgens de VROM methodiek berekend als 0.163×fl. 2.140.000,- = fl. 348.820,-.

Naast deze investeringskosten zijn er operationele kosten. Deze betreffen het elektriciteitsverbruik en het verbruik van hydraulische olie en eventuele personele kosten. Deze operationele kosten zijn hier verder buiten beschouwing gelaten omdat gegevens ontbreken.

Door deze milieumaatregel wordt er bespaart op de stortkosten van het gipsafval. De stortkosten van dit gipsafval worden geschat op fl. 80,- per ton (bron NV Afvalzorg, tarieven 2001). De besparing in stortkosten is jaarlijks fl. 160.000,-.

Verder brengt de verkoop van het gips nog geld op. De prijs van gips is gemiddeld $ 7,- per ton (f.o.b.) in de Verenigde Staten (USGS, 1999). We schatten de opbrengst van de verkoop van 2000 ton gips in Nederland in op fl. 36.000,-. De totale jaarlijkse kosten van deze milieumaatregel worden dan ingeschat op fl. 152.820,-.

6.4.3 Bepaling verminderde milieubelasting

Er vinden bij deze milieumaatregel geen emissies plaats op het bedrijf. De levensloop van het product dat de fabriekspoort verlaat (in dit geval gips) is in dit geval van bepalend belang voor de milieuwinst van deze milieumaatregel. De

milieumaatregel maakt het mogelijk om jaarlijks 2000 ton gips te gebruiken in de bouw i.p.v. het te storten op een stortplaats.

Het grote probleem in dit vraagstuk is het bepalen van de milieubelasting van 2000 ton gips op een stortplaats versus 2000 ton gips afgezet in de bouw. De 2000 ton gips die in de bouw wordt afgezet gaat worden, zal uiteindelijk nadat het verwerkt is in bouwmaterialen en als zodanig dienst heeft gedaan, uiteindelijk als bouw- en sloopafval ook op de stortplaats terechtkomen. Als eenvoudige aanname zouden we kunnen stellen dat de milieubelasting van het gips dat direct naar de stortplaats gaat en via de keten bouwproduct→gebouw→bouw- en sloopafval op de stortplaats terecht komt gelijk is. De grote milieuwinst van het afzetten van de 2000 ton gips door ThermPhos in de bouw is dat er nu niet 2000 ton gips van elders hoeft te worden aangevoerd voor het maken van de bouwmaterialen. Volgens gegevens over de wereldmarkt van gips verliest natuurlijk gips marktaandeel aan 'proces' gips (USGS, 1999). We mogen dus aannemen dat het gips afkomstig van ThermPhos natuurlijk gips gaat vervangen. Tevens is de hoeveelheid gips die ThermPhos op de markt brengt zeer klein t.o.v. het totale aanbod van gips op de wereldmarkt, nl 1.07×10^8 ton. Hoe groot het aanbod op de Nederlandse markt is, is niet bekend maar de Duitse gipsmarkt bedraagt 2.5×10^6 ton (USGS, 1999). De Nederlandse gipsmarkt waarschijnlijk rond de 10^5 ton bedragen.

Als de gipsmarkt zodanig in elkaar zit dat het gips van ThermPhos niet het natuurlijke gips gaat vervangen maar bijvoorbeeld gips dat uit rookgasreinigingsinstallaties komt dan zal de milieuwinst van deze maatregel er heel anders uitzien en misschien zelfs negatief kunnen zijn doordat het gebruik van rookgasreinigingsinstallaties wordt ontmoedigd. Kennis van deze markt is dus noodzakelijk om de milieumaatregel te beoordelen.

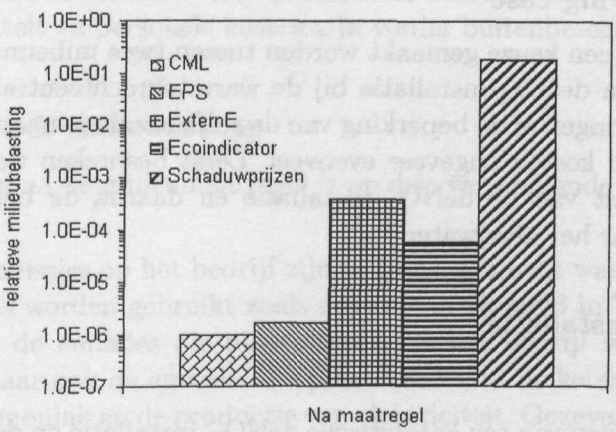
De milieubelasting veroorzaakt door de productie van 2000 ton natuurlijk gips is op te zoeken in de ETH-database (ETH, 1996). Hier worden alle emissies die plaatsvinden in de keten van gipsproductie in beschouwing genomen.

Naast het positieve milieu-effect van de uitsparing van gips staat het negatieve milieu-effect van de investering van extra elektriciteit, hydraulische olie en kapitaalgoederen. Voor het berekenen van de milieuwinst van deze milieumaatregel wordt alleen naar de productie van gips en het gebruik van elektriciteit gekeken. De milieubelasting van elektriciteit wordt berekend aan de hand van alle emissies die plaatsvinden in de elektriciteitsketen zoals eerder uitgelegd in paragraaf 6.2.3.

Voor het berekenen van de milieuwinst van deze milieumaatregel met de Schaduwprijzen-methodiek hoeven we in het geheel niet te kijken naar hetgeen in de keten gebeurt. Het praktische standpunt van deze methodiek is dat de kosten van een grondstof of de prijs van de stort van afval de milieubelasting van het economische proces tenminste voor een deel weerspiegelt. Zodoende is deze

milieumaatregel gemakkelijk te beoordelen met deze methodiek. De milieubelasting voordat de milieumaatregel werd genomen zijn de stortkosten van het gips, namelijk fl. 200.000,-. Nadat de milieumaatregel is genomen zijn de stortkosten gedaald tot fl. 40.000,-. De uitgespaarde fl. 160.000,- weerspiegelt de milieuwinst van de maatregel.

De milieuwinst van deze maatregel wordt berekend met de EPS, ExternE, CML, Ecoindicator en Schaduwprijzen-methodiek. Voor het bereken van de milieuwinst met de CML en Ecoindicator-methodiek moeten weer weegfactoren worden toegepast, zie paragraaf 6.2.3 en 6.3.3. De relatieve milieubelasting voordat de milieumaatregel werd uitgevoerd, is op 1 gesteld. De relatieve milieubelasting nadat de milieumaatregel is uitgevoerd, is weergegeven in Figuur 6.3. let op, de relatieve milieubelasting is logaritmisch uitgezet.



Figuur 6.3: De relatieve milieubelasting van het gebruik van 2000 ton gips per jaar in de bouw i.p.v stort op een stortplaats, berekend met de CML-, EPS-, ExternE-, Ecoindicator- en Schaduwprijzen-methodiek. Het gaat hierbij om een illustratie die is gebaseerd op een groot aantal methodische keuzen die ook anders gemaakt kunnen worden. De relatieve milieubelasting voordat de maatregel werd uitgevoerd, is op 1 gesteld. Deze maatregel kan alleen beoordeeld worden wanneer de levenscyclus van gips in ogenschouw wordt genomen omdat op het bedrijf zelf geen emissies plaatsvinden. Let op, de relatieve milieubelasting is logaritmische uitgezet.

De relatieve milieuwinst van deze maatregel is volgens de meeste methodieken bijzonder groot. Bij het maken van gips uit natuurlijk gips komt volgens de ETH-database een grote hoeveelheid CO_2 vrij (0.11 kg CO_2 per kg gips). Deze hoge CO_2 uitstoot bepaald het beeld van de milieuwinst van deze milieumaatregel. De kosteneffectiviteit van deze maatregel is bijzonder hoog te noemen omdat de milieuwinst groot is en de kosten laag mede doordat stortkosten worden uitgespaard.

De kosteneffectiviteit volgens de CML-, EPS-, Ecoindicator- en Schaduwprijzenmethodiek zijn samengevat in Tabel 6.9 op pagina 55.

6.4.4 Gesignaleerde problemen

- De analyse van de milieuwinst van deze maatregel kan alleen gedaan worden door de gips keten upstream in beschouwing te nemen.
- Kennis van de markt is noodzakelijk om deze milieumaatregel te beoordelen.

6.5 NO_X versus sulfaat emissie reductie

6.5.1 Omschrijving case

In deze case moet een keuze gemaakt worden tussen twee milieumaatregelen: het installeren van een deNO_X-installatie bij de warmtekrachtcentrale om de NO_X-emissie terug te dringen of de beperking van de sulfaatemissie naar het afvalwater. Beide maatregelen kosten ongeveer evenveel. Eerst bespreken we de berekening van de milieuwinst van de deNO_X-installatie en daarna de beperking van de sulfaatemissie naar het afvalwater.

6.5.2 DeNO_X-installatie

Inleiding

Het in gebruik nemen van een katalytische deNO_X-installatie op de warmtekrachtcentrale is een milieumaatregel die deel uitmaakt van het bedrijfsmilieuplan van Cerestar en deze maatregel is reeds uitgevoerd. De installatie is een selectieve catalytische reductie (SCR) installatie welke het NO_X in de verbrandingsgassen omzet in N_2 met behulp van een katalysator en de reducerende verbinding NH_3. De installatie verbruikt een grote hoeveelheid NH_3 in de vorm van een ammonia oplossing. Daarnaast kent de SCR-installatie ook een kleine NH_3 uitstoot de zogenaamde ammoniak-slip.

Inventarisatie

Op dit ogenblik functioneert de deNO_X-installatie nog niet naar behoren. De ammoniakslip is te hoog. Dit is van doorslaggevend belang voor het milieurendement van deze installatie, zoals later zal worden aangetoond. De opgegeven NO_X emissie reductie en de NH_3 uitstoot van de installatie na de milieumaatregel weerspiegelen de huidige emissies van de (niet optimaal werkende) deNO_X-installatie.

De emissies, inzet van grondstoffen en de kosten van de installatie staan vermeld in Tabel 6.4.

Tabel 6.4: Inventarisatie emissies voor en nadat een SCR deNO$_X$-installatie in gebruik is genomen bij de warmtekrachtcentrale. De gegeven emissies weerspiegelen de huidige emissies van de (niet optimaal werkende) deNO$_X$-installatie.

inventarisatie voor milieumaatregel	NO_X emissie naar lucht 167 ton.yr^{-1}
inventarisatie na milieumaatregel	NH_3 emissie naar lucht 18 ton.yr^{-1} NO_X emissie naar lucht 15 ton.yr^{-1} verbruik *ammonia oplossing* (25%) 294 ton.yr^{-1} verbruik elektriciteit 25.2 MWh.yr^{-1}
kosten	fl. 489.000,- yr^{-1}

De investering in deze deNO$_X$-installatie is zo'n fl. 3.000.000,-. De jaarlijkse kapitaalkosten die uit deze investering volgen zijn op fl. 489.000,- geschat met behulp van de VROM kostenmethodiek. De operationele kosten zoals aankoop van ammonia en elektriciteit en personele kosten zijn verder buitenbeschouwing gelaten.

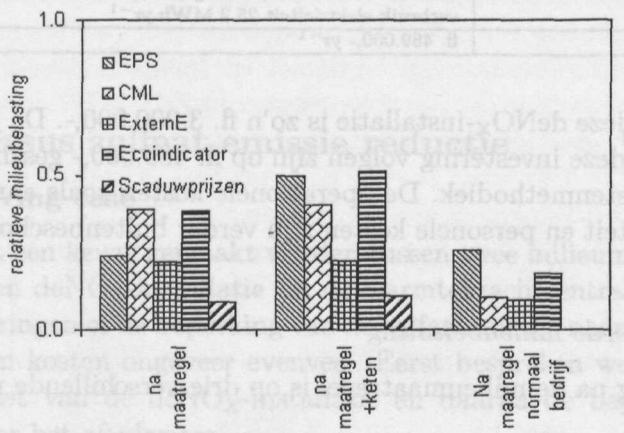
Bepaling verminderde milieubelasting

De milieubelasting na de milieumaatregel is op drie verschillende manieren berekend.

1. Alleen de emissies op het bedrijf zijn in kaart gebracht waarbij de opgegeven emissies worden gebruikt zoals deze staan vermeld in Tabel 6.4.
2. Niet alleen de emissies die plaatsvinden op het bedrijf worden in kaart gebracht maar ook de emissies die plaatsvinden in de keten bij het maken van het ammoniak en de productie van elektriciteit. Gegevens over emissies in de ammoniak en elektriciteit productieketens zijn afkomstig uit de ETH-database (ETH, 1996).
3. Als derde is berekend wat de milieuwinst van een SCR-installatie is wanneer deze optimaal functioneert met medeneming van de emissies die plaatsvinden in de keten. Gegevens over de emissies die behoren bij een optimaal werkende deNO$_X$-installatie zijn afkomstig uit de ETH-database (ETH, 1996). Hier zijn emissies die plaatsvinden in de elektriciteit- en ammoniakketen ook inbegrepen. Opties 2 en 3 kunnen vergeleken worden zodat het belang van het optimaal functioneren van een installatie voor vermindering van de milieubelasting geïllustreerd kan worden.

De milieubelasting voor en na de milieumaatregel is berekend met de CML-, EPS-, ExternE-, Schaduwprijzen- en Ecoindicator-methodiek. Voor het berekenen van de milieuwinst met de CML en Ecoindicator-methodiek moeten weer weegfactoren worden toegepast, zie paragraaf 6.2.3 en 6.3.3. De relatieve milieubelasting voor het in gebruik nemen van de deNO$_X$-installatie is op 1 gesteld.

Resultaat van de berekeningen staan in Figuur 6.4. Het berekenen van de 'milieuwinst' met de Schaduwprijzen-methodiek was niet mogelijk in het geval van de normaal werkende deNO$_X$ installatie. In dit geval hebben we alleen de beschikking over gegevens uit de ETH-database welke bestaat uit een lijst van emissies per verwijderde hoeveelheid NO$_X$. Willen we de Schaduwprijzen-methodiek toepassen dan hebben we hoeveelheden NH$_3$ verbruik, elektriciteitsverbruik etc. van de normaal werkende installatie nodig.



Figuur 6.4: De relatieve milieubelasting van een SCR deNO$_X$-installatie berekend volgens de EPS, CML ExternE, Ecoindicator en Schaduwprijzen-methodiek. Het gaat hierbij om een illustratie die is gebaseerd op een groot aantal methodische keuzen die ook anders gemaakt kunnen worden. De milieubelasting voor de milieumaatregel *is op 1 gesteld. De milieubelasting na het in gebruik nemen van de* deNO$_X$-installatie is op drie manieren berekend: 1) Alleen de emissies van deze specifieke installatie zijn geïnventariseerd. 2) De emissies van deze specifieke installatie plus de emissies die plaatsvinden in de keten bij de productie van elektriciteit en ammoniak zijn geïnventariseerd. 3) Een complete inventarisatie van alle emissies die behorende bij een normaal werkende SCR deNO$_X$-installatie.

De milieubelasting na de milieumaatregel (zonder medeneming van de keten) wordt door CML en Ecoindicator methodiek iets hoger ingeschat dan door de ExternE en EPS methodiek. Dit komt doordat de CML- en Ecoindicator-methodiek het effect van NH$_3$ zwaarder wegen t.o.v. NO$_X$ (1 kg NH$_3$ geeft een milieubelasting vergelijkbaar met 2.7 kg NO$_X$) in vergelijking met de ExternE- en EPS-methodiek (1 kg NH$_3$ geeft een milieubelasting vergelijkbaar met 1.2–1.3 kg NO$_X$).

Als enkele keten-aspecten (ammonia en elektriciteitsverbruik) worden geïnventariseerd is de milieubelasting na het in gebruik nemen van deze deNO$_X$-installatie toegenomen volgens de EPS-, CML- en Ecoindicator-methodiek. Wel geven alle methodieken aan dat door het in gebruik nemen van de deNO$_X$-installatie de mi-

lieubelasting wordt teruggedrongen. Dit is in overeenstemming met de uitkomst van gepubliceerde LCA's van SCR deNO_X-installaties (Bárzaga-Castellanos,1999). Wanneer de installatie goed draait is er een nog grotere milieuwinst te verwachten. Dit is te zien in Figuur 6.4 waar de relatieve milieubelasting van de milieumaatregel (met inventarisatie van alle keten-aspecten) onder normaal bedrijf is berekend. Dit laat zien dat in dit specifiek voorbeeld de inregeling/performance van de installatie van cruciaal belang is voor zijn milieubelasting. In het algemeen is de milieubelasting door industriële processen sterk afhankelijk van optimalisatie/inregeling van een proces. Het goed onderhouden van een installatie om storingen te voorkomen is een goede methode om de milieubelasting zo klein mogelijk te houden.

6.5.3 Sulfaat emissie reductie

Inleiding

Afvalwater bij Cerestar wordt ontzwaveld met behulp van een Sulferox-installatie. Hierbij wordt een techniek toegepast waarbij zwavelwaterstof met behulp van biogas uit het afvalwater wordt gestript wordt. Vervolgens wordt het H_2S-rijke biogas door een scrubber geleid. In deze scrubber vindt omzetting plaats van zwavelwaterstof naar elementair zwavel. Het elementair zwavel wordt op de markt afgezet ten behoeve van de zwavelzuurfabricage. Deze milieumaatregel leidt tot een grote reductie van het sulfaatgehalte in het afvalwater.

Inventarisatie

In Tabel 6.5 staan de emissies voor en na de milieumaatregel en de kosten van de milieumaatregel vermeld. Het terugdringen van de sulfaat-emissie gaat gepaard met een grote inzet van chemicaliën, natronloog en elektriciteit maar levert een grote hoeveelheid elementair zwavel op als te verkopen product.

Tabel 6.5: Inventarisatie emissies en kosten case sulfaat-reductie.

inventarisatie voor milieumaatregel	*emissie sulfaat 49 ton.yr^{-1}*
inventarisatie na milieumaatregel	verbruik chemicaliën waterige oplossing 224 ton.yr^{-1} verbruik natronloog (25%) 29 ton.yr^{-1} verbrandingsemissies van bovengenoemde chemicaliën verbruik elektriciteit 200 MWh.yr^{-1} product zwavel 525 ton.yr^{-1}
kosten	fl. 751.500,- yr^{-1}

De investering in deze sulfaat reducerende maatregel is zo'n fl. 3.000.000,-. De jaarlijkse kapitaalkosten die uit deze investering volgen zijn op fl. 489.000,- met behulp van de VROM kostenmethodiek. Wij hebben operationele kosten zoals aankoop natronloog en elektriciteit en personele kosten verder buitenbeschouwing

gelaten. Wel zijn de kosten die verbonden zijn aan het afzetten van de zwavel op de markt in rekening gebracht. De kosten voor afzet zijn zo'n fl. 500,- per ton zwavel. De jaarlijkse kosten om dit zwavel af te zetten zijn dus 525 $\times$ 500 = fl. 262.500,- yr^{-1}. De totale jaarlijkse kosten van deze milieumaatregel zijn dan fl. 751.500,-.

Bepaling verminderde milieubelasting

De bepaling van de verminderde milieubelasting door het uitvoeren van deze milieumaatregel is moeilijk zo niet onmogelijk. We komen enkele problemen tegen welke niet gemakkelijk zijn op te lossen. Helaas zullen deze problemen geregeld optreden in PMM-analyses. Een structurele oplossing van deze problemen is dan ook noodzakelijk.

1. Een eerste probleem dat optreedt is de opgave van een geaggregeerde hoeveelheid gebruikte producten, nl. de waterige oplossingen van chemicaliën Dit is een algemeen probleem waar de meeste LCA-methodieken niet mee om kunnen gaan. De methodieken kunnen alleen omgaan met expliciet gegeven emissies en het opgegeven geaggregeerde chemicaliënverbruik dient omgerekend te worden in emissies. Enkele mogelijke oplossingen zijn:
   a Uitzoeken wat de individuele emissies zijn, eventueel in de keten. Alhoewel deze aanpak de meest nauwkeurige oplossing geeft, is deze in de praktijk vaak niet haalbaar omdat deze aanpak veel tijd en geld kost.
   b Een schatting maken van de emissies met behulp van zgn. extended Input-Output analyse. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een combinatie van emissie gegevens van een industrietak en de totale waarde aan goederen die een industrietak produceert. Zo is een hoeveelheid PVC met een bepaalde waarde te relateren aan de emissies die plaatsvinden in de chemische industrie. Deze aanpak is alleen mogelijk voor grondstoffen welke een marktprijs hebben.
   c De Schaduwprijzen-methodiek heeft de praktische benadering waarbij de marktprijs van een grondstof een maat is voor de milieubelasting veroorzaakt door het maken van de grondstof. De marktprijs word gelijk gesteld aan de schaduwprijs.
2. Een tweede probleem dat optreedt is de bepaling van de (uitgespaarde) milieubelasting van het geproduceerde zwavel. De 525 $ton.yr^{-1}$ secundair zwavel die door deze milieumaatregel op de markt komt gaat andere zwavel vervangen. Nu is ongeveer 2/3 van de zwavel op de markt reeds secundair zwavel (USGS, 1999). Het totale aanbod van zwavel op de wereld in 1999 was 57.1 $\times$ 10^6 ton (USGS, 1999). In Nederland was de totale productie van zwavel 574 $\times$ 10^3 ton in 1999 (USGS, 1999). Dit was allemaal secundair

zwavel. Het is niet duidelijk of het extra secundair geproduceerde zwavel van Cerestar nu primair geproduceerd zwavel gaat vervangen.

3. Een laatste probleem dat optreedt is de opgave van een geaggregeerde hoeveelheid emissies, nl. verbrandingsemissies van de chemicaliën. Vaak is alleen een emissie van een groep stoffen bekend zoals effluent van een zuiveringsinstallatie of emissies van vluchtige organische koolwaterstoffen. Karakteriseringsfactoren voor dergelijke groepen van stoffen zijn lang niet altijd beschikbaar. Er zal een schatting gemaakt moeten worden van de emissies van individuele stoffen.

Deze case is binnen dit project niet op een acceptabele manier te analyseren. Een expliciete afweging van de twee milieumaatregelen op basis van kosteneffectiviteit is dan ook niet mogelijk. Wel kan de kosteneffectiviteit van de ingebruikname van de deNO_X-installatie vergeleken worden met de andere milieumaatregelen waarvoor de kosteneffectiviteit wordt uitgerekend, zie Paragraaf 6.8.

6.5.4 Gesignaleerde problemen

- Er dient een praktische oplossing te zijn wanneer karakterisatiefactoren voor geaggregeerde emissies ontbreken.
- Voor het beoordelen van sommige milieumaatregelen is kennis van de markt waarop producten worden afgezet noodzakelijk. Een analyse van de veranderingen veroorzaakt door het afzetten van een extra hoeveelheid van een product is niet eenvoudig, wellicht onmogelijk binnen een analyse van een milieumaatregel.
- Grondstoffen welke in een milieumaatregel worden gebruikt hebben emissies in de keten welke soms onbekend zijn. Er zouden procedures moeten zijn welke aangeven op welke manier deze emissies in rekening dienen te worden gebracht.

6.6 Geurproblemen rond de afvalwaterzuivering

6.6.1 Omschrijving case

Tijdens de afvalwaterzuivering bij Cerestar wordt er H_2S gevormd. H_2S is een bij kamertemperatuur gasvormige verbinding die vrij giftig is (MAC_{8hr} = 13 $mg.m^{-3}$). Bovendien wordt een zeer lage concentratie van H_2S in de lucht door de mens als stank beoordeeld (rotte eieren lucht). De geurdrempel van H_2S is 0.16 $mg.m^{-3}$. Een deel van het in de waterzuivering gevormde H_2S ontsnapt naar de lucht boven de afvalwaterzuivering. Deze lucht wordt continu afgezogen. De

luchtstroom wordt vervolgens ontdaan van H_2S door de lucht door compostbedden te zuigen. Zo af en toe slaan deze bedden door waardoor H_2S in de buitenlucht terechtkomt. De stank van H_2S kan aanleiding geven tot klachten.

Als milieumaatregel wordt nu voorgesteld om de afgezogen luchtstroom met daarin het H_2S door een waterbassin te leiden zodat het H_2S in water oplost en vervolgens biologisch kan worden omgezet in sulfaat. De compostbedden zijn niet meer nodig wanneer deze milieumaatregel wordt uitgevoerd. Het 'oplossen' van het H_2S in water kost wel een behoorlijke grote hoeveelheid elektriciteit.

Wat is milieuvoordeliger: het grotendeels verwijderen van het H_2S met de compostbedden of het geheel verwijderen van het H_2S door het oplossen van H_2S in water met de inzet van een grote hoeveelheid elektriciteit. Bovendien zal integraal bekeken worden wat het effect is van H_2S op de locatiespecifieke milieubelasting en hoe de lokale geuremissie wordt meegenomen in een op LCA gebaseerde PMM-methodiek.

6.6.2 Inventarisatie

De concentratie van H_2S in de afgezogen lucht is 6000 ppm. Een totaal van 262.8 ton.yr^{-1} wordt op deze manier afgezogen. Deze hoeveelheid wordt afgevangen in de compostbedden. Een kleine reststroom van H_2S (720 kg.yr^{-1}) komt vanuit de compostbedden in de buitenlucht wanneer deze 'doorslaan'. Na de milieumaatregel wordt de afgezogen luchtstroom door water geleid en wordt verondersteld dat er geen H_2S meer ontsnapt naar de buitenlucht. In Tabel 6.6 staan de emissies van H_2S en verbruik van elektriciteit voor en na de te nemen milieumaatregel en de kosten van deze milieumaatregel.

Tabel 6.6: Inventarisatie van de milieumaatregel om de H_2S emissies uit de afvalwaterzuivering te elimineren.

inventarisatie voor milieumaatregel	aantal klachten van omwonende 3 yr^{-1} emissie H_2S naar lucht 720 kg.yr^{-1} verbruik elektriciteit 91104 kWh.yr^{-1}
inventarisatie na milieumaatregel	verbruik elektriciteit 473040 kWh.yr^{-1}
kosten	fl. 164.732,-.

De berekening van de kosten van deze milieumaatregel is niet eenvoudig. De ene milieumaatregel (de compost bedden) wordt namelijk vervangen door een andere milieumaatregel. Bij het berekenen van de milieuwinst van de nieuwe maatregel bereken we eigenlijk de extra milieuwinst die we gaan maken (marginale milieuwinst). De kosten van deze maatregel zouden ook marginaal berekend kunnen worden. Hierbij wordt dan het verschil in jaarlijkse kosten tussen de compostbedden en de nieuwe milieumaatregel berekend. Vanuit praktisch oogpunt wordt er gekozen voor het berekenen van de totale kosten.

De investering in leidingwerk is ongeveer fl. 100.000,-. De kosten van het slopen van de compostinstallatie is ongeveer fl. 40.000,-. De totale investering is dus ongeveer fl. 140.000,-. Hieruit worden de jaarlijkse kapitaalkosten op fl. 22.820,- ingeschat. De operationele kosten zijn de kosten voor elektriciteit. Met een prijs van 30 cent per kWh worden de operationele kosten op fl. 141.912,- per jaar geschat. Overige operationele kosten zoals personeelskosten, onderhoudskosten worden buiten beschouwing gelaten. De totale jaarlijkse kosten van deze maatregel zijn dus ongeveer fl. 164.732,-.

6.6.3 Bepaling verminderde milieubelasting

Het berekenen van de milieuwinst van deze milieumaatregel kan alleen zinvol gedaan worden wanneer de PMM-methodiek de hinderaspecten die in deze case spelen voldoende aandacht geeft. Methodieken die de H_2S emissie niet beoordelen op het thema hinder zijn minder geschikt voor het beoordelen van deze milieumaatregel. Dus de VNCI-, ExternE- en Ecoindicator-methodiek kunnen niet gebruikt worden voor het beoordelen van deze milieumaatregel. De EPS-methodiek kent een karakterisatiefactor voor de H_2S emissie maar het is niet duidelijk of deze de schade veroorzaakt door hinder meerekent. Dit is één van de nadelen van het gebruik van karakterisatiefactoren welke effecten op alle milieuthema's bij elkaar voegen: ze zijn niet transparant. Zowel de CML- als de EPS-methodiek zullen gebruikt worden voor het beoordelen van deze milieumaatregel.

We gebruiken slechts één systeemgrensdefinitie in deze case. In de voorgaande cases is al voldoende aandacht besteed aan de mogelijke systeemgrensdefinities en de invloed hiervan op de uiteindelijke analyse. De behandeling van deze case concentreert zich op het in kaart brengen van hinderaspecten. In deze case worden alleen emissies die plaatsvinden op het bedrijf (H_2S en SO_4^{-2}, waarover later meer) en de emissies die plaatsvinden in de elektriciteitsketen in kaart gebracht. Wederom zijn gegevens over emissies die plaatsvinden in de elektriciteitsketen afkomstig uit de ETH-database (ETH, 1996), zie ook paragraaf 6.2.3.

De CML-methodiek rekent standaard alleen de effecten op de verschillende milieuthema's uit, voor elk milieuthema één getal. Deze lijst van getallen dient gesommeerd te worden willen we op één milieu-index getal uitkomen. In eerdere cases hebben we de weegfactoren gebruikt zoals deze door de NOGEPA werden gehanteerd, zie ook paragraaf 6.2.3. Deze weegfactoren liggen allen dicht bijelkaar. Dat wil zeggen dat het effect op verzuring net zo erg wordt gevonden als het effect op bijvoorbeeld ozonlaagaantasting. Helaas kennen de NOGEPA weegfactoren geen weegfactor voor geur. Wij hebben voor deze case onze eigen set weegfactoren samengesteld om ook het milieuthema geur mee te kunnen wegen. De weegfactoren staan vermeld in Tabel 6.7. De weegfactoren voor ecotoxiciteit

zijn zo samengesteld dat alle ecotoxiciteits thema's samen even zwaar wegen als de andere thema's.

Tabel 6.7: Weegfactoren in deze case gebruikt in de CML-methodiek om de afzonderlijke effecten op de verschillende milieuthema's bij elkaar op te kunnen tellen om zodoende op 1 milieu-index getal uit te komen.

Milieuthema	Weegfactor
Depletion of abiotic resources	1
Photochemical oxidant formation (Derwent)	1
Depletion of the ozone layer	1
Global warming (100)	1
Human toxicity	1
Aquatic ecotoxicity fresh water	0.1665
Aquatic ecotoxicity salt water	0.1665
Sediment ecotoxicity fresh water	0.1665
Sediment ecotoxicity salt water	0.1665
Terrestrial ecotoxicity	0.333
Acidification (Huijbregts, 1999)	1
Eutrophication	1
Odour	1

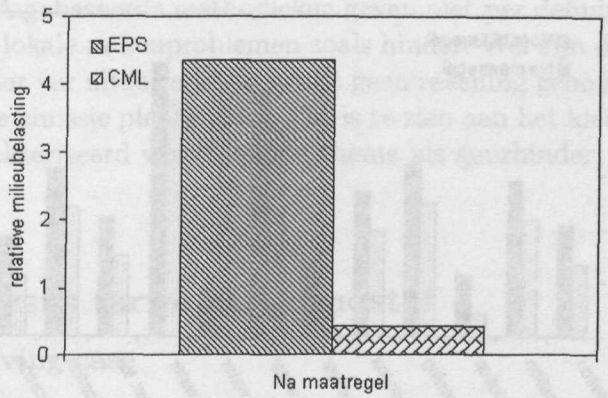
Het H_2S dat na deze milieumaatregel in het water wordt afgevangen (720 $kg.yr^{-1}$) zal waarschijnlijk in SO_4^{-2} worden omgezet. Dus we verschuiven een H_2S lucht-emissie naar een sulfaat oppervlaktewater emissie. De sulfaat emissie zou 2041 kg SO_4^{-2} per jaar bedragen. Een probleem is dat geen enkele methodiek een karakterisatiefactor voor sulfaat kent. De case wordt dus een afweging van de milieubelasting van een H_2S emissie tegen de inzet van extra elektriciteit (zie ook Tabel 6.6).

De resultaten van de bepaling van de relatieve milieubelasting van deze maatregel berekend met CML- en EPS-methodiek staat in Figuur 6.5. De relatieve milieubelasting voordat de milieumaatregel werd uitgevoerd, is op 1 gesteld.

De CML-methodiek duidt aan dat er een algemene milieuwinst (60% lagere milieubelasting) wordt geboekt, de EPS-methodiek geeft aan dat het algemene milieu er flink op achteruit gaat (een factor 4.3). De kosten-effectiviteit van deze milieumaatregel volgens de CML- en EPS-methodiek wordt gegeven in Tabel 6.9 op pagina 55.

Het terugbrengen van de H_2S emissie weegt niet op tegen de factor 5 hogere inzet van elektriciteit in de EPS-methodiek. Waarom de H_2S emissie zo'n kleine waarde heeft in de EPS methodiek is niet bekend. Misschien wordt het geureffect van H_2S niet meegenomen maar zeker weten doen we dit niet.

Bij de CML-methodiek telt het terugbrengen van de H_2S emissie zwaarder dan de circa factor 5 hogere inzet van elektriciteit. Als we de veranderende milieubelasting zoals berekend met de CML-methodiek uitzetten per thema, wordt direct

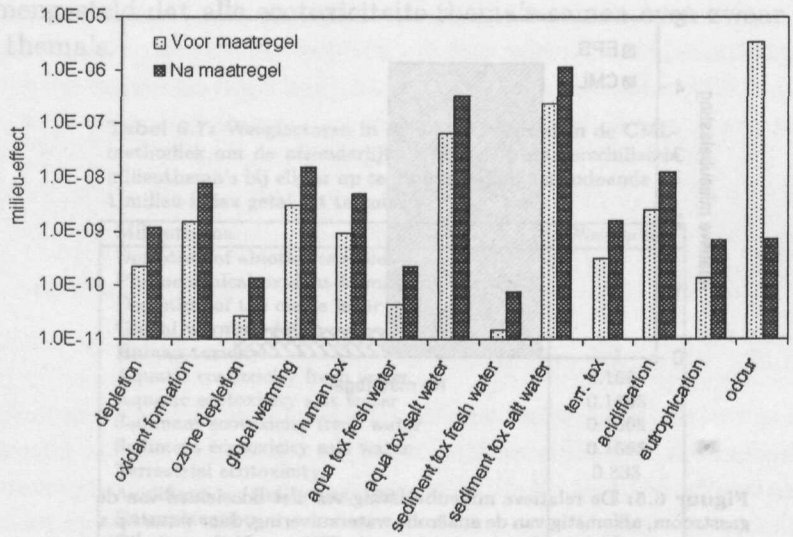


Figuur 6.5: De relatieve milieubelasting van het doorleiden van de gasstroom, afkomstig van de anaërobe waterzuivering, door water i.p.v door compostbedden. berekend volgens de EPS- en CML-methodiek. Het gaat hierbij om een illustratie die is gebaseerd op een groot aantal methodische keuzen die ook anders gemaakt kunnen worden. De milieubelasting voordat de milieumaatregel werd uitgevoerd, is op 1 gesteld.

duidelijk hoe dat komt. Zoals te zien is in Figuur 6.6 is het gevolg van deze maatregel dat de effecten op alle milieuthema's worden verergerd behalve op het thema geur. Deze zeer forse reductie in geuroverlast weegt op tegen de toename van het effect op andere milieuthema's. Dit is één van de voordelen van het gebruik van een methodiek die niet direct doorrekent naar één milieu-indexgetal. Zij is transparanter.

Overigens is er na het nemen van de milieumaatregel nog steeds een geurbelasting alleen wordt deze veroorzaakt door H_2S emissies elders in de keten. Deze H_2S emissies elders in de keten zijn zeer klein vergeleken met de H_2S emissie van de afvalwaterzuivering.

Nu op een generieke manier het effect van deze milieumaatregel is berekend kan deze geplaatst worden naast het effect van deze milieumaatregel op lokaal niveau. Zoals in de inventarisatie is vermeld (paragraaf 6.6.2) is het doel van deze maatregel het verminderen van de stankhinder door H_2S in de omgeving van Cerestar. De stankhinder is in kaart gebracht door het aantal klachten te noteren door H_2S. Wij gebruiken het aantal klachten als indicator voor de stankhinder. De locatiespecifieke milieubelasting is dus alleen in kaart gebracht voor het geurthema. Mogelijk draagt H_2S ook nog bij aan het thema toxiciteit.



Figuur 6.6: Het effect op de verschillende milieuthema's van het doorleiden van de gasstroom, afkomstig van de anaërobe waterzuivering, door water i.p.v door compostbedden, berekend met de CML-methodiek. Het gaat hierbij om een illustratie die is gebaseerd op een groot aantal methodische keuzen die ook anders gemaakt kunnen worden. Let op, de milieubelasting (y-as) is logaritmisch uitgezet en voor elk milieuthema (x-as) is de genormaliseerde [1] en gewogen waarde uitgezet.

Tabel 6.8: Het effect van het doorleiden van de gasstroom, afkomstig van de anaërobe waterzuivering, door water i.p.v door compostbedden op het generieke milieu en het locatiespecifieke milieu. De effecten op het generieke milieu zijn berekend met behulp van de CML- en EPS-methodiek. De locatiespecifieke milieubelasting is in kaart gebracht aan de hand van het aantal klachten van omwonenden naar aanleiding van de stankhinder. Het gaat hierbij om een getallen die gebaseerd zijn op een groot aantal methodische keuzen die ook anders gemaakt kunnen worden.

	generiek EPS-methodiek	generiek CML-methodiek	locatiespecifiek aantal klachten
voor milieumaatregel	1	1	3
na milieumaatregel	4.36	0.42	0

De afweging tussen locatiespecifieke en generiek milieu-effecten kan op deze manier heel transparant en expliciet gemaakt worden.

6.6.4 Gesignaleerde problemen

- Een methodiek welke direct een milieu-index getal uitrekent zonder dat effecten op milieuthema's zichtbaar worden gemaakt zijn niet transparant.

1. Normalisatie van een effectscore wordt gedaan door de effectscore te delen door het totale effectscore op dit thema van alle emissies die plaatsvinden in een bepaald geografisch gebied, b.v. Europa.

- De op LCA gebaseerde methodieken geven niet per definitie te weinig aandacht aan lokale milieuproblemen zoals hinder. Wel zijn de hinder thema's vaak minder ver uitgewerkt en wordt geen rekening gehouden met de locatie waar de emissie plaats vindt. Dit is te zien aan het kleine aantal stoffen dat gekarakteriseerd wordt op een thema als geurhinder.

6.7 Maïs versus tarwe als grondstof

6.7.1 Omschrijving case

Een hoofdproduct van Cerestar is zetmeel. Dit zetmeel wordt gemaakt uit tarwe en maïs. De tarwe en maïs wordt in de fabriek van Cerestar via gescheiden kanalen verwerkt. De vraag hierbij is welke milieu- en economische gevolgen het heeft om over te schakelen van maïs naar tarwe als grondstof voor het bedrijf. Hierbij zijn naast de bedrijfsinterne milieugevolgen voornamelijk ook de gevolgen elders in de keten (in de landbouw) van belang. Het is niet mogelijk om deze case geheel uit te werken maar er kan wel een analyse maken van de problemen die optreden wanneer een dergelijke case geheel uitgewerkt gaat worden.

Aanpak case

Een inventarisatie van deze ingreep zou in principe moeten bestaan uit alle in- en outputs van de maïs- en tarwefabriek van Cerestar. Een eerste snelle screening van deze in- en outputs laat zien dat het hoofdproduct van Cerestar zetmeel is. Verder laat dit zien dat voor het maken van eenzelfde hoeveelheid zetmeel er op droge stof basis 40% meer tarwe nodig is als maïs. Als het verbouwen van tarwe een zelfde milieubelasting kent als maïs en de milieubelasting in de akkerbouwketen van doorslaggevend belang is in de productie van zetmeel dan is het voor de handliggend dat de productie van zetmeel uit maïs minder milieubelastend is dan de productie van zetmeel uit tarwe. In het algemeen geldt dat de landbouwketen de grootste milieubelasting geeft in de voedingsindustrie omdat de landbouw per definitie direct meststoffen, bestrijdingsmiddelen etc. in het milieu brengt. Of het verbouwen van maïs een andere milieubelasting met zich meebrengt dan de verbouw van tarwe is op voorhand niet te zeggen.

Bij een eventuele inventarisatie van emissies zouden de emissies die plaatsvinden in de landbouw zorgvuldig in kaart gebracht moeten worden. Er kan nu niet volstaan worden met het opzoeken van emissie gegevens in een LCA-database maar er dient nu een gedetailleerd onderzoek gedaan te worden naar de emissies die plaatsvinden in de relevante landbouwsystemen.

De hele analyse van dit probleem gaat veel verder dan met een PMM-methodiek beoordeeld kan worden. Voor een juiste analyse van dit probleem is een complete LCA van zowel de maïs als tarwe keten noodzakelijk. Daarnaast heeft een overschakeling van maïs verbouw naar tarwe verbouw grote gevolgen voor de tarwe/maïs markt en voor de tarwe/maïs leveranciers. In dit geval kan niet alleen worden volstaan met een analyse van de kosten voor een bedrijf (VROM-methodiek) en de analyse van de financiële draagkracht van het bedrijf (MIOW+-methodiek) maar dienen ook de kosten in de keten geanalyseerd te worden (LCC). Verder zou ook in detail bekeken moeten worden wat de gevolgen zouden zijn in de directe omgeving van het bedrijf. Eventueel zou er een MER toegepast moeten worden.

Gesignaleerde problemen

- Wanneer zeer omvangrijke (milieu)maatregelen moeten worden beoordeeld zoals de bouw van een nieuwe fabriek of overstappen op een geheel andere grondstof kan niet volstaan worden met een eenvoudige analyse. Een complete inventarisatie van de hele productketen (LCA) of MER is dan meer geschikt voor het analyseren van de milieu-effecten te samen met het gebruik van andere relevante hulpmiddelen zoals stofstroom analyse en economische/markt modellen.

6.8 Overzicht kosteneffectiviteit

In Tabel 6.9 zijn de berekende kosteneffectiviteiten, berekend volgens de CML, EPS, Schaduwprijzen en Ecoindicator-methodiek, van de diverse milieumaatregelen op een rijtje gezet.

De eenheden waarin de kosteneffectiviteit volgens de verschillende methodieken wordt berekend is steeds verschillend. Daarom is bijvoorbeeld de kosteneffectiviteit berekend volgens de Schaduwprijzen-methodiek verschillend van de kosteneffectiviteit berekend volgens de Ecoindicator methodiek. Directe vergelijking van de kosteneffectiviteit berekend met de de verschillende methodieken is dus niet mogelijk. De berekende kosteneffectiviteit van een milieumaatregel kan wel beoordeeld worden door deze te vergelijken met de kosteneffectiviteit van een andere milieumaatregel berekend met dezelfde methodiek. De manier om dit overzichtelijker te doen is door de milieumaatregelen te 'ranken'. De ranking zoals aangegeven door de verschillende methodieken kan wel vergeleken worden.

Wanneer de ranking (of prioriteitsstelling) van milieumaatregelen zoals beoordeeld met één methodiek wordt bekeken dient nog opgemerkt te worden dat

Tabel 6.9: Overzicht van de berekende kosteneffectiviteiten volgens de CML, EPS, Schaduwprijzen en Ecoindicator-methodiek. De cases calcineren met FOG, fosfine reductie, installatie van een SCR deNO$_X$-installatie, reductie H_2S-emissie en afzet van gipsafval in de bouw zijn milieumaatregelen welke vergeleken kunnen worden op basis van kosteneffectiviteit. Het gaat hierbij om een overzicht welk is gebaseerd op een groot aantal methodische keuzen die ook anders gemaakt kunnen worden.

Milieumaatregel	PMM-methodiek							
	CML		Schaduwprijzen		EPS		Ecoindicator	
	absoluut	rank	absoluut	rank	absoluut	rank	absoluut	rank
fosfine	5.47×10^{-12}	7	1.01×10^{-1}	4	1.39×10^{1}	2	onbekend	
fosfine+keten	1.46×10^{-12}	9	2.14×10^{-2}	5	-2.14×10^{-1}	8	onbekend	
calcineren	4.22×10^{-12}	8	onbekend		6.89×10^{-1}	4	6.90×10^{-5}	5
calc.+keten	6.01×10^{-12}	6	onbekend		7.33×10^{-1}	3	7.03×10^{-5}	4
deNO$_X$	1.14×10^{-10}	3	2.40	1	5.55×10^{-1}	5	9.93×10^{-5}	2
deNO$_X$+keten	1.11×10^{-11}	5	2.35	2	3.65×10^{-1}	7	7.43×10^{-5}	3
deNO$_X$ norm.	1.67×10^{-10}	2	onbekend		5.43×10^{-1}	6	1.25×10^{-4}	1
Gipsafval	8.38×10^{-10}	1	1.05	3	2.75×10^{1}	1	6.60×10^{-5}	6
Geuremmissie	1.29×10^{-11}	4	onbekend		-6.37×10^{-1}	9	onbekend	

berekende kosteneffectiviteiten niet zondermeer vergeleken mogen worden. De berekening van de milieuwinst en de kosten van te vergelijken milieumaatregelen dient gelijkwaardig geschiedt te zijn. Wanneer in één milieumaatregel alle emissies in de keten in ogenschouw zijn genomen en in de andere milieumaatregel keten-aspecten helemaal buiten beschouwing zijn genomen dan is een vergelijking niet geldig. Ook kunnen bepaalde milieuaspecten of kosten buiten beschouwing gelaten zijn (een tekortkoming van de kwantitatieve studie) waardoor een milieumaatregel positief scoort. Dergelijke tekortkomingen dienen altijd bij de berekende kosteneffectiviteit vermeld te worden. Zo dient bijvoorbeeld de negatieve kosteneffectiviteit zoals deze berekend wordt door de EPS-methodiek voor de geuremissie-maatregel, vergezeld te gaan met een aantekening dat het milieuaspect geurhinder waarschijnlijk niet is meegenomen.

Tabel 6.10: Overzicht van de berekende kosteneffectiviteiten volgens de CML, EPS, Schaduwprijzen en Ecoindicator-methodiek. Alleen de cases installatie van een SCR deNO$_X$-installatie en afzet van gipsafval in de bouw zijn milieumaatregelen welke vergeleken kunnen worden op basis van kosteneffectiviteit. Het gaat hierbij om een overzicht welk is gebaseerd op een groot aantal methodische keuzen die ook anders gemaakt kunnen worden.

Milieumaatregel	PMM-methodiek							
	CML		Schaduwprijzen		EPS		Ecoindicator	
	absoluut	rank	absoluut	rank	absoluut	rank	absoluut	rank
deNO$_X$	1.14×10^{-10}	2	2.40	1	5.55×10^{-1}	2	9.93×10^{-5}	1
deNO$_X$+keten	1.11×10^{-11}	3	2.35	2	3.65×10^{-1}	3	7.43×10^{-5}	2
Gipsafval	8.38×10^{-10}	1	1.05	3	2.75×10^{1}	1	6.60×10^{-5}	3

In Tabel 6.9 wordt de ranking van de verschillende maatregelen nog vertroebeld doordat niet voor alle maatregelen met elke methodiek een kosteneffectiviteit berekend kon worden. Daarom zijn in Tabel 6.10 alleen die milieumaatregelen vermeld waarvoor een kosteneffectiviteit kon worden bepaald met de vier methodieken. De gipsafval milieumaatregel wordt door de verschillende methodieken

anders beoordeeld. Dit komt doordat de verschillende methodieken uitgaan van verschillende aannames, modellen en keuzes.

6.9 Conclusies naar aanleiding cases

- Het hanteren van de PMM-methodieken geeft waardevolle inzichten en laat ook zien of en welke verbeteringen mogelijk zijn.
- Wanneer zeer omvangrijke (milieu)maatregelen moeten worden beoordeeld zoals de bouw van een nieuwe fabriek of overstappen op een geheel andere grondstof/proces kan niet volstaan worden met een eenvoudige analyse. Een complete inventarisatie van de hele productketen (LCA) of MER is dan meer geschikt voor het analyseren van de milieu-effecten te samen met het gebruik van andere relevante hulpmiddelen zoals stofstroom analyse en economische modellen.
- Procedures voor het bepalen van de systeemgrenzen ontbreken in veel methodieken. De keuze voor een bepaalde systeemgrenzen beïnvloedt de uitkomst zeer sterk. Procedures voor het bepalen van de systeemgrenzen dienen op verschillende niveaus te worden gedefinieerd:
  - welke emissies dienen geïnventariseerd te worden;
  - waar wordt de grens tussen economie en milieu gelegd;
- Het effect van een milieumaatregel wordt in een aantal cases door de verschillende methodieken heel verschillend ingeschat. Doordat veel van de methodieken niet transparant zijn is nauwelijks te achterhalen waardoor de verschillen ontstaan
- Het is niet altijd duidelijk of gebruik gemaakt moet worden van marginale of gemiddelde processen en data. Dit is afhankelijk van de vraag en de te volgen procedure dient goed omschreven te zijn.
- Wanneer een ketenanalyse gemaakt moet worden, zullen veelal data uit een standaard database gebruikt worden, maar gegevens uit deze databases zijn niet altijd betrouwbaar. Het niet voorhanden hebben van een goede database maakt de methodieken welke afhankelijk zijn van gegevens over emissies minder praktisch.
- Als een milieumaatregel iets verandert in een markt dienen de effecten daarvan op het milieu ook meegenomen te worden. Of een marktanalyse tot de mogelijkheden behoort is onduidelijk.
- Het volledig buitenbeschouwing laten van productketens zowel 'downstream' als 'upstream' van het bedrijf maakt het onmogelijk om sommige milieumaatregelen te beoordelen omdat in het meest extreme geval er geen emissies op het bedrijf zelf plaatsvinden.

- Lokale milieuthema's zijn in de op LCA gebaseerde methodieken minder ver uitgewerkt en niet locatiespecifiek uitgewerkt. Dit eerste komt bijvoorbeeld tot uiting in het geringe aantal stoffen dat op bijvoorbeeld geur wordt gekarakteriseerd en de manier waarop geur wordt gekarakteriseerd. Locatiespecifieke milieu-aspecten van een milieumaatregel dienen apart geanalyseerd te worden.
- Alle methodieken kunnen maar een beperkt aantal milieu-effecten op milieuthema's beoordelen. Er moet naar gestreefd worden zoveel mogelijk milieu-effecten van een milieumaatregel te analyseren. Er dient aan gegeven te worden wat er gedaan moet worden wanneer voor het beoordelen van een milieumaatregel cruciale milieuthema's ontbreken. Bijvoorbeeld een milieumaatregel waarbij de lozing van een grote hoeveelheid koelwater moet worden afgewogen tegenover een CO_2 emissie en een thema opwarming regionaal water ontbreekt.
- Alle methodieken kunnen maar een beperkt aantal stof emissies beoordelen. Er dienen procedures te zijn wanneer voor het beoordelen van een milieumaatregel cruciale karakteriseringsfactoren ontbreken.
- Het gebruik van een methodiek welke geen expliciete wegingsstap kent is niet transparant en maakt het moeilijk het resultaat van de methodiek te beoordelen en te analyseren.
- Gezien de onvolkomenheden in de methodieken, de grote invloed van bepaalde aannames en keuzen op de eindresultaten en de grote verschillen in de uitkomsten van de verschillende methodieken dienen deze methodieken alleen gebruikt te worden door mensen met een aanzienlijke kennis van zaken.

Hoofdstuk 7

Conclusies en aanbevelingen

Een analyse van verschillende bestaande methodieken voor het prioriteren van milieumaatregelen (PMM-methodieken), hun toepassingskader en de toepassing van de PMM-methodieken op enkele concrete cases leidt tot de volgende conclusies:

- *Een PMM-methodiek geeft zinvolle informatie.*
  De systeemanalytische aanpak geeft waardevolle inzichten in de relevante aspecten van een milieumaatregel en de tegelijkertijd wordt de veelheid van milieu-ingrepen (emissies, grondstofonttrekkingen) versimpeld tot één of enkele getallen.

- *Een PMM-methodiek levert partiële informatie.*
  De in dit rapport besproken PMM-methodieken prioriteren de milieumaatregelen alleen op basis van de kosten en 'generieke milieuwinst'. Bij een investeringsbeslissing spelen nog veel meer aspecten zoals veiligheidssituatie, bedrijfsstrategie, locatiespecifieke milieusituatie, financiële draagkracht van het bedrijf etc. een grote rol.

- *De uitkomst van een PMM-methodiek is afhankelijk van arbitraire en subjectieve keuzes die gemaakt moeten worden.*
  Subjectieve keuzes zoals de keuze van weegfactorenen arbitraire keuzes zoals het wel/niet meenemen van (delen van) de keten zijn niet te vermijden wanneer een PMM-methodiek wordt toegepast. De uitkomst van een PMM-methodiek is sterk afhankelijk van deze arbitraire en subjectieve keuzes.

- *De uitkomsten van een PMM-methodiek zijn onzeker.*
  Doordat de verschillende PMM-methodieken uitgaan van verschillende uitgangspunten, methodieken etc., schatten de verschillende PMM-methodieken

de 'milieuwinst' van een maatregel heel anders in.

- *Het gebruik van een PMM-methodiek vereist behoorlijk wat kennis en kunde.*
  Gezien de onvolkomenheden in de methodieken, de grote invloed van bepaalde aannames en keuzen op de eindresultaten en de grote verschillen in de uitkomsten van de verschillende methodieken dienen deze methodieken alleen gebruikt te worden door mensen met een aanzienlijke kennis van zaken.

- *Locatiespecifieke milieuaspecten worden niet beoordeeld in PMM methodieken maar lokale milieuthema's, zoals geluids- en geuroverlast, worden wel (beperkt) meegenomen worden in enkele bestaande PMM-methodieken.*
  De in dit rapport besproken PMM-methodieken zijn afgeleid van LCA methodieken. Zij berekenen de potentiële milieuwinst onafhankelijk van tijd of plaats. Ook lokale milieuproblemen worden op deze tijds- en plaatsonafhankelijke manier beoordeeld zodat de beoordeling geen verband met de werkelijke (locatiespecifieke) milieusituatie. Een H_2S emissie in de Kalverstraat zal volgens een LCA net zoveel overlast geven als een H_2S emissie in de woestijn.

- *Externe veiligheid maakt (nog) geen deel uitmaakt van bestaande PMM-methodieken.*

- *De meeste in dit rapport besproken PMM-methodieken en benodigde inventarisatie gegevens zijn vrij of tegen geringe vergoeding verkrijgbaar.*
  Vaak worden deze databases en karakteriseringsfactoren direct met LCA-software producten meegeleverd waarbij licentie kosten bij het software pakket zijn inbegrepen. Wel zijn de database gegevens niet erg betrouwbaar.

- *Erg praktisch zijn de methodieken (nog) niet* Alleen de Schaduwprijzenmethodiek is heel erg praktisch gericht op het prioriteren van milieumaatregelen. Overige methodieken zijn minder makkelijk hanteerbaar doordat heleboel praktische informatie ontbreekt. Zo zal het ontbreken van weegfactoren, systeemgrens definities en gegevens over emissies in de keten als een gemis worden ervaren.

Onderzoek naar de wenselijkheid van het gebruik binnen bedrijven en overheden en de vorm van een PMM-methodiek leidt tot de volgende conclusies:

- *Het (toekomstig) gebruik van een PMM-methodiek bij bedrijven wordt door de bedrijven, de overheden en de milieubeweging zinvol gevonden.*
  Over het algemeen wordt ervaren dat de milieumaatregelen waarvan het heel duidelijk was dat deze een forse milieuwinst zouden opleveren, uitgevoerd zijn. Voor de prioriteitstelling van verdergaande milieumaatregelen is een hulpmiddel noodzakelijk.

- *PMM-methodieken kunnen in verschillende procedurele contexten gebruikt kunnen worden.*
  - bij bedrijfsinterne verkenningen van de overall-milieugevolgen van (milieu)maatregelen;
  - bij bedrijfsinterne voorbeschouwing van mogelijke alternatieven voor opgelegde milieumaatregelen (i.c. uitruil);
  - bij overleg over nieuwe BMP's uitmondend in milieuvergunningen;
  - bij de onderbouwing en eventueel publieke verantwoording van de aanpak van de bedrijfsmilieuzorg.

- *Transparantie van PMM-methodieken welke gebruikt worden in externe communicatie (overleg BMP, publieke verantwoording) is van groot belang.*
  Transparantie wordt verkregen door de weging tussen thema's expliciet plaats te laten vinden en een methodiek te hebben waarbij snel duidelijk is welke milieu-effecten een bepaalde emissie heeft.

- *Een PMM-methodiek dient zoveel mogelijk milieuthema's te omvatten.*
  Bij het beoordelen van een milieumaatregel dienen alle relevante milieu-effecten in kaart te worden gebracht zover dit praktisch mogelijk is. De verschillende methodieken verschillen nogal in het aantal emissies en de milieu-effecten welke beoordeeld kunnen worden. Locatiespecifieke milieu-aspecten worden door de huidige PMM-methodieken niet meegerekend en dienen daarom separaat te worden geanalyseerd.

- *Bij het beoordelen van een milieumaatregel dienen de effecten daarvan zowel 'upstream' als 'downstream' van het bedrijf in ogenschouw te worden genomen wanneer dit relevant is.*
  Het kwantitatief in kaart brengen van de keten-aspecten is lastig vanwege vele praktische problemen als: ontbreken van gegevens, dynamische aspecten van markten, bepaling van systeemgrenzen.

Op basis van deze conclusies komen wij tot de volgende aanbevelingen:

- *Gebruik een PMM-methodiek om milieumaatregelen te prioriteren.*

- *Presenteer de resultaten van een PMM-methodiek niet als feit en gebruik de resultaten als beslissingsondersteunend instrument.*
  Naast de kwantitatieve uitkomst van de studie moet ook worden aangegeven wat de tekortkomingen waren van de kwantitatieve studie en aanvullende kwalitatieve overwegingen, bijvoorbeeld dat de milieumaatregel een innovatieve procesvernieuwende ingreep betreft. Naast de uitkomst van de PMM-methodiek, die aangeeft welke maatregel het meest kosten-effectief is, kunnen andere aspecten (draagkracht bedrijf, invloed op locatiespecifieke milieusituatie) welke een rol spelen bij de investeringsbeslissing prevaleren.

- *Wanneer resultaten van de PMM-methodiek gebruikt worden bij externe communicatie (overleg BMP, publieksverantwoording) dient deze transparant te zijn.*
  Onder transparante methodiek verstaan wij de mogelijkheid om snel inzicht te hebben in de milieu-effecten waarop een emissie beoordeeld wordt en een expliciete afweging tussen de verschillende milieu-effecten.

- *Gebruik een methodiek welke zoveel mogelijk milieu-effecten kan beoordelen.*
  Alhoewel bepaalde milieu-effecten irrelevant zijn wanneer alleen emissies op het bedrijf beoordeeld moeten worden, is het van belang dat zoveel mogelijk milieu-effecten beoordeeld kunnen worden wanneer ketenaspecten in de PMM-methodieken meegenomen gaan worden.

- *Wanneer cruciale milieu-effecten niet beoordeeld kunnen worden omdat deze niet voorkomt in de PMM-methodiek moet dit als tekortkoming van de kwalitatieve studie worden aangegeven.*

- *Wanneer cruciale karakteriseringsfactoren ontbreken (een tekortkoming van de kwalitatieve studie), dienen deze uitgerekend te worden.*
  Mocht dit vanwege praktische problemen niet mogelijk zijn dan moet bij de uitkomst van de studie aangegeven worden dat deze ontbreken en moet kwalitatief worden aangegeven wat het effect is van het ontbreken van de karakteriseringsfactor.

- *Getracht moet worden om effecten van een milieumaatregel zowel 'upstream' als 'downstream' van het bedrijf voorzover deze relevant zijn, kwantitatief te beoordelen.*
  Is kwantificering van de effecten in de keten niet mogelijk (een tekortkoming van de kwalitatieve studie) omdat dit praktisch niet haalbaar is dan

dienen effecten buiten de bedrijfspoort tenminste omschreven zijn.

- *Naast een inschatting van de 'generieke milieuwinst' van een milieumaatregel, zoals berekend met de PMM-methodieken besproken in dit rapport, moet ook de locatiespecifieke milieuwinst in de investeringsbeslissing betrokken worden*
  De uitkomsten van een PMM-methodiek hebben alleen betrekking hebben op een 'generieke milieuwinst'. Een milieumaatregel dient ook beoordeeld te worden op locatiespecifieke milieu-aspecten zoals locatiespecifieke luchtkwaliteit of veiligheid.

- *Verdere ontwikkeling van PMM-methodieken is nodig en de moeite waard.*
  Niet alleen dient er gestreefd te worden naar een verdere inhoudelijke verbetering van de PMM-methodieken, zoals betere uitwerking van lokale milieuthema's en consistente/praktische definitie voor de systeemgrenzen maar dienen de methodieken vooral ook praktisch uitgewerkt te worden voor toepassing binnen een PMM-methodiek zodat bedrijven er veel makkelijker mee aan de slag kunnen. Hierbij dient een balans gevonden te worden tussen wetenschappelijk verantwoord en praktisch toepasbaar zijn van de methodiek. Aandachtspunten zouden moeten zijn de beschikbaarheid van gegevens over emissies in de keten en systeemgrens definities. Met kleine wijzigingen in de methodieken zijn er al grote verbeteringen mogelijk. Tevens moet er gestreefd worden naar (een) algemeen aanvaarde PMM-methodiek(en) en/of wegingsmethodieken.

Referenties

Adriaanse, F. (1993) *Environmental policy performance indicators; a study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands.* SDU Uitgeverij, isbn 90 12 08099 1

Ahbe, S.; Braunschweig, A.; Müller-Wenk, R. (1990) *Methodik für oekobilanzen auf der basis ükologischer optimierung*, Schritenreihe umwelt nr. 133, Bundesamt für umwelt. Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, Switzerland.

Bárzaga-Castellanos, L.; Neufert, R.; Kayser, G.; Market, B. (1999) Life cycle assessment of the selective catalytic reduction process for power plants. *International Journal of Life Cycle Assessment*, **4**, 329-338.

Clarke, R. (ed.) (2000) *The efficient entrepreneur calendar, assistant, measure and improve your business performance month by month.* UNEP/Wuppertal institute, 79 p.

ETH (1996) *Ökoinventare von Energiesystemen.* Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich, Database.

ExternE (1995) *ExternE, externalities of energy. Vol 4 Oil & Gas.* European Commission Directorate-General XII, Science, research and development. Brussels, Luxembourg. 428 pp.

Goedkoop, M; Spriensma, R. (2000) *The Eco-indicator 99, a damage oriented method for life cycle assessment, methodology report*, 2nd edition, Pré Consultants B.V. Amersfoort.

Guinée, J.(ed.)(2001) *Handbook on life cycle assessment; an operational guide to the ISO-standards.* Centre of environmental science (CML), Leiden University, Leiden, 314 p.

Hanley, N.; Shogren, J.F.; White, B. (2001) *Introduction to environmental economics.* Oxford University Press, Oxford/New York, 350p.

Heijungs, R. (red.) (1992) *Milieugerichte levenscyclusanalyses van produkten, Handleiding en achtergronden*, Centrum voor Milieukunde, Universiteit Leiden, Leiden.

Hertwich, E.G.; Pease W.S.; Koshland, C.P. (1997) Evaluating the environmental impact of products and production processes: a comparison of six methods. *The Science of the Total Environment*, **196**, 13-19.

Howarth, A.; Pearce, D.W.; Ozdemiroglu, E.; Seccombe-Hett, T.; Wieringa, K.; Streefkerk, C.M.; De Hollander, A.E.M. (2001) *Valuing the benefits of environmental policy: The Netherlands*, RIVM Rapport 481505024, 186 p.

ICI (1997) *Environmental Burden: The ICI approach; A new method to evaluate the potential environmental impact of wastes and emissions.* zie ook http://www.ici.com/

Kramer, K.J.; Moll, H.C. (1994) Risk profiles of life-cycles. In : Udo de Haes, H.A.; Jensen, A.A.; Klöpffer, W.; Lindfors L. (eds.) *Integrating impact assessment into LCA.* Proceedings of the LCA symposium held at the fourth SETAC-Europe Congress, 11-14 April 1994, The free university Brussels, Belgium.

Kramer, K.J.; Biesiot, W.; Moll, H.C. (1993) *Risico-profielen van een levensketen; Een programmeringsstudie naar mogelijke combinaties van levenscyclusanalyse en risico-analyse.* Publikatie RMNO nr. 89.

Maas, K.; Jantzen, J. (1999) *Life cycle costing; A survey of methods to account for financial and external life cycle costs in water management.* RIZA werk-document 99.107X, Institute for Applied Environmental Economics (TME), Den Haag.

Narodowslawsky, M.; Krtotscheck, Ch. (1995) The sustainable process index (SPI): evaluating processes according to environmental compatibility. *J. Hazardous Mater.* **41**, 2–3.

Nattrass, B.; Altomare, M. (1999) *The Natural Step for Business: Wealth, Ecology and the Evolutionary Corporation*, New society publishers, 240 p.

Owens, J.W. (1999) Why life cycle impact assessment is now described as an indicator system. *International Journal of Life Cycle Assessment*, **4**, 81–86.

Potting, J. (2000) *Spatial differentation in life cycle assessment; A framework and site-dependant factors to assess acidification and human exposure.* PhD-thesis, Universiteit Utrecht, Faculteit Scheikunde, 177p.

Sas, H.; Huppes, G.; De Haan, E.; Kuyper, J. (1996) *Weegfactoren voor bedrijfsmilieuplannen NOGEPA; verslag van de workshop d.d. 23/24-11-1995.* NOGEPA Den Haag.

Sas, H.J.W. (1994) *Verwijdering van huishoudelijk kunststofafval: analyse van milieu-effecten en kosten*, hoofdrapport + bijlagen., Centrum voor energiebesparing en schone technologie, Delft.

Schmidt-Bleek, F. (1994) *Wieviel umwelt braucht der mensch? mips –Das maß für ökologisches wirtschaften*, Birkhäuser verlag GmbH, Berlin.

Shechter, M. (1997) Valuing the environment In: Folmer, H.; Gabel, H.L.; Opschoor, H. (eds.) *Principles of environmental and resource economics: A guide for students and decision-makers.* Edward Elgar Publishing Inc.

Smit, O.C.T. (1994) *Opname van risico's in de LCA-methodiek: Een verkenning van de mogelijkheden om een citerium voor externe-veiligheidsrisico's op te nemen in levenscyclusanalyses.* Vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving, Universiteit Utrecht.

Steen, B. (1996) *EPS-Default valuation of environmental impacts from emission and use of resources, version 1996*, AFR-Report 111, Afvallsforskningsradet (ARF), Swedish environmental protection agency, Stockholm, Sweden.

Steen, B. (1999) *A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS), version 2000 - models and data of the default method.* CPM Report 1999:5, Chalmers university of technology, Göteborg, Sweden.

Steen, B.; Ryding, S.O. (1993) *The EPS enviro-accounting method, an application of environmental accounting principles for evaluation and valuation of environmental impact in product design.* AFR-Report-11, Afvallsforskningsradet (ARF), Swedish environmental protection agency, Stockholm, Sweden.

ThermPhos (2000) *Milieu en Veiligheid 1999.* Milieujaarverslag ThermPhos International B.V., Vlissingen, 38 p.

USGS (1999) *U.S. geological survey minerals yearbook 1999.*

Van den Bremen, J. (2000) Sommige risico's zijn meer gelijk dan andere, schaduwprijsmethode drukt arbo- en milieurisico's in geld uit. *Arbeidsomstandigheden*, **12**, 60-63.

Van der Woerd, K.F., et al. (1998), *MIOW+: The Manual; a model to assess business economic consequences of environmental measures*, Institute for Environmental Studies (IVM) R-98/03, Amsterdam.

Van Soest, J.P; Sas, H.; De Wit, G. (1997) *Appels, peren en milieumaatregelen, afweging van milieumaatregelen op basis van kosteneffectiviteit.* CE-Delft, Centrum voor energiebesparing en schone technologie, Delft.

VNCI (2000) *Handleiding milieukentallen voor de chemische industrie*, Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie, afdeling communicatie, Leidschendam, 52 p.

VROM (1992) *Thema-indicatoren voor het milieubeleid.* VROM, publikatiereeks milieustrategie nr 1992/6, 66 p.

VROM (1994) *Kosteneffectiviteit van milieumaatregelen in de industrie, beschrijving van de methodiek, deel A.* VROM, publicatiereeks lucht & energie, nr 119,

43 p.

VROM (1998) *Kosten en baten in het milieubeleid: herziene uitgave van de standaardmethode voor het definiëren en berekenen van de kosten van milieubeheer.* VROM, publicatiereeks milieustrategie, nr. 1998/6, 54 p.

Wit R.C.N., Sas H.J.W. Davidson M.D. (1997) *Schaduwprijzen prioriteringsmethodiek voor milieumaatregelen (SPM).* Centrum voor energiebesparing en schone technologie, Delft, 120 p.

Bijlage A

Lijst met geïnterviewden

1. *Atofina Vlissingen B.V.*
   Adres: Postbus 70, 4380 AB, Vlissingen
   Bedrijfsactiviteit: Producent van organometaal verbindingen
   Geïnterviewden: D.E.R de Bruijn (environmental coordinator)
   B.A. Bosman (safety & environmental manager)
   Datum interview: 16 maart 2001

2. *Cerestar*
   Adres: Postbus 9, 4550 AA, Sas van Gent
   Bedrijfsactiviteit: Producent van zetmeel en zetmeelderivaten die grondstof vormen voor de voedingsmiddelen-,papier-, golfkarton en farmaceutische industrie.
   Geïnterviewden: F. van Esch
   Datum interview: 16 maart 2001

3. *Dow Benelux V.V.*
   Adres: Postbus 48, 4530 AA, Terneuzen
   Bedrijfsactiviteit: Producent van een wijd scala aan kunststoffen en chemicaliën
   Geïnterviewden: J. van Seeters
   Datum interview: 20 maart 2001

4. *Heerema Havenbedrijf B.V.*
   Adres: Postbus 5060, 4380 KB, Vlissingen
   Bedrijfsactiviteit: Ontwerpen, bouwen en transport gereedmaken van (grote) staalconstructies, voornamelijk voor de offshore industrie.
   Geïnterviewden: D. Cowlishaw (QA manager)
   T. W. Roggema (SHE manager)
   Datum interview: 9 maart 2001

5. *Hercules*
   Adres: Postbus 8018, 4330 EA, Middelburg
   Bedrijfsactiviteit: Producent van koolwaterstof harsen en chemisch gemodificeerde natuurharsen.
   Geïnterviewden: A.J. Breijer (environmental coordinator)
   Datum interview: 16 maart 2001

6. *Hydro Agri Sluiskil*
   Adres: Postbus 2, 4540 AA, Sluiskil
   Bedrijfsactiviteit: producent van ammoniak, salpeterzuur, ureum kunstmest, nitraat kunstmest en vloeibare CO_2.
   Geïnterviewden: J. van Damme
   Datum interview: 20 maart 2001

7. *IPV (Industrial Park Vlissingen)*
   Adres: Postbus 409; 4380 AK, Vlissingen
   Bedrijfsactiviteit: Levering van diensten (riolering, afvalwatezuivering en producten (stoom, perslucht) aan bedrijven op het voormalige Hoechst-terrein in Vlissingen-Oost.
   Geïnterviewden: G. van Dijke
   Dhr. van Galen
   Datum interview: 9 maart 2001

8. *KoSa Netherlands B.V.*
   Adres: Postbus 408, 4380 AK, Vlissingen
   Bedrijfsactiviteit: Producent van dimethylterephtalaat (grondstof voor polyester) en terate (toegepast in polyurethaanschuim)
   Geïnterviewden: M. van Alphen (managerquality, safety & environment)
   Datum interview: 20 maart 2001

9. *Pechiney Nederland N.V.*
   Adres: Postbus 49, 4380 AA, Vlissingen
   Bedrijfsactiviteit: Producent van aluminium uit aluinaarde en gerecycled aluminium.
   Geïnterviewden: A.P.G. Dijkmans (manager environmental affairs)
   G.J.A. Biersteker (hoofdopzichter milieu)
   Datum interview: 16 maart 2001

10. *ThermPhos International B.V.*
    Adres: Postbus 406, 4380 AK, Vlissingen
    Bedrijfsactiviteit: Producent van fosfaat en fosfaatverbindingen uit fosfaaterts.
    Geïnterviewden: J. van den Bremen (milieu en veiligheidsmanager)
    Datum interview: 9 maart 2001

11. *Total Raffinaderij Nederland*
    Adres: Postbus 210, 4380 AE, Vlissingen
    Bedrijfsactiviteit: Aardolie raffinaderij
    Geïnterviewden: D. de Graaf (Quality and Performance Superintendent)
    T. Willemstein (Manager Quality Management)
    Dhr v.d. Blonk (kosten specialist)
    Datum interview: 16 maart 2001

12. *VVM*
    Adres: Postbus 445, 4530 AK, Terneuzen
    Bedrijfsactiviteit: Afvalverwerker
    Geïnterviewden: Dhr. Kaijser
    Datum interview: 19 maart 2001

13. *Zuid-Chemie B.V.*
    Adres: Postbus 70, 4550 AB, Sas van Gent
    Bedrijfsactiviteit: Producent van kunstmeststoffen, opgebouwd uit de basisproducten stikstof, fosfaat en kali.
    Geïnterviewden: G.A. Bogaart (manager veiligheid en milieu)
    Datum interview: 19 maart 2001

14. *Zeeuwse Milieufederatie*
    Adres: Ravelijn de Groene Jager 5, 4461 DJ Goes
    Bedrijfsactiviteit: Natuur- en milieuvereniging
    Geïnterviewden: T. van Mierlo
    Datum interview: 26 april 2001

15. *Rijkswaterstaat, Directie Zeeland*
    Adres: Postbus 5014, 4330 KA Middelburg
    Geïnterviewden: N. Beuzenberg
    Datum interview: 11 mei 2001

16. *Provincie Zeeland, Directie Ruimte, Milieu en Water*
    Adres: Postbus 165, 4330 AD Middelburg
    Geïnterviewden: A. de Lange
    Datum interview: 1 juni 2001

Bijlage B

Beschrijving verschillende bestaande methodieken

B.1 Inleiding

Het inzetten van geld om te komen tot een beter milieu kan het best zo effectief mogelijk gebeuren. Om dit te kwantificeren, definiëren we de term kosteneffectiviteit als de jaarlijkse milieuwinst van de maatregel, gedeeld door de totale jaarlijkse kosten:

$$\text{kosteneffectiviteit} = \frac{\text{totale jaarlijkse milieuwinst}}{\text{totale jaarlijkse kosten}} \tag{B.1}$$

Voor het bepalen van de kosteneffectiviteit van een milieumaatregel is zowel informatie nodig over de milieuwinst als wel over de kosten van de milieumaatregel. De nadruk in dit project ligt op het presenteren van verschillende methoden om de milieuwinst in te schatten en niet op het vergelijken van verschillende methodieken om de kosten van een milieumaatregel in te schatten. Kostenberekeningen worden gedaan met behulp van één standaard methode, zie paragraaf B.2.

Methodieken om de uiteindelijk milieuwinst te berekenen worden besproken in paragraaf B.3 en B.4. Er bestaan vele methoden om de milieubelasting van een proces of product te inventariseren. De methoden die besproken zullen worden, zijn gekozen op basis van operationaliteit, relevantie voor dit project en toepasbaarheid binnen bedrijven.

In paragraaf B.3 worden de methoden besproken die de uiteindelijke vermeden milieubelasting niet uitdrukken in een geldbedrag (niet gemonetariseerd). In paragraaf B.4 worden die methoden besproken die de uiteindelijk vermeden milieubelasting wel uitdrukken in een geldbedrag (gemonetariseerd).

Wanneer de vermeden milieubelasting in een geldbedrag wordt uitgedrukt en deze wordt vergeleken met de kosten van de milieumaatregel is de PMM-methodiek

vergelijkbaar met een Kosten-Baten Analyse. Kosten-Baten Analyses in het milieubeleid zijn zeker in de Verenigde Staten algemeen geaccepteerd en worden in Europa steeds meer gebruikt, zie bijvoorbeeld (Howarth et al., 2001). Een milieumaatregel zou dan in principe doorgang vinden wanneer de kosten-effectiviteit groter dan 1 is. Deze beoordeling van milieumaatregelen moet met de nodige voorzichtigheid gedaan worden omdat Kosten-Baten Analyses bijzonder gevoelig zijn voor onzekerheden (Hanley et al, 2001). Een kleine verandering in de aannames over o.a. rente standen, schaduwprijzen kan het resultaat zeer sterk beïnvloeden.

De opbouw van de verschillende methodieken zal in grote lijnen worden besproken. Verder wordt in grote lijnen aangegeven waar de verschillende methodes van elkaar verschillen. Een uitgebreidere beschrijving van de methodieken is niet mogelijk binnen de context van dit onderzoek. Voor een volledige beschrijving van de methodieken wordt verwezen naar de relevante literatuur.

B.2 Kosten

B.2.1 Inleiding

Voor het berekenen van de kosten wordt in dit project gebruik gemaakt van de standaard methode zoals gegeven in VROM (1998). Dit VROM-rapport beschrijft een gestandaardiseerde methode voor het afbakenen en berekenen van de kosten van milieumaatregelen en is een herziene uitgave van het rapport "kosten-effectiviteit van milieumaatregelen in de industrie" van VROM uit 1994. In deze paragraaf wordt de hoofdlijn van deze methodiek besproken. Voor details wordt verwezen naar de desbetreffende publicatie. Deze methodiek is niet geschikt voor het berekenen van de kosten die een milieumaatregel in de keten veroorzaakt zoals dat wel met Life Cycle Costing kan. Voor een overzicht van LCC-methoden zie bijvoorbeeld (Maas & Jantzen, 1999).

B.2.2 Uitgangspunten en afbakening

De methodiek gaat uit van vijf uitgangspunten:

1. Kosten voor degenen die de maatregelen treffen
   De methodiek stelt de kosten vast vanuit het perspectief van degenen die de milieumaatregel treft, dat zijn o.a.: bedrijven, instellingen en gezinnen. Dit leidt ondermeer tot de volgende keuzes:
   - De gevolgen van heffingen, subsidies en BTW worden meegenomen.
   - De te hanteren kostenvoet van vermogensbeslag wordt in principe afgeleid van degenen die de milieumaatregel treffen.

- Vermindering van de milieubelasting uitgedrukt in geld (milieubaten) worden niet meegenomen.

2. Kosten voor vennootschap- of inkomstenbelasting
   In de methodiek wordt ervoor gekozen om de kosten/lasten voor vennootschap- en inkomstenbelasting vast te stellen. Hierdoor zijn de gepresenteerde kosten/lasten voor het bedrijfsleven in zijn algemeenheid hoger dan zij in werkelijkheid zijn.
3. Materiële kosten
   De methodiek beperkt zich tot het in kaart brengen van de materiële kosten, waaronder de inzet van de eigen productiefactoren. Overige zaken waar de waarde niet juist is vast te stellen zoals gebruikersgemak van een product of onzekerheid omtrent kosten en baten worden niet in de methodiek opgenomen.
4. Primaire kosten
   De methodiek beperkt zich tot het in beeld brengen van de primaire kosten die gemaakt worden bij het uitvoeren van een milieumaatregel, welke gedefinieerd is als kosten die in eerste aanleg en direct worden gemaakt door degenene die de milieumaatregel treffen. Afgeleide kosten zoals economische gevolgen (verandering in afzet en werkgelegenheid) worden niet tot de kosten gerekend. De afbakening van de primaire en afgeleide kosten is niet bijzonder scherp.
5. Geen monetarisering van milieubaten
   Naast kosten kunnen de milieumaatregelen ook financiële voordelen leveren. Deze worden in principe meegenomen in de methodiek. Bij de aanschaf van een zuinigere stookinstallatie worden de uitgespaarde brandstofkosten in mindering gebracht op de brutokosten. Vermindering van de milieubelasting uitgedrukt in geld worden niet in de methodiek opgenomen.

B.2.3 Toepassingsgebieden

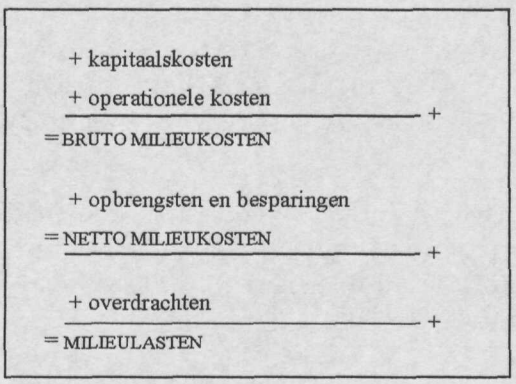
De methodiek is ondermeer geschikt voor de volgende toepassingen:

1. Het bepalen van huidige en toekomstige milieukosten op macro-niveau.
2. Het leveren van input voor meso-en macro modellen van bijvoorbeeld het CPB.
3. Het uitvoeren van kostenstudies op meso- en micro-niveau: wat zijn de kosten van een te treffen milieumaatregel, welke maatregel levert de meeste milieuwinst per geïnvesteerde euro.

B.2.4 Berekeningswijze

B.2.4.1 Overzicht

In Figuur B.1 staat schematisch weergegeven hoe de milieukosten en -lasten van een milieumaatregel berekend worden. In de volgende paragrafen worden de verschillende posten in meer detail besproken.



Figuur B.1: Standaard kostenberekening van een milieumaatregel

B.2.4.2 Kapitaalskosten

Hiermee worden de jaarlijkse kosten in verband met een investeringsuitgave verstaan. De omvang van het investeringsbedrag is de aanschaffingsprijs van de milieumaatregel plus alle bijkomende kosten. Om de investeringsuitgave aan een milieumaatregel uit te smeren over verschillende jaren moeten er keuzen gemaakt worden omtrent: de levensduur van een milieuvoorziening, de methode van afschrijven en de reële kostenvoet van vermogensbeslag. Deze keuzes bepalen de (jaarlijkse) kapitaalskosten als de som van de jaarlijkse afschrijvingskosten en de kosten van vermogensbeslag.

B.2.4.3 Operationele kosten

De operationele kosten omvatten alle overige kosten die naast de kapitaalskosten gemaakt worden om de milieuvoorziening operationeel te maken en te houden zoals: onderhoud, reparatie, energieverbruik en personeelskosten.

B.2.4.4 Opbrengsten en besparingen

Milieuvoorzieningen kunnen ook opbrengsten en besparingen opleveren. Voorbeelden hiervan zijn besparingen op benodigde grondstoffen, minder kosten bij de afvalverwerking en lagere productiekosten.

Besparingen op regulerende heffingen worden geboekt onder de kop overdrachten, dit om dubbeltellingen te vermijden.

B.2.4.5 Overdrachten

Hieronder vallen alle financiële transacties die leiden tot een herverdeling van de milieukosten over verschillende sectoren. Dit zijn bijvoorbeeld belastingen zoals de BTW, belastingen op milieugrondslag (b.v. energieheffing), subsidies, fiscale voordelen (b.v. energieinvesteringsaftrekregeling), betaalde milieudiensten en bestemmingsheffingen (bv. reinigingsrechten, rioolrechten). Overdrachten kunnen zowel inkomsten als uitgaven zijn.

Onder betaalde milieudiensten wordt de betalingen verstaan die worden gemaakt wanneer het terugbrengen van de milieubelasting wordt uitbesteed aan derden. Zo laten veel bedrijven hun afval door andere, private bedrijven verwijderen en verwerken. Deze bedrijven maken deel uit van de milieudienstverlenende sector.

B.3 Niet gemonetariseerde methoden

B.3.1 VROM/CE distance-to-target methode

De VROM/CE distance-to-target methode (Sas, 1994; VROM, 1992; Adriaanse, 1993) is een variant op de verouderde CML-methode uit 1992 (Heijungs, 1992). Berekening van de potentiële invloed van een product of productieproces gaat in grote lijnen in de volgende fasen:

1. inventarisatie emissies
2. berekening effect op een bepaald milieuthema
3. weging tussen de verschillende thema's

In de praktijk wordt de berekening van de verspreiding en effect van een bepaalde stof op een milieuthema samengevat in één getal. Bij de distance-to-target methode heet dit getal het 'milieukental'. Vermenigvuldiging van het aantal kilogrammen emissie per stof met het kental geeft de bijdrage van die emissie aan het milieuthema. Thema's welke in de distance-to-target methode in beschouwing worden genomen zijn:

- klimaatverandering
- verzuring
- fotochemische oxidantvorming
- vermesting
- verspreiding
- verwijdering

De totale score op één thema word berekend door alle bijdragen van alle stoffen op dat thema op te tellen. Nadat alle totaal scores voor alle thema's zijn berekend, moeten deze tegen elkaar afgewogen worden.

De uitgangspunten van de weging en aggregatie van de themascores tot één getal, zijn de doelstellingen van het nationale milieubeleid. Het relatieve gewicht van de geselecteerde milieuthema's wordt proportioneel gesteld aan de mate van overschrijding van de huidige totale nationale themascore ten opzichte van het nationale doelstellingsniveau op die themascore:

$$W_{thema} = \frac{\text{huidige totale themascore Nederland}}{\text{doelstelling totale themascore Nederland}} \quad \text{(B.2)}$$

Deze weegmethode ook wel aangeduid als de distance-to-target methode kent twee varianten: De eerste variant maakt gebruik van de politiek afgesproken doelniveaus (beleidsdoelen), zoals deze in bijvoorbeeld in de NMP's zijn vastgelegd. Een tweede variant maakt gebruik van de zogenaamde 'duurzaamheidsniveaus'. Daaronder wordt verstaan de langetermijn streefniveaus waarbeneden geen aantasting van natuur en milieu meer plaats vind. Dergelijke niveaus kunnen worden gevonden in publicaties als Zorgen voor Morgen (Van Soest et al., 1997). Bij het operationeel maken van de methode is gekozen voor de eerste variant.

Een voordeel van deze wegingsmethode is dat zij zeer goed aansluit bij het overheidsbeleid. Een bezwaar van deze wegingsmethode is overheidsdoelstellingen regelmatig veranderen zodat ook de weging niet definitief van karakter is. Een tweede bezwaar bij toepassingen waarbij keten-analyse een rol speelt: buitenlandse milieuingrepen worden op deze manier via de Nederlandse beleidsdoelstellingen gewogen. De Nederlandse beleidsdoelstellingen behoeven echter geen relevantie te hebben voor gebieden buiten Nederland.

Deze wegingsmethodiek is oorspronkelijk ontwikkeld door CE-Delft[1] in het midden van de jaren negentig en vastgelegd in Sas (1994). Het is niet duidelijk of deze methodiek nog wordt onderhouden of gebruikt.

B.3.2 CML METHODE

De CML-methodiek is bedoeld voor het vergelijken van producten of het ontwerpen van milieuvriendelijkere producten. Volgens de CML-methodiek gaat de berekening van de potentiële invloed van een product of productieproces in grote lijnen in de volgende fasen:

1. inventarisatie emissies

1. http://www.ce.nl

2. berekening effect op een bepaald milieuthema
3. (weging tussen de milieu-effecten)
4. interpretatie

Recentelijk is de CML-methodiek geheel up-to-date gebracht (Guinée, 2001) en de voorgaande editie (Heijungs, 1992) moet als verouderd worden beschouwd. Effecten op milieuthema's welke in beschouwing genomen kunnen worden zijn:

- depletion of abiotic resources[2]
- impacts of land use
- climate change
- stratospheric ozone depletion
- human toxicity
- ecotoxicity
- photo-oxidant formation
- acidification
- eutrophication
- impacts of ionising radiation
- odour
- noise
- waste heat

Beoordeling op al deze milieuthema's is niet even ver ontwikkeld. Zo zijn er weinig karakterisatiefactoren bekend voor sommige milieuthema's, o.a. 'odour' en 'waste heat'.

De karakterisatiefactoren worden berekend aan de hand van modellen die uitgaan van Europese gemiddelden. Het model voor de thema's humane en ecotoxiciteit bevat bijvoorbeeld informatie over de verspreiding van een stof in het Europees gemiddelde milieu (afhankelijk van de afbreekbaarheid en oplosbaarheid van de stof), over mogelijke blootstellingroutes voor de mens en over de toxiciteit van de stof voor ecosystemen en de mens.

In de CML-methodiek wordt weging tussen de thema's als optionele stap gezien. Volgens ISO-normen (ISO 14042) is weging tussen de thema's niet toegestaan wanneer een LCA wordt gebruikt voor vergelijkend onderzoek in een publiek debat. Wanneer toch gewogen gaat worden tussen de milieuthema's moet dit bij voorkeur met een complete, nationaal of internationaal aanvaarde set van weegfactoren gedaan worden. Zolang dergelijke sets van weegfactoren niet bestaan moet er gewerkt worden met een case afhankelijke set van weegfactoren. Aanwijzingen voor het opstellen van een set van weegfactoren staan in de handleiding.

---

2. We gebruiken de Engelse termen zoals deze in de Engelstalige handleiding staan, in afwachting van een Nederlandse vertaling van de handleiding. Hiermee worden inconsistenties voorkomen

Voordeel van de CML-methodiek is dat deze de state-of-the-art op LCA gebied beschrijft en de techniek van LCA inbed in procedurele regels. Deze regels zijn in het verleden vaak veronachtzaamd. De CML-methodiek is zeer uitgebreid beschreven in een praktisch handboek.

Het voordeel van de CML-methodiek is tegelijkertijd zijn nadeel. De CML-methodiek is geschikt voor het maken van complexe analyses maar minder geschikt voor een snelle screening van milieumaatregelen. Toepassen van de CML-methodiek betekent het maken van heel veel methodische keuzes. Zo zal bijvoorbeeld het ontbreken van een algemeen aanvaarde set weegfactoren voor alle combinaties van milieu-effecten als een probleem ervaren worden.

Een beschrijving van de complete methodiek inclusief software tools is vrij beschikbaar op de website van het CML (http://www.leidenuniv.nl/cml/lca2/index.html). Waarschijnlijk zullen de karakterisatiefactoren in de toekomst weer worden geactualiseerd.

B.3.3 VNCI METHODE

De VNCI-methode (VNCI, 2000) is een iets vereenvoudigde versie van de nieuwe CML-methode (Guinée, 2001), specifiek gericht op het zichtbaar maken van de milieueffecten van emissies van chemische bedrijven bedoeld om milieurapportages inzichtelijker te maken en niet zozeer een methode voor het de prioritering van milieumaatregelen.

De berekening van het potentiële milieueffect van een vestiging gaat in grote lijnen via de volgende stappen:

1. inventarisatie emissies
2. berekening effect op een bepaald milieuthema
3. weging tussen de verschillende thema's

Zeven milieuthema's worden in beschouwing genomen, te weten: Klimaatverandering, aantasting van de ozonlaag, verzuring, fotochemische oxidantvorming, humane toxiciteit, ecotoxiciteit en vermesting. Eventueel worden in een later stadium nog milieuthema's toegevoegd. Emissies naar de bodem zijn niet meegenomen omdat deze behoudens calamiteiten niet voorkomen in de chemische industrie. Daarom is deze methode minder geschikt voor keten-analyse of bedrijfstakken waar emissies naar de bodem (nog) wel voorkomen.

Stap 2 en 3 worden door het vermenigvuldigen De milieukentallen in de VNCI-methode zijn dezelfde als de karakterisatie factoren in de CML-methode.

Een volledige beschrijving van de methodiek is te vinden in het rapport "Handleiding milieuthemakentallen voor de chemische industrie". Dit rapport is te bestellen bij de VNCI (http://www.vnci.nl).

B.3.4 Eco-indicator 99 methode

De ECO-Indicator methodiek is bedoeld voor het vergelijken van producten of het ontwerpen van milieuvriendelijkere producten. De opzet van de eco-indicator methode (Goedkoop & Spriensma, 2000) verschilt behoorlijk van de VROM/CE, CML en VNCI methode. Centraal in deze methode staat het gegeven dat de waardebepaling van de emissies of de effecten op een milieuthema de meest controversiële stap is in een LCA procedure. De eco-indicator methode is zo ontwikkeld dat de waardebepalings stap zo makkelijk mogelijk verricht kan worden. Dit is gedaan door het aantal thema's dat tegenover elkaar moet worden afgewogen zo klein mogelijk te maken en door de te wegen thema's zo concreet mogelijk te maken.

Vanuit deze randvoorwaarde is men gekomen tot drie thema's welke uiteindelijk tegenover elkaar kunnen worden afgewogen, nl:

- Menselijke gezondheid
- Ecosysteem kwaliteit
- Natuurlijke hulpbronnen

In de eco-indicator methode worden vier methoden gebruikt om de emissies te relateren aan potentiële schade aan de drie eind thema's.

a *Berekening van schade aan de menselijke* gezondheid De berekening van schade aan de menselijke gezondheid gaat in vier stappen:
   1. berekening verspreiding, waarbij emissie wordt gerelateerd aan een milieuconcentratie
   2. berekening dosis, waarbij een (tijdelijke) milieuconcentratie wordt gerelateerd aan een dosis
   3. berekening effect, waarbij de dosis wordt gebruikt voor het berekenen van effecten op de gezondheid zoals: longproblemen, kans en type kanker.
   4. berekening schade, waarbij de effecten worden omgerekend naar 'years lived disabled'(YLD) en 'years life lost' (YLL).

b *Berekening van schade aan de kwaliteit van het ecosysteem*
   De berekening van de schade aan de kwaliteit van het ecosysteem gebeurd met twee methoden:
   De invloed van de emissie van toxische stoffen, verzurende stoffen en nutriënten wordt in de volgende stappen berekend:
   1. berekening verspreiding, waarbij emissie wordt gerelateerd aan een milieuconcentratie
   2. berekening effect, waarbij concentraties worden gerelateerd aan toxische stress of toegenomen nutriënt en zuur niveaus.

3. berekening schade, waarbij de effecten worden gerelateerd aan potentieel verdwenen fracties planten

De tweede methode wordt gebruikt bij landgebruik en landgebruikveranderingen. Deze worden gemodelleerd op basis van empirische gegevens over de kwaliteit van het ecosysteem als functie van oppervlak en type landgebruik

c *Berekening van schade aan natuurlijke hulpbronnen*

Schade aan natuurlijke hulpbronnen wordt in twee stappen gemodelleerd:

1. inschatting van de hoeveelheid natuurlijke hulpbronnen, waarbij extractie wordt gerelateerd aan een afname van de hoeveelheid
2. berekening van de schade aan de natuurlijke hulpbronnen, waarbij een afname van de concentratie van een natuurlijke hulpbron wordt gerelateerd aan een toenemende inspanning die moet worden verricht om de natuurlijke hulpbron te exploiteren.

Resultaat is een getal voor de schade aan natuurlijke hulpbronnen, schade aan ecosystemen en schade aan de menselijke gezondheid. Wel zijn er in deze methodiek nog zeer grote lacunes in het vertalen van de effecten op een milieuthema naar schade aan de 'safe guard subjects'.

In de praktijk wordt de schade aan een 'safeguard subject' per emissie uitgedrukt in één getal; DALY voor schade aan de menselijke gezondheid, PAF en PDF voor schade aan de kwaliteit van het ecosysteem, voor schade aan natuurlijke hulpbronnen wordt 'surplus energy' in MJ per kg extracted material gebruikt. De schade veroorzaakt door één emissie aan een 'safeguard subject' wordt berekend door de emissie in kilogrammen stof te vermenigvuldigen met zijn karakterisatiefactoren. zodat uiteindelijk de totale score op de drie 'safeguard subjects' berekend kan worden.

In een laatste stap moeten deze drie categorieën genormaliseerd en worden tegenover elkaar afgewogen. Het afwegen van de drie verschillende schade categorieën kan gedaan worden met behulp van een panel procedure. Er zijn standaard weegfactoren beschikbaar welke zijn verkregen met een dergelijke panel procedure.

De eco-indicator methode gaat verder dan de CML, VNCI en distance-to-target methode. Deze methodes gaan niet verder dan het berekenen van de effecten van een emissie waarna (eventueel) de verschillend effecten tegen elkaar worden afgewogen. Dit zijn zogenaamde mid-point methoden en de eco-indicator methodiek is een end-point methodiek.

Een probleem bij de Ecoindicator 99 methode is dat bij het modelleren van de milieueffecten naar schade er maar enkele schade mechanismen gebruikt worden. In de vertaling van een milieueffect naar schade raakt heel veel informatie verloren. Tevens wordt door het zeer gebrekkig berekenen van de schade impliciet een

weging tussen de categorieën gemaakt omdat het doorberekenen van het ene milieueffect naar milieuschade veel volledliger is dan het van een ander milieueffect.

Een complete beschrijving van de ecoindicator methodiek is te 'downloaden' van de website van Pré Consultants (http://www.pre.nl/eco-indicator99/). Pré Consultants levert tegen betaling ook software tools en LCA gegevens.

B.4 Gemonetariseerde methoden

B.4.1 EPS

De EPS methode (Steen & Ryding, 1993; Steen, 1996, 1999) wordt gebruikt voor het vergelijken van producten of het ontwerpen van milieuvriendelijke producten. De EPS-methodiek is een schattingsmethode waarbij de ernst van de emissies en onttrekking van mineralen en fossiele brandstoffen wordt berekend op basis van economische uitgangspunten. Interventies (emissies, delfstofwinning etc.) worden gegroepeerd naar het type schade dat zij aanrichten. Bij de EPS methode wordt de schade gegroepeerd in een vijftal te beschermen thema's: Natuurlijke hulpbronnen, menselijke gezondheid, esthetische waarden, herstelvermogen van het ecosysteem en ecosysteem productie capaciteit. Een set van weegfactoren, de zogenaamde 'enviroaccounting factors', worden direct vermenigvuldigd met de emissie van stoffen of extractie van natuurlijke hulpbronnen. In de EPS versie van 1996 zijn de 'enviroaccounting factors' opgesplitst in een karakterisatie en weegfactor. In de volgende paragraaf wordt besproken hoe de karakterisatie factor wordt afgeleid en hierna wordt besproken hoe de weegfactor wordt berekend.

In de karakterisatie stap wordt de actuele schade aan elk te beschermen thema bepaald volgens een classificatie en karakterisatie stap uitgerekend aangevuld met enkele correctiefactoren zoals: het oppervlak of het aantal personen dat door het probleem wordt beïnvloed, intensiteit en frequentie waarmee het probleem zich voordoet, tijdsduur van het probleem (zie ook formule 3). De schade aan een te beschermen thema veroorzaakt door een interventie wordt gegeven als een aantal effect eenheden (unit effects) in plaats van CO_2-equivalenten zoals bij de CML-methode. Een effect eenheid is een meetbaar effect (end point effect) met een gespecificeerde tijdsduur, plaats en intensiteit, bijvoorbeeld één manjaar met matige ziekte. Voor het te beschermen thema menselijke gezondheid worden vijf typen schade in beschouwing genomen: overlijden, ernstig ziekte en lijden, ziekte, ernstige hinder en matige hinder. Het te beschermen thema ecosysteem gezondheid is gebaseerd op het aantal bedreigde diersoorten.

Het bepalen van het gewicht van een emissie wordt gedaan op basis van economische waarde. De economische waarde van een te beschermen thema wordt

berekend op basis van de hoeveelheid geld die de maatschappij spendeert aan het voorkomen/herstellen van schade of hoeveel geld men bereid is te betalen voor het voorkomen van schade ('willingness to pay'). Kwantificering van de schade is nodig voor de EPS methodiek. De EPS methode maakt de waardebepaling expliciet door op een objectieve manier prijzen en bestaande maatschappelijke voorkeuren te meten onafhankelijk van de manier waarop de methode wordt uitgevoerd. De waardebepaling is generiek en niet gebaseerd op lokale omstandigheden (Hertwich et al., 1997).

De karakterisatie en waardebepaling worden gecombineerd in een zogenaamde 'enviroaccounting factor'. De EPS enviroaccounting factor wordt uitgedrukt in ELU (Environmental Load Units) per kilogram substantie. De ELU is in waarde gelijk aan de euro maar wordt anders genoemd omdat ze geen echte marktwaarde vertegenwoordigd maar een index welke kan worden gebruikt voor het vergelijken van verschillende milieumaatregelen.

De 'enviroaccounting factors' voor de verschillende emissies (EAem) wordt berekend door de vermenigvuldiging van vijf factoren:

$$\text{EAem}_i = F_{1,i} \times F_{2,i} \times F_{3,i} \times F_{4,i} \times F_{5,i} \tag{B.3}$$

waar $F_{1,i}$ = De kosten die de maatschappij bereid is te maken om ongewenste veranderingen aan de te beschermen thema's te herstellen of te voorkomen. $F_{2,i}$ = het oppervlak of het aantal personen dat door het probleem wordt beïnvloed $F_{3,i}$ = intensiteit en frequentie waarmee het probleem zich voordoet $F_{4,i}$ = tijdsduur van het probleem $F_{5,i}$ = aandeel van de stof i in het probleem

De 'enviroaccounting factor' voor natuurlijke hulpbronnen (EAres) wordt berekend uit de hoeveelheid geld die de huidige en toekomstige generaties bereid is te betalen voor het herstellen van de reserves. De geschatte waarde is gebaseerd op de kosten die gemaakt moeten worden om de minerale of fossiele brandstof reserves te herstellen vanuit andere gesteenten of andere hulpbronnen met behulp van bio-energie.

De 'enviroaccounting factor' van een geheel van emissies en onttrekkingen wordt gegeven door:

$$\text{EA} = \sum(\text{EAem}_i \times \text{Q}_i) + \sum(\text{AEres}_i \times \text{R}_i) \tag{B.4}$$

Waar Q_i de hoeveelheid van de substantie en R_i de hoeveelheid van de natuurlijke hulpbron is. Uiteindelijk krijgt in de EPS methode de uitputting van natuurlijke hulpbronnen meer gewicht dan de emissie van substanties. Vergelijking B.3 en B.4 worden hier weergegeven omdat deze illustreren hoe de economische schade waarderingsmethodieken impliciet subjectief wegen tussen verschillende

milieuthema's. Zo wordt in Formule B.4 de enviroaccounting factor van emissies gelijk gesteld aan die van de uitputting van natuurlijke hulpbronnen.

De EPS-methodiek wordt onderhouden door 'Competence Centre for Environmental Assessment of Product and Material Systems, Chalmers University of Technology' in Göteborg, Zweden (CPM). (http://www.cpm.chalmers.se/). Zij leveren ook software tools en zij onderhouden een LCA-database welke online te benaderen is, zie http://www.globalspine.com/.

B.4.2 ExternE

Het ExternE project, gestart in 1991, is een gezamenlijk project van de Europese Commissie en US Department of Energy (ExternE, 1995). Doel van het project is het kwantificeren van de milieubelasting en gezondheidsschade door het gebruik van energie en de daaraan gerelateerde kosten. Deze informatie dient ter ondersteuning van de keuze voor een bepaalde brandstof en voor het prijzen van brandstof in de Europese Unie.

Een methodiek is ontwikkeld om van elke fase in de keten van delfstof tot elektriciteitsopwekking de milieubelasting en milieueffecten te bepalen. De onderscheiden fases in de energieopwekking zijn:

- delven van de energiedrager
- constructie van de elektriciteitscentrale
- voorbewerken van de energiedrager
- transport van de energiedrager
- elektriciteitsopwekking

De milieubelasting van elke fase is op de volgende manier bepaald: Fase in energievoorziening → activiteit → milieubelasting → milieueffect → waardebepaling

Effecten op het milieu welke in beschouwing worden genomen zijn: longziekten, lawaai, horizon vervuiling, verzuring, en effecten op het aquatisch milieu. De methodiek wordt ook wel "damage function methodology" genoemd omdat de methodiek het schadebedrag als functie van de emissie geeft (ExternE, 1995). De belangrijkste stappen in de methodiek zijn: 1. Emissie: bepalen van de emissies van de relevante technologieën 2. Verspreiding: berekening van de extra concentratie van stoffen in alle milieucompartimenten rekening houdend met het gedrag van de stoffen in het milieu. 3. Effect: bepalen van de dosis-respons functies zodat milieuconcentraties vertaald kunnen worden naar schade aan gezondheid en andere effecten. 4. Kosten: bepalen van de economische schade veroorzaakt door de effecten.

De ExternE methode geeft een beschrijving van de energie levenscyclus, van milieubelasting → milieueffect → waardebepaling, welke oppervlakkig gezien lijkt

op die van de CML methode zoals beschreven in paragraaf B.3.2. ExternE (1995) beschouwd de energie levencyclus analyse als een specifiek type van de levenscyclus analyse, "the fuel cycle analyses of the ExternE Project can be considered a particular example of life cycle analysis". Toch zijn er belangrijke en fundamentele verschillen met de CML methode. Ten eerste is de waarde bepaling van de schade door de ExternE methode een "bottom-up" benadering welke gebruik maakt van de emissie van een bepaalde installatie op een specifieke locatie. De verspreiding van deze emissies in de ontvangende milieucompartimenten wordt gemodelleerd met locatiespecifieke gegevens en puntbron modellen. Op iets grotere schaal wordt er gewerkt met regionale transport modellen. De resulterende effecten worden geëvalueerd op een Euro/kWh basis welke locatiespecifiek zijn. Dit in tegenstelling tot de LCA-methode welke een top-down benadering kiest waarbij geaggregeerde data over het hele studie gebied wordt gebruikt om de effecten in het hele studie gebied te karakteriseren waarbij gebruik gemaakt wordt van verspreidings modellen op regionaal- en wereldschaal.

Nog een verschil tussen de ExternE methode en de LCA-methode is dat de ExternE methode direct overgaat tot een economische waardering van de milieueffecten terwijl in de LCA-methode de economische waardering een optionele stap is in de waardering. De meeste LCA-methodes gaan niet verder dan een evaluatie van de milieu effecten en laten de waardering van deze effecten over aan de belanghebbenden.

Het ExternE project heeft een eigen website (http://externe.jrc.es/) waar de complete methodiek en rapporten op te vragen zijn.

B.4.3 Schaduwprijzen-methodiek

De Schaduwprijzen-methodiek (Wit et al., 1997) is specifiek ontwikkeld voor de prioritering van milieumaatregelen binnen bedrijven (in de ooorspronkelijke publicatie wordt het schaduwprijzen prioriteringsmethodiek genoemd). De hele methodiek omvat zowel het bepalen van het milieueffect van een maatregel als wel het bedrijfseconomisch effect van een maatregel en de daaruit volgende prioritering op basis van de kosteneffectiviteit en andere vereisten zoals wettelijke vereisten en technische beperkingen. Omdat in dit project maar één manier van het berekenen van de bedrijfseconomische effecten wordt gebruikt zal alleen de methode van bepalen van de milieueffecten in beschouwing worden genomen.

Doel bij het bepalen van het milieueffect is om het totale milieueffect gedurende de hele levensduur van een maatregel uit te drukken in één getal: de totale netto milieubaten.

De totale netto milieubaten worden vastgesteld in vier stappen:

1. inventarisatie van de jaarlijkse emissievermindering
2. bepalen van de jaarlijkse effect score per thema van de emissies
3. financiële waardering van de jaarlijkse milieueffecten
4. bepalen van de totale netto milieubaten

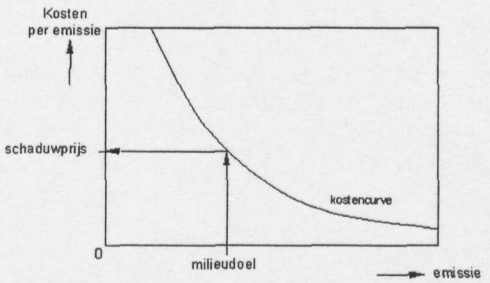
Na de inventarisatie, stap 1, moeten de emissies vertaald worden naar een effect op een bepaald milieuthema. Milieuthema's die in beschouwing worden genomen zijn:

- veiligheidsrisico's
- versterkt broeikaseffect
- ozondepletie
- verzuring
- fotochemische oxidant vorming
- verspreiding toxische stoffen
- vermesting
- verwijdering van finaal vast afval
- verstoring door geluid en geur
- bodemschade

Voor het berekenen van het effect van een emissie op één van de bovenstaande thema's wordt gebruikt gemaakt van equivalentiefactoren. Deze equivalentiefactoren kunnen dezelfde equivalentiefactoren zijn zoals deze gebruikt zijn in de verouderde CML methodiek, zie paragraaf B.3.2. De Schaduwprijzen-methodiek verschilt tot en met stap 2 dus niet van de CML-methode. Het toekennen van gewicht aan een bepaald effect op een thema is bij de Schaduwprijzen-methodiek verschillend van de CML-methode.

De schaduwprijs geeft de marktprijs weer die waarschijnlijk zou ontstaan indien er voor het milieu een markt van vraag en aanbod zou bestaan. De schaduwprijzen zijn gebaseerd op de kosten van maatregelen die zouden moeten worden getroffen om de door de overheid vastgestelde milieudoelstellingen te halen. Een schaduwprijs wordt voor ieder milieueffect apart vastgesteld. De schaduwprijs wordt bepaald door de duurste maatregelen die minimaal noodzakelijk zijn (de marginale preventiekosten) om de overheidsdoelstelling te bereiken. De afleiding van de schaduwprijs afhankelijk van een door de overheid opgelegd milieudoel is schematisch weergegeven in Figuur B.2.

Voor de bepaling van de schaduwprijzen zijn de Nederlandse milieudoelen gebruikt. De schaduwprijzen gelden daarom alleen voor Nederland. Omdat in stap 3 het effect van alle interventies op alle milieuthema's in één eenheid (geld) is uitgedrukt kunnen in stap 4 de onderlinge milieueffecten worden vergeleken. In deze laatste stap worden de financieel gewaardeerde jaarlijkse milieueffecten opgeteld en uitgedrukt in de milieubaten van een maatregel.



Figuur B.2: Berekening van de schaduwprijs van een emissie uitgaande van een milieudoel en de kosten van de maatregelen om de emissie te voorkomen.

Schaduwprijzen zijn verkrijgbaar voor zover deze zijn voortgekomen uit projecten die uitgevoerd zijn door CE-Delft (http://www.ce.nl) voor opdrachtgevers. Het up-to-date houden van de schaduwprijzen is afhankelijk van projecten waarin het noodzakelijk is om nieuwe schaduwprijzen te berekenen.

Bijlage C

Hulpmiddel bij inventarisatie milieu-interventies

Hieronder staat een deel van het spreadsheet wat gebruikt is om een inventarisatie te maken van de milieu-interventies zoals besproken in dit rapport. De kosten van een maatregel worden geïnventariseerd zoals besproken in Paragraaf B.2.4.

INPUT VOOR HET PROCES

Type	Categorie	materiaal	hoeveelheid
Materialen			
	delfstoffen		
	additieven/chemische stoffen/catalysatoren etc.		
	verbruiksgoederen zoals plastic, folies etc.		
	goederen en materialen gebruikt tijdens onderhoud en reparatie		
	overige		
Energie			
	elektriciteit		
	fossiele brandstoffen		
	stoom		
	overige		
Apparatuur			
	duurzame goederen zoals machines, reactoren, gereedschap etc.		
	overige		
Overige			
	water		
	overige		

OUTPUT VAN HET PROCES

Types	Categories
Produkten	
	hoofdprodukt
	bij produkten
	overige
Afval	
	vast en vloeibaar afval
	afgedankt materiaal
	afgedankte goederen
	overige
Emissies (naar lucht, water en bodem)	
	verbrandings emissies
	proces emissies
	diffuse emissies (lekkage etc)
	opslag emissies