

RIVM rapport 778001 004

**Fysieke productieontwikkelingen in de Industrie**  
*Het gebruik van STREAM bij verkenningen*

H.E. Elzenga, V.P.C.F. Herzberg, H.J.B.M. Mannaerts,  
M. Mulder, R. Thomas en L.G. Wesselink

juli 2001

## Voorwoord

Met dit rapport is het ontwikkeltraject van het model STREAM vrijwel afgerond. Het project is in 1995 door het RIVM en het CPB gestart. De aanleiding daarvoor was het ontbreken van een model om scenario-analyses te kunnen maken van de toekomstige ontwikkeling van de productie (in kilogrammen) van materialen in de basisindustrie. Dergelijke analyses zijn van groot belang vanwege de grote milieudruk die gekoppeld is aan deze productie en vormen een belangrijke schakel tussen lange-termijn verkenningen van de economie en van het milieu.

Resultaten van dit project zijn de afgelopen jaren reeds gebruikt bij de lange-termijnverkenningen. Het model is in 2000 door Mannaerts beschreven in een CPB Research Memorandum (Mannaerts, 2000a). Om het model in de toekomst breder te kunnen inzetten, zijn in 2000 twee deelprojecten gestart, namelijk een project waarin software-matige verbeteringen zijn aangebracht en een project waarin de werking van STREAM wordt gedemonstreerd. Het voorliggende rapport is het resultaat van dit laatste project.

Het rapport is tot stand gekomen in samenwerking tussen de sectie Industrie van het LAE van het RIVM, in de personen van Roel Thomas, Hans Elzenga en Bart Wesselink, en de afdeling Energie en Grondstoffen van het CPB, in de personen van Hein Mannaerts, Victor Herzberg en Machiel Mulder.

De auteurs, juli 2001

## Abstract

### *Physical production trends in industry: applying STREAM to environmental outlooks*

The life cycle of materials like steel, aluminium and paper causes pressure on the environment. Particularly the cracking and melting processes used to convert raw materials cost considerable energy. At European level the production and processing of materials contribute about 25% of the total greenhouse gas emissions. This contribution is even higher in the Netherlands, with its relatively energy-intensive sector structure.

To gain insight into the future developments in environmental pressure from material streams, it is important to have insight in the physical production trends in the base industries. Indeed energy use and emissions of substances are coupled to quantities of materials needed for physical production. This was reason enough for the Bureau for Economic Policy Analysis (CPB), in cooperation with the RIVM, to design the STREAM model. STREAM will allow these institutes to discover how at national, European and global levels developments in the economy and environmental policy influence the physical volume location and input efficiency (labour, capital and energy) in the production of materials. STREAM comprises the materials steel, aluminium, paper, petrochemical products (monomers, polymers and solvents) and artificial fertilizers. It models developments in both production with primary raw materials and production with recycled materials.

STREAM consists of many model parameters determined from or calibrated on monitoring data over the period, 1960 to 1993. From a general uncertainty and sensitivity analysis we concluded that the most important uncertainties and sensitivities of the Dutch 'block' in the model were to be found in the current import and export elasticities. These indicate for example that a rise in the cost price of 1% in the Netherlands with respect to abroad would result in an export drop of 6-8%. In view of the uncertainties about the precise level of the effects, the model results give - mostly indicative - information on trend-like developments.

Assuming a modest economic growth and a stable oil price in the next decades, STREAM calculates a further growth in the demand for and the production of base materials. The extent of the growth varies, depending on the material in question. The demand for materials from basic chemistry, like polymers and solvents, and the demand for aluminium will grow the most rapidly, while the Western European production of artificial fertilizers will stagnate. The growth in production of base materials in the Netherlands, mostly for export, keeps pace with the rest of Western Europe. Although the energy efficiency of the production of base materials continues, partly because of the increasing contribution of secondary production, it falls behind growth in production. The overall industrial energy use and the associated CO<sub>2</sub> emission will therefore rise in this scenario.

To date, the environmental costs in the Netherlands' industrial sector, amounting to 1-2 % of the total production costs, are not demonstrably higher than in the surrounding (competitive) countries. The future costs indicated in the environmental policy now set down, either do not, or barely, seem to affect the industry's competitive position. This policy will lead to a (further) drop in industrial emissions, except for CO<sub>2</sub>; however, emission targets for 2010 remain largely unattainable. Calculation variants with a stricter environmental policy further illustrate the 'tension' between environmental policy on the one hand and loss of the competitive power on the other.

# Inhoud

<b>1.</b>	<b>INLEIDING EN VERANTWOORDING .....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>MILIEU EN INDUSTRIËLE PRODUCTIE.....</b>	<b>9</b>
2.1	DE INDUSTRIE IN NEDERLAND .....	9
2.2	MILIEUTHEMA'S EN DE HUIDIGE BIJDRAGE VAN DE INDUSTRIE.....	10
2.3	ANALYSE VAN INDUSTRIËLE EMISSIES .....	11
2.4	NOODZAAK VAN VERKENNINGEN EN MODEL KEUZE .....	18
<b>3.</b>	<b>DE WERKING VAN STREAM.....</b>	<b>21</b>
3.1	INLEIDING .....	21
3.2	HOOFDSTRUCTUUR VAN HET MODEL .....	21
3.2.1	<i>Algemeen</i> .....	21
3.2.2	<i>Hoe STREAM rekent</i> .....	22
3.3	DE VRAAG NAAR MATERIALEN .....	25
3.4	DE KOSTPRIJS EN HET AANBOD VAN MATERIALEN .....	30
3.5	INTERNATIONALE MATERIAALMARKTEN EN HANDELSSTROMEN.....	36
3.5.1	<i>Marktevenwicht en prijsvorming, de praktijk</i> .....	36
3.5.2	<i>Handelsstromen in STREAM</i> .....	36
3.6	VERBETERMOGELIJKHEDEN VAN STREAM .....	40
<b>4.</b>	<b>GEBRUIK VAN STREAM BIJ MILIEUVERKENNINGEN.....</b>	<b>43</b>
4.1	INLEIDING .....	43
4.2	VAN ECONOMISCHE ONTWIKKELINGEN NAAR FYSIEKE PRODUCTIE .....	43
4.2.1	<i>Materiaalstromen wereldwijd in een basisscenario</i> .....	43
4.2.2	<i>Staalontwikkelingen in Nederland in twee scenario's</i> .....	47
4.2.3	<i>Productieontwikkelingen in Nederland, middellange termijn scenario's</i> .....	50
4.3	VAN FYSIEKE PRODUCTIE NAAR MILIEUDRUK .....	52
<b>5.</b>	<b>NEDERLANDSE MILIEUBELEIDSINSTRUMENTEN IN STREAM .....</b>	<b>55</b>
5.1	INLEIDING .....	55
5.2	NIET-SUBSTITUEERBARE MILIEUKOSTEN IN NEDERLAND .....	56
5.3	VIER 'ENERGIE-GERELATEERDE' BELEIDSINSTRUMENTEN.....	60
5.3.1	<i>Energieheffing</i> .....	60
5.3.2	<i>Taakstelling voor energie efficiency</i> .....	64
5.3.3	<i>Benchmarking energie-efficiency</i> .....	66
5.3.4	<i>NOx-Emissiehandel (EH)</i> .....	70
<b>6.</b>	<b>SYNTHESE .....</b>	<b>73</b>
6.1	STREAM: RESULTATEN .....	73
6.2	STREAM: AANDACHTSPUNTEN VOOR VERDER ONDERZOEK .....	75
6.2.1	<i>Binnen het domein van het huidige STREAM</i> .....	75
6.2.2	<i>buiten het domein van het huidige STREAM</i> .....	76
	<b>REFERENTIES.....</b>	<b>77</b>
	<b>BIJLAGE 1: VAN STREAM VERSIE 0 NAAR 1.02 .....</b>	<b>79</b>
	<b>BIJLAGE 2 OUTPUT VAN STREAM .....</b>	<b>80</b>
	<b>BIJLAGE 3 STREAM, MATTER EN DIMITRI.....</b>	<b>83</b>
	<b>VERZENDLIJST .....</b>	<b>85</b>

## Samenvatting

De levenscyclus van materialen als staal, aluminium en papier belast het milieu. Met name omzetting van grondstoffen naar basismaterialen door o.a. kraak- en smeltprocessen kost veel energie. Op Europese schaal dragen de productie en verwerking van materialen door de basisindustrie voor circa 25% bij aan de totale broeikasgasemissie. Voor Nederland met een relatief energie-intensieve sectorstructuur is dit aandeel nog hoger, circa 35%.

Om inzicht te hebben in de toekomstige ontwikkelingen in milieudruk door materiaalstromen is inzicht in de fysieke productieontwikkelingen, d.w.z. de kilogrammen materialenproductie, in de basisindustrie van groot belang. Immers energiegebruik en emissies van stoffen zijn gekoppeld aan *fysieke* productiehoeveelheden van materialen. Om die reden is door het CPB in samenwerking met het RIVM het model STREAM ontwikkeld. Met STREAM kan voor Nederland, West-Europa en wereld worden verkend hoe ontwikkelingen in economie en (milieu)beleid doorwerken in de fysieke omvang, de locatie en de inputefficiency (arbeid, kapitaal en energie) van de materialenproductie. STREAM bevat de materialen staal, aluminium, papier, petrochemische productie (monomeren, polymeren, oplosmiddelen) en kunstmest, en modelleert zowel de productieontwikkelingen van materialen o.b.v. primaire ('maagdelijke') grondstoffen als de productie o.b.v. gerecyclede materialen.

STREAM bevat veel modelparameters, die zijn bepaald uit of gekalibreerd zijn op monitoringsgegevens over de periode 1960-1993. Uit een globale onzekerheids- en gevoeligheidsanalyse concluderen we dat de belangrijkste onzekerheden en gevoeligheid van het Nederlandse 'blok' in het model zijn te vinden in de gehanteerde invoer- en uitvoer-elasticiteiten. Deze geven aan dat een kostprijsverhoging in Nederland t.o.v. het buitenland van 1% resulteert in een exportdaling van 6-8%. Gezien de onzekerheden omtrent de precieze hoogte van de effecten, geven de modelresultaten vooral op indicatieve wijze informatie over trendmatige ontwikkelingen.

Uitgaande van een gematigde economische groei en een stabiele olieprijs berekent STREAM als trendmatige ontwikkeling voor de komende decennia een verdere groei van de vraag naar en de productie van basismaterialen. De mate van groei verschilt per beschouwd materiaal. De vraag naar materialen uit de basischemie, zoals polymeren en oplosmiddelen, en de vraag naar aluminium groeien het sterkst, terwijl bijvoorbeeld de West Europese productie van kunstmest stagneert. De productiegroei van basismaterialen in Nederland, grotendeels ten behoeve van de export, houdt gelijke tred met die in de rest van West Europa. Hoewel de energie-efficiency van de productie van basismaterialen toe blijft nemen, mede door een toenemend aandeel secundaire productie, blijft ze achter bij de productiegroei. Het industriële energiegebruik en de daarmee samenhangende CO<sub>2</sub> emissies nemen daarom in dit scenario toe.

Tot op heden zijn de milieukosten in de Nederlandse industrie 1-2% van de totale productiekosten en niet aantoonbaar hoger dan in omringende (concurrerende) landen. De toekomstige kosten, bij het nu vastgestelde milieubeleid, lijken de concurrentiepositie ook niet of beperkt aan te tasten. Dit beleid doet industriële emissies in Nederland (verder) dalen, uitgezonderd CO<sub>2</sub>, maar emissiedoelen voor 2010 blijven veelal buiten bereik. Rekenvarianten waarin het milieubeleid wordt aangescherpt geven een verdere illustratie van de 'spanning' tussen milieubeleid enerzijds en verlies aan concurrentiekracht anderzijds.



# 1. Inleiding en verantwoording

## *Achtergronden van dit rapport*

Door het RIVM en het CPB worden –in samenwerking met vele andere instituten- regelmatig verkenningen opgesteld. Hierin worden beschrijvingen en analyses gegeven van de toekomstige economische ontwikkelingen, de milieukwaliteit en de relatie daartussen. Deze verkenningen hebben meestal betrekking op de middellange (ca. 4 tot 10 jaar) of de lange termijn (ca. 10 tot 25 jaar). Om dergelijke verkenningen te kunnen uitvoeren maken RIVM en CPB -naast informatie over het verleden en het heden- veel gebruik van (reken)modellen. Een voordeel hiervan is dat het daarmee mogelijk is om op consistente en *kwantitatieve* wijze te beschrijven hoe de toekomst ‘eruit kan gaan zien’. Eén van deze modellen is STREAM. STREAM is een acroniem voor “Substance Throughput Related to Economy Activity Model”. Dit model is ontwikkeld door het CPB in samenwerking met het RIVM en wordt door beide instituten gebruikt.

## *Waarom STREAM*

STREAM beschrijft productie en hergebruik van de materialen staal, aluminium, papier, petrochemische productie (monomeren, polymeren, oplosmiddelen) en kunstmest, en hanteert daarin drie schaalniveaus, Nederland, West Europa en de wereld. De levenscyclus van deze zogenoemde basismaterialen belast het milieu sterk. Dit geldt voor de winning van de grondstoffen, maar met name voor de omzetting van grondstoffen naar basismaterialen. Dit vindt veelal plaats door energie-intensieve, hoge temperatuur-processen als kraken, smelten en reductie van ertsen, bijvoorbeeld de productie van staal uit ijzererts. Op Europese schaal dragen de productie en verwerking van materialen voor circa 25% bij aan de totale Europese broeikasgasemissie (Gielen, 1999). Dit is met name de emissie van CO<sub>2</sub> als gevolg van het gebruik van fossiele energie. In Nederland wordt circa 35% van de brandstoffen door of ten behoeve van de (basis)industrie ingezet. Hoewel ook in de afval- en recyclingfase van materialen energie wordt gebruikt en emissies plaatsvinden, valt daar in beginsel veel milieuwinst mee te halen; de productie van materialen uit gerecyclede grondstoffen is namelijk veel energie-extensiever dan de productie uit maagdelijke grondstoffen.

## *Wat ‘stuurt’ de materiaalstromen?*

Vraag en aanbod van materialen ‘ontmoeten’ elkaar op de wereldmarkt. Er is een levendige handel over de Nederlandse grens (de Nederlandse basisindustrie produceert grotendeels voor de export), maar ook over de West-Europese grenzen. Regionale vraagontwikkelingen en kostprijsontwikkelingen sturen deze handelsstromen. In de economische wereld zoekt de vrager de goedkoopste aanbieder, zeker waar het gaat om bulkgoederen die zich nauwelijks kunnen onderscheiden o.b.v. kwaliteitsverschillen. Bepalend voor de kostprijsontwikkeling van materialen zijn de prijzen van zogenoemde ‘inputs’, arbeid, kapitaal, energie en grondstoffen, en de mogelijkheden voor efficiencyverbeteringen in deze inputs, bijvoorbeeld energiebesparing. (Milieu)beleid is mede bepalend voor deze kostprijsontwikkelingen. Samengevat bepalen genoemde mechanismen waar en met welke efficiency de productie van materialen plaatsvindt. Deze mechanismen vormen de kern van STREAM.

***Doel van dit rapport***

Een wetenschappelijke verantwoording van het model STREAM wordt gegeven in het CPB Research Memorandum nr. 165 (Mannaerts, 2000a). In het voorliggende rapport wordt nader ingegaan op de modelmechanismen en -toepassingen en wordt de positie van het model in de ‘rekenketen’ van economische- naar milieuverkenning inzichtelijk gemaakt. Samengevat heeft dit rapport tot doel om een ieder die geïnteresseerd is in materiaalstromen en de daaraan gerelateerde milieudruk, te laten zien hoe in de verkenningen van het RIVM en het CPB het model STREAM wordt gebruikt.

Toelichting op en toepassing van het model STREAM staan centraal in dit rapport. Aan de totale milieudruk die is gekoppeld aan de met STREAM berekende ontwikkelingen in materialenproductie wordt alleen op hoofdlijnen aandacht besteed. Hiervoor zijn andere, meer gedetailleerde, modellen en rapportages beschikbaar (RIVM, 2000a, 2001).

***Opbouw van dit rapport***

In hoofdstuk 2 wordt als inleiding de beschrijving van STREAM in het kort beschreven hoe de milieudruk door de Nederlandse industrie zich in de afgelopen 20 jaar heeft ontwikkeld en hoe die zich naar verwachting verder zal ontwikkelen, onder invloed van economische en technologische ontwikkelingen en milieubeleid. In hoofdstuk 3 wordt op hoofdlijnen de werking van het model STREAM beschreven. De nadruk ligt hierbij op het stapsgewijs beschrijven van de mechanismen en variabelen in STREAM, geïllustreerd aan de hand van voorbeelden. De uitkomsten van STREAM hangen af van de in het model opgenomen veronderstellingen over de economische “omgeving”. Deze gevoeligheid wordt in hoofdstuk 4 toegelicht. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 geïllustreerd in welke mate en via welke economische mechanismen -in STREAM- Nederlands milieubeleid effect kan hebben op de omvang en de energie-efficiency van productie in Nederland. Achtereenvolgens worden besproken het effect van milieukosten en het effect van de inzet van vier actuele milieubeleidinstrumenten, te weten Energieheffing, Energie-efficiency Taakstelling, Benchmarking en NOx-emissiehandel. Het rapport sluit af met een synthese van de bevindingen met STREAM.

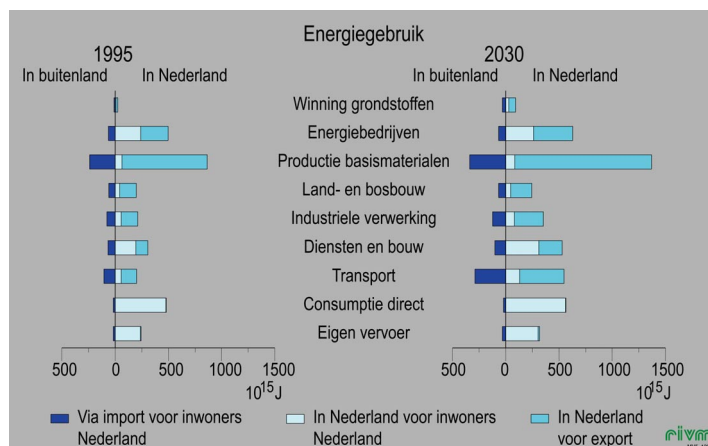


## 2. Milieu en industriële productie

In dit hoofdstuk wordt in het kort beschreven in welke mate de Nederlandse industrie bijdraagt aan de milieubelasting in Nederland<sup>1</sup> en hoe dit zich tot op heden heeft ontwikkeld. Hierbij wordt ook ingegaan op de rol van het beleid. Gegevens uit dit hoofdstuk zijn afkomstig uit de Milieubalans 2000 (RIVM, 2000b) en de 5e Milieuverkenning (RIVM, 2000a).

### 2.1 De industrie in Nederland

De Nederlandse industrie heeft ten opzichte van het buitenland veel ‘zware-’ of basisindustrie en is daardoor relatief energie-intensief. Voorbeelden van energie-intensieve productieprocessen zijn de aardolieaffinage, productie van (grondstoffen voor) kunststoffen, oplosmiddelen, kunstmest, chloor in de basischemie, en de productie van ijzer / staal, aluminium, papier en bouwmaterialen. Dit grote aandeel basisindustrie is ondermeer het gevolg van de geografische ligging van Nederland. Grondstoffen worden veelal over zee aangevoerd, in en rond de havengebieden verwerkt tot basisproducten en vervolgens over o.a. de grote rivieren naar Europa gedistribueerd. Ongeveer 85% van de productie van de Nederlandse basisindustrie (in gulden) is dan ook bestemd voor de export, en circa 30% van het Nederlandse energiegebruik wordt gebruikt voor productie van basismaterialen ten behoeve van de export (zie Figuur 2.1).



Figuur 2.1 Een groot deel van het energiegebruik in Nederland is via de productie van basismaterialen bestemd voor het buitenland (RIVM, 2000a)

Qua energie-efficiency behoort een aantal Nederlandse basisindustrieën tot de wereldtop, terwijl een aantal andere tot de middenmoot behoort<sup>2</sup>. Desondanks is de milieubelasting in Nederland<sup>3</sup> door industriële productie aanzienlijk (zie paragraaf 2.2).

<sup>1</sup> Dit hoofdstuk neemt de totale Nederlandse industrie in beschouwing en dus niet alleen de STREAM sectoren. Deze sectoren hebben wel een groot aandeel in de milieudruk door de industrie.

<sup>2</sup> Top-10: basismetaal (primaire aluminium en staal productie), middenmoot: krakers in de basischemie (Phylipsen, 2000).

<sup>3</sup> De indirecte milieubelasting t.g.v productie bijv. door winning van grondstoffen en transport wordt niet beschouwd.

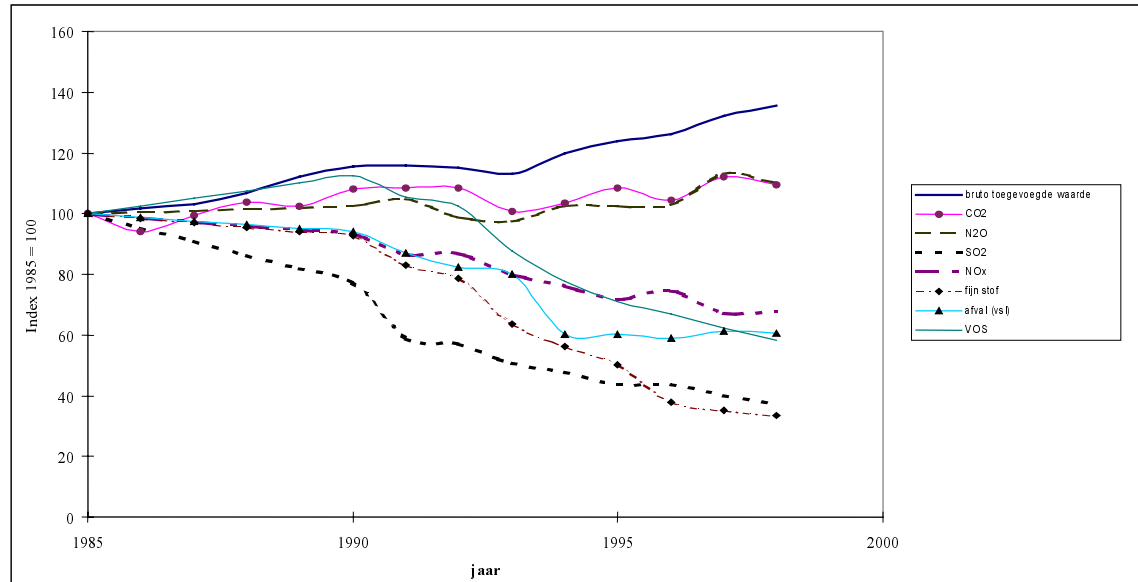
## 2.2 Milieuthema's en de huidige bijdrage van de industrie

De bijdrage van de industrie (inclusief raffinaderijen) aan de verschillende milieuthema's is groot (Tabel 2-1). Voor veel stoffen – zoals SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub><sup>4</sup> en VOS - is er sprake van een dalende trend van de emissie, zeker als deze wordt afgezet tegen de stijging van de bruto toegevoegde waarde (Figuur 2.2). Een uitzondering hierop is de emissie van CO<sub>2</sub>; deze is de laatste 3 jaar stabiel.

Tabel 2-1 Emissies naar lucht in Nederland en de bijdrage van de industrie (incl. raffinaderijen) hieraan in 1998 (RIVM, 2000b)

MILIEUTHEMA / STOF		EMISSIE IN 1998	BIJDRAGE INDUSTRIE (%)
<i>Broeikaseffect</i>	mld CO <sub>2</sub> eq	241	32
CO <sub>2</sub>	mld kg	181	31 <sup>#</sup>
N <sub>2</sub> O	mld kg	73	49
<i>Verzuring</i>	mld Z-eq	23	16
NO <sub>x</sub>	mld kg	420	15
SO <sub>2</sub>	mld kg	107	65
NH <sub>3</sub>	mld kg	170	2
<i>Grootschalige luchtverontreiniging</i>			
VOS	mld kg	296	26
PM <sub>10</sub>	mld kg	41	33

<sup>#</sup> Wanneer ook de CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij de elektriciteit- /warmteopwekking t.b.v. de industrie aan de industrie wordt toegerekend is dit aandeel circa 40%



Figuur 2.2 Ontwikkeling van de milieubelasting en de bijdrage aan het BBP door de industrie in de periode 1985-1998 (RIVM, 2000b)

Op (inter)nationale schaal is de emissie van veel stoffen in de afgelopen decennia sterk gedaald waardoor overschrijding van luchtkwaliteitsnormen is verminderd. Uit milieuverkenningen blijkt echter dat een aantal milieuproblemen erg lastig is op te lossen, dat wil zeggen dat het erg moeilijk is

<sup>4</sup> PM<sub>10</sub>: staat voor Particulate Matter met een deeltjesgrootte < 10 µm, vaak aangeduid als fijn stof.

om de milieudruk dusdanig te verminderen dat de gestelde milieukwaliteitsdoelen gehaald worden. De meest hardnekkige milieuproblemen zijn (RIVM, 2000a): *klimaatverandering* als gevolg van het broeikasgaseffect, *verzuring* en *vermesting*, *luchtverontreiniging* (ozon en fijn stof), *vermindering* van *biodiversiteit* en de *beschikbaarheid* van *natuurlijke hulpbronnen* zoals vis en water.

De Nederlandse basisindustrie levert aan het broeikas effect (emissie CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O en andere broeikasgassen), verzuring (emissie van SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>) en luchtverontreiniging (emissie van PM<sub>10</sub> en VOS) een significante bijdrage (Tabel 2-1). In paragraaf 2.3 wordt een beknopte analyse gegeven van de ontwikkeling van de emissie van CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, fluorhoudende koolwaterstoffen (HFK/PFK/SF<sub>6</sub>), NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> VOS en PM<sub>10</sub> door de industrie in Nederland in de afgelopen 20 jaar.

## 2.3 Analyse van industriële emissies

### CO<sub>2</sub>

De emissie van CO<sub>2</sub> door de industrie is voor het grootste deel het gevolg van de verbranding van fossiele (koolstofhoudende) brandstoffen -zoals aardgas, stookolie en steenkool- voor de opwekking van energie. De koolstof wordt hierbij omgezet in CO<sub>2</sub>.<sup>5</sup> Hiernaast komt CO<sub>2</sub> vrij bij de productie van o.a. bouwmaterialen (zoals cement en bakstenen), waterstof en ammoniak. Deze CO<sub>2</sub> is in het geval van bouwmaterialen afkomstig uit de grondstoffen (mergel, klei). Om deze CO<sub>2</sub> te onderscheiden van de CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij energieopwekking wordt deze aangeduid als *procesemissie*. De CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij de productie van waterstof en ammoniak is afkomstig van het aardgas dat daar als grondstof en niet als energiedrager wordt gebruikt; deze emissie wordt *feedstockemissie* genoemd. De procesemissie bij de basismetallindustrie is voor het grootste deel de CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij de productie van ruw ijzer uit ijzererts; koolstof (in cokes) wordt hier toegepast als reductiemiddel, d.w.z. het bindt de zuurstof in ijzererts en komt vrij als CO<sub>2</sub>. In Tabel 2-2 is aangegeven hoe in 1998 de CO<sub>2</sub>-emissie door de industrie was opgebouwd.

Tabel 2-2 Emissie van CO<sub>2</sub> (mld kg) door de industrie in Nederland in 1998. Bron: Database Emissieregistratie

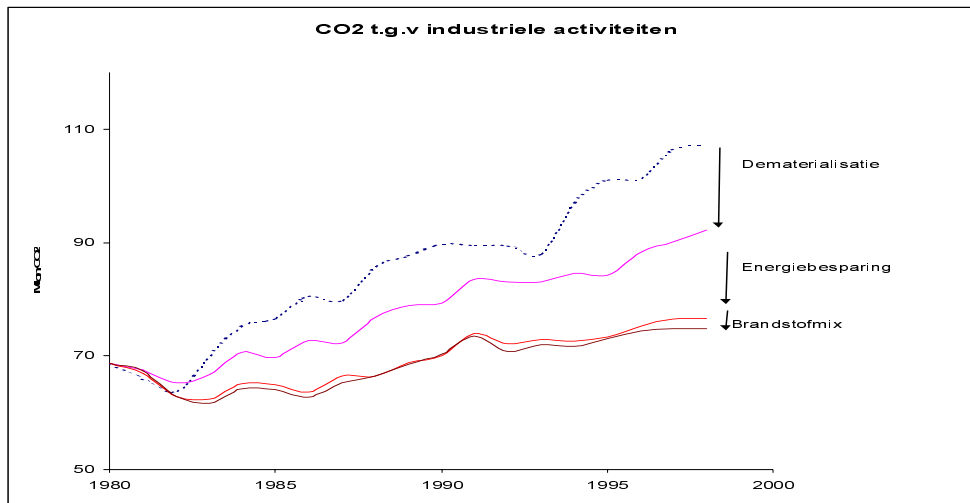
SECTOR	ENERGIE	PROCES	FEEDSTOCK	TOTAAL
BASISMETAALINDUSTRIE	1,7	6,5		8,2
BASISCHEMIE	9,4		5,4	14,8
RAFFINADERIJEN	10,3	1,3		11,5
KUNSTMESTINDUSTRIE	1,9		6,2	8,1
OVERIGE CHEMISCHE INDUSTRIE	1,6	0,1	0,0	1,6
BOUWMATERIALENINDUSTRIE	1,8	1,0	0,0	2,9
VOEDING- EN GENOTMIDDELENINDUSTRIE	4,3	0,1	0,0	4,4
OVERIGE INDUSTRIE	4,8	0,0	0,1	4,9
TOTAAL	35,7	9,0	11,7	56,4
E-SECTOR T.B.V. INDUSTRIE	16	0	0	16

Door de groei van het energiegebruik neemt de emissie van CO<sub>2</sub> toe, maar de emissie is de afgelopen decennia minder sterk gegroeid dan op basis van de (economische) productie zou worden verwacht (Figuur 2-3). Deze relatieve ontkoppeling is het gevolg van maatregelen die zijn genomen om het gebruik van energie te verminderen (energiebesparing) en door brandstoffen te gebruiken met een lager gehalte aan koolstof (b.v. aardgas i.p.v. steenkool).

De energiebesparingsmaatregelen zijn i.h.a. genomen omdat ze economisch gezien rendabel waren, maar ze zijn voor een deel ook getroffen a.g.v. het gevoerde (milieu)beleid (RIVM, 2000b). Dit beleid voor de industrie was vooral gericht op het bevorderen van energiebesparing, o.a. door het

afsluiten van MJA's (MeerJarenAfspraken energiebesparing) met diverse bedrijfstakken en het stimuleren van warmtekrachtkoppeling. Dit werd ondersteund door fiscale stimuleringsregelingen zoals de energie-investeringsaftrek (EIA) en de regeling Vrije Afschrijving Milieu-investeringen (VAMIL).

Uit Figuur 2.3 blijkt dat zonder dematerialisatie<sup>6</sup>, energiebesparing en verschuiving in de brandstofmix, de emissie in 1998 ruim 40% hoger zou zijn geweest dan in werkelijkheid het geval was. In de laatste Nationale Milieuverkenning (RIVM, 2000a) wordt geraamd dat bij het huidige vastgestelde beleid de emissie van CO<sub>2</sub> door de industrie in de periode 2000-2020 met 10-30% zal gaan toenemen.



Figuur 2.3 CO<sub>2</sub> emissie in Nederland als gevolg van industriële productie<sup>7</sup>.

## N<sub>2</sub>O

De emissie van N<sub>2</sub>O door de industrie is vooral het gevolg van de productie van salpeterzuur door de chemische industrie. Het N<sub>2</sub>O is een (ongewenst) bijproduct bij de omzetting van ammoniak (NH<sub>3</sub>) in salpeterzuur (HNO<sub>3</sub>). Bij de opwekking van energie komt nagenoeg geen N<sub>2</sub>O vrij. In Tabel 2-3 is aangegeven hoe groot de emissie van N<sub>2</sub>O door de Nederlandse industrie in 1998 was.

Tabel 2-3 Emissie van N<sub>2</sub>O door de Nederlandse industrie in 1998 (mln kg). Bron: Database Emissieregistratie

SECTOR	ENERGIE	PROCES	TOTAAL
KUNSTMESTINDUSTRIE	0	19	19
BASISCHEMIE	0	17	17
OVERIGE INDUSTRIE	0	0	0
TOTAAL	0	36	36

De N<sub>2</sub>O (proces)emissie kan worden verminderd door het productieproces aan te passen of door het N<sub>2</sub>O m.b.v. katalysatoren om te zetten in stikstof (N<sub>2</sub>). In Nederland wordt dit al bij enkele installaties toegepast. Het milieubeleid m.b.t. de emissie van N<sub>2</sub>O door de industrie heeft zich tot nu toe beperkt tot het stimuleren van onderzoek naar de ontwikkeling van katalysatoren waarmee de emissie a.g.v. de productie van salpeterzuur (sterk) kan worden verminderd. Wanneer dit lukt, zal waarschijnlijk via vergunningen of convenanten worden bewerkstelligd dat deze katalysatoren bij de productie installaties worden aangebracht.

<sup>5</sup> Naast deze *directe* emissie vindt er ook een substantiële *indirecte* emissie van CO<sub>2</sub> plaats a.g.v. de productie van elektriciteit door de energiesector t.b.v. de industrie.

<sup>6</sup> Hieronder wordt verstaan de ontkoppeling van financiële en fysieke productie van een industriële sector.

<sup>7</sup> Inclusief de CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij energieomzetting in de e-sector t.b.v. de industrie (zie Tabel 2.2).

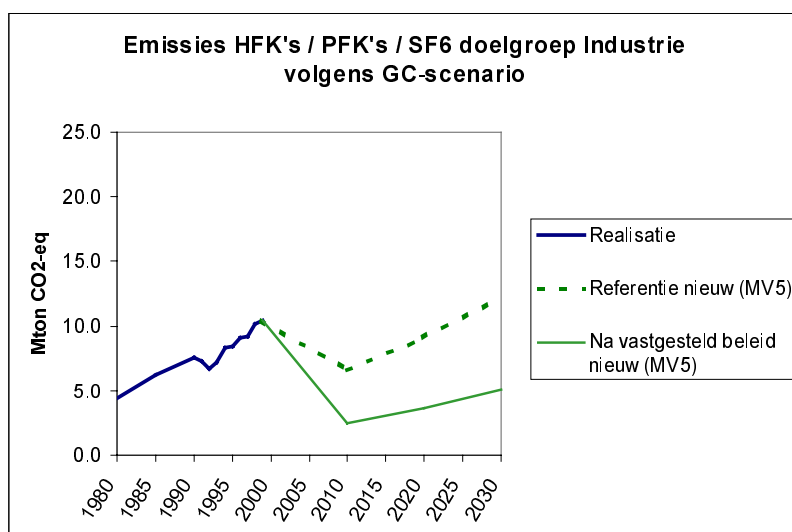
## HFK's / PFK's / SF<sub>6</sub>

Naast CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O levert de Nederlandse industrie ook een aanzienlijke bijdrage aan de emissie van de broeikasgassen HFK, PFK en SF<sub>6</sub> (RIVM, 2000b). In de periode 1980 –1999 steeg de emissie geleidelijk van ruim 4 tot ruim 10 Mton CO<sub>2</sub>-equivalenten<sup>8</sup> (Tabel 2-4).

Tabel 2-4 Gerealiseerde emissies HFK's/PFK's/SF<sub>6</sub> doelgroep industrie (Mton CO<sub>2</sub>-eq) (Wesselink et al, 2001)

STOF	1980	1985	1990	1995	1999
HFK 's	2.0	3.9	5.1	6.5	7.8
PFK 's	2.3	2.3	2.4	1.9	2.6
SF <sub>6</sub>	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
TOTAAL	4.4	6.2	7.6	8.4	10.4

De stijging van de industriële emissie is met name het gevolg van de toename van de HFK-emissie. Tot 1994 is deze stijging veroorzaakt door de toename van de HCFK22 productie -waarbij ondermeer HFK23 vrijkomt- en daarna door het gebruik van HFK's als vervanging van (H)CFK's in diverse toepassingen (koelinstallaties, schuimen van kunststof). Verwacht wordt dat de emissie a.g.v. het huidige en vastgestelde milieubeleid zal gaan dalen (Figuur 2.4) (RIVM, 2000a). Daarna zal de emissies, zonder aanvullend beleid, weer gaan stijgen.



Figuur 2.4 Emissie HFK's / PFK's / SF<sub>6</sub> door de industrie in de periode 1980-2030 (Wesselink et al., 2001).

## NO<sub>x</sub>

Evenals CO<sub>2</sub> komt NO<sub>x</sub> (stikstofoxide) vrij bij zowel energieopwekking als bij productieprocessen. Bij energieopwekking wordt NO<sub>x</sub> gevormd doordat bij de daar optredende hoge temperatuur stikstof (N<sub>2</sub>) uit de lucht wordt geoxideerd tot NO<sub>x</sub>. De hoeveelheid emissie is vooral afhankelijk van de hoogte van de verbrandingstemperatuur, hoe hoger de temperatuur des te groter de emissie van NO<sub>x</sub>. Ook de hoeveelheid stikstof en zuurstof in de vlamzone zijn van invloed. Daarnaast is de emissie enigszins afhankelijk van het soort brandstof. De emissie is i.h.a. het laagst bij de verbranding van (aard)gas en het hoogst voor steenkool. *Proces*-NO<sub>x</sub> komt o.a. vrij bij de productie van salpeterzuur. In Tabel 2-5 is aangegeven hoe de NO<sub>x</sub>-emissie door de industrie in 1998 was opgebouwd.

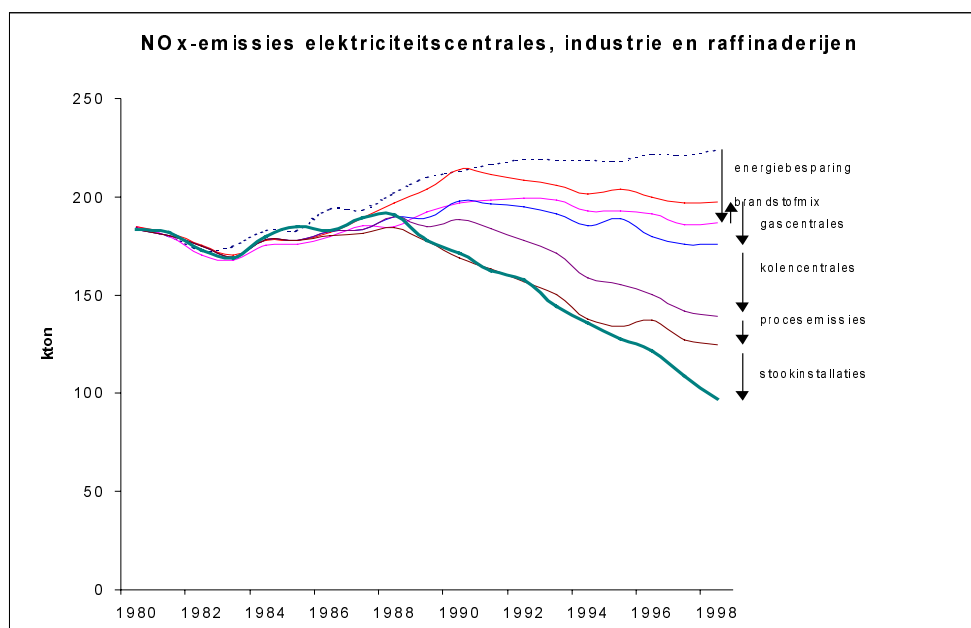
Tabel 2-5 Emissie van NO<sub>x</sub> door de industrie in Nederland (mln kg) in 1998 . Bron: Database Emissieregistratie

SECTOR	ENERGIE	PROCES	TOTAAL
BASISMETAALINDUSTRIE	2.1	6.2	8
KUNSTMESTINDUSTRIE	1.8	2.4	4
BASISCHEMIE	14	3.1	17
OVERIGE CHEMISCHE INDUSTRIE	1.5	0.1	2
RAFFINADERIJEN	12	0.3	12
BOUWMATERIALENINDUSTRIE	7.9	1.0	9
VOEDING- EN GENOTMIDDELENINDUSTRIE	4.6	0.1	5
OVERIGE INDUSTRIE	4.4	0	4
TOTAAL	48	13	61

Door de stijging van het energiegebruik en de productie van salpeterzuur zou de emissie van NO<sub>x</sub> door de industrie in de afgelopen 20 jaar zijn gestegen. Uit Figuur 2.2 blijkt dat niet het geval is geweest. De emissie is aan het dalen doordat er door de industrie maatregelen zijn getroffen. Deze maatregelen zijn voor het grootste deel getroffen doordat er milieubeleid is gevoerd (o.a. AMvB Salpeterzuurfabrieken, Besluit Emissie Eisen Stookinstallaties, Convenanten). Deze maatregelen waren vooral gericht op het voorkómen dat NO<sub>x</sub> wordt gevormd. Bij (grote) energieopwekkingsinstallaties heeft lage-NO<sub>x</sub>-verbranding (vooral d.m.v. andere branders) tot een aanzienlijke reductie geleid. Bij m.n. salpeterzuurfabrieken zijn er maatregelen (*katalysatoren, verbeterde absorptie*) getroffen gericht op het verwijderen van NO<sub>x</sub> uit de procesgassen. Tenslotte hebben energiebesparing en het gebruik van andere energiedragers ook bijgedragen aan vermindering van de NO<sub>x</sub>-emissie. Uit Figuur 2.5 blijkt in welke mate de emissie in de periode 1980-1998 door bovengenoemde invloeden is verminderd t.o.v. de (hypothetische) situatie dat er in die periode geen veranderingen zouden zijn opgetreden.

In Nederland worden nu op grote schaal verbrandingsinstallaties gebruikt waarin door het gebruik van b.v. lage-NO<sub>x</sub>-branders de emissie van NO<sub>x</sub> per eenheid opgewekte energie aanzienlijk lager is dan 10-20 jaar geleden. Door bestaand en nieuw beleid, zoals NO<sub>x</sub> Emissiehandel, zal zich deze ontwikkeling voortzetten en zullen in toenemende mate Selectieve Katalytische Reductie (SCR) installaties worden toegepast. Hierin wordt NO<sub>x</sub> m.b.v. een katalysator en een reductiemiddel (meestal NH<sub>3</sub>) omgezet in N<sub>2</sub> (stikstof). Door deze maatregelen zal de emissie tot 2010 verder dalen (RIVM, 2000a). Naar verwachting zullen -voor het bereiken van duurzame depositieniveaus op de lange termijn in Nederland- ook na 2010 verdere reducties door de industrie nodig zijn.

<sup>8</sup> De omrekening van kg HFK, PFK en SF<sub>6</sub> naar "kg" CO<sub>2</sub> vindt plaats m.b.v. GWP-factoren; deze weerspiegelen in hoeverre die stoffen (per kg) meer of minder bijdragen aan het broeikaseffect dan CO<sub>2</sub> (GWP: Global Warming Potential).



Figuur 2.5 Ontwikkeling van de  $\text{NO}_x$  emissie (mln kg) door elektriciteitscentrales, industrie en raffinaderijen in Nederland in de periode 1980-1998 (RIVM, 2000b)

## $\text{SO}_2$

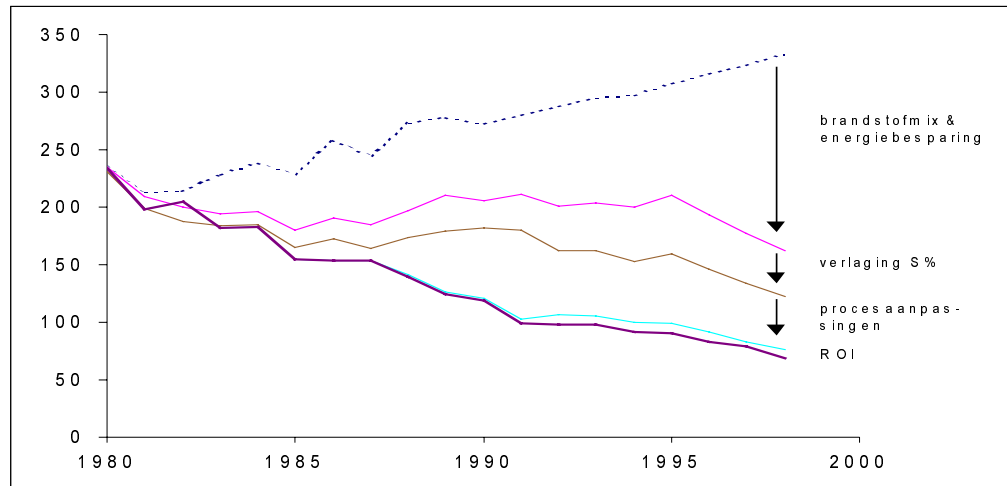
De emissie van  $\text{SO}_2$  kan evenals bij  $\text{CO}_2$  en  $\text{NO}_x$  onderscheiden worden in emissie a.g.v. energieopwekking en a.g.v. industriële productieprocessen (Tabel 2-6). De emissie bij energieopwekking is het gevolg van de oxidatie van de in brandstoffen aanwezige zwavel (S) tot  $\text{SO}_2$ . Proces- $\text{SO}_2$  komt o.a. vrij bij de productie van zwavelzuur, zwavel en bouwmaterialen zoals glas. Het  $\text{SO}_2$  is ook in die gevallen afkomstig van zwavel dat in de grondstoffen aanwezig is. De procesemissie bij de basismetalaalindustrie is het gevolg van de productie van cokes.

Tabel 2-6 Emissie van  $\text{SO}_2$  (mln kg) door de industrie in Nederland in 1998. Bron: Database Emissieregistratie

SECTOR	ENERGIE	PROCES	TOTAAL
BASISMETAALINDUSTRIE	0.4	7.6	8
KUNSTMESTINDUSTRIE	0.1	0.6	1
BASISCHEMIE	5.2	2.2	7
OVERIGE CHEMISCHE INDUSTRIE	0.1	0.1	0
RAFFINADERIJEN	41	7.8	49
BOUWMATERIALENINDUSTRIE	1.1	2.2	3
OVERIGE INDUSTRIE	0.7	0.4	1
TOTAAL	49	21	69

Ook bij  $\text{SO}_2$  is de emissie in de afgelopen 20 jaar lager dan op grond van de economische ontwikkeling en het energiegebruik door de industrie zou worden verwacht (figuur 2-6). De emissie is verminderd door andere (laagzwavelige) brandstoffen te gebruiken, door energiebesparing, door het verwijderen van  $\text{SO}_2$  uit procesgassen en door procesaanpassing (b.v. dubbele absorptie bij de productie van zwavelzuur). Deze reductie is voor het grootste deel het gevolg van milieubeleid, zoals regelgeving m.b.t. het S-gehalte van brandstoffen en vergunningseisen t.a.v. de emissie van o.a. zwavelzuurfabrieken en raffinaderijen.

In Figuur 2.6 is te zien in welke mate bovengenoemde maatregelen in Nederland in het verleden zijn toegepast. Verwacht wordt dat door het vastgestelde beleid de emissie verder zal afnemen (RIVM, 2000a). Deze daling is echter toch nog niet voldoende om het emissiedoel voor 2010 (25 mln kg; industrie 7 en raffinaderijen 18 –NMP3-) te halen.



Figuur 2.6 Ontwikkeling van de SO<sub>2</sub> emissie (mln kg) door de industrie in Nederland in de periode 1980-1998 (ROI: Rookgasontzwarelingsinstallatie). (Wesselink et al 2001)

## VOS

De emissie van VOS (vluchtige organische stoffen) door de industrie is het gevolg van de bewerking of productie van vluchtige organische stoffen als aardolie, chemicaliën en oplosmiddelen (bij o.m. raffinaderijen en chemie), het op- en overslaan hiervan (door o.m. op- en overslagbedrijven, raffinaderijen en chemie) en het gebruiken van VOS-houdende producten zoals verf, inkt en schoonmaakmiddelen (o.m. bij de metaalektro-industrie en de grafische industrie). De bijdrage van de basisindustrie aan de totale VOS-emissie door de industrie is relatief klein in vergelijking met de hiervoor genoemde stoffen (Tabel 2-7).

De emissie van VOS door de industrie is de afgelopen 20 jaar gedaald. Deze daling is voor een belangrijk deel het gevolg geweest van milieubeleid (KWS2000, convenanten, vergunningen). Hierdoor zijn maatregelen genomen, gericht op het voorkómen van lekkage en verliezen bij op- en overslag, door het zuiveren van VOS-houdende procesgassen (b.v. door de VOS te verbranden) of door het gebruiken van producten die minder of geen VOS bevatten. O.i.v. het vastgestelde beleid zal de emissie de komende decennia verder dalen (RIVM, 2000a). De daling is niet voldoende om de doelstelling voor de emissie van VOS in 2010 (25 mln kg, industrie 22, raffinaderijen 3 – NMP3-) te halen.

Tabel 2-7 Emissie van VOS (mln kg) door de industrie in Nederland in 1998. Bron: Database Emissieregistratie

SECTOR	ENERGIE	PROCES	TOTAAL
BASISMETAALINDUSTRIE	0.8	3.1	4
BASISCHEMIE	0.6	10	11
RAFFINADERIJEN	0.2	6.7	7
METALECTRO INDUSTRIE	0.1	22	22
OVERIGE CHEMISCHE INDUSTRIE	0	4	4
GRAFISCHE INDUSTRIE	0	13	13
VOEDING- EN GENOTMIDDELENINDUSTRIE	0.2	6.4	7
HOUT-/MEUBELINDUSTRIE	0	4	4
RUBBER- / KUNSTSTOFVERWERKENDE IND.	0	3.4	3
OVERIGE INDUSTRIE	0.3	2	2
TOTAAL	2	74	76

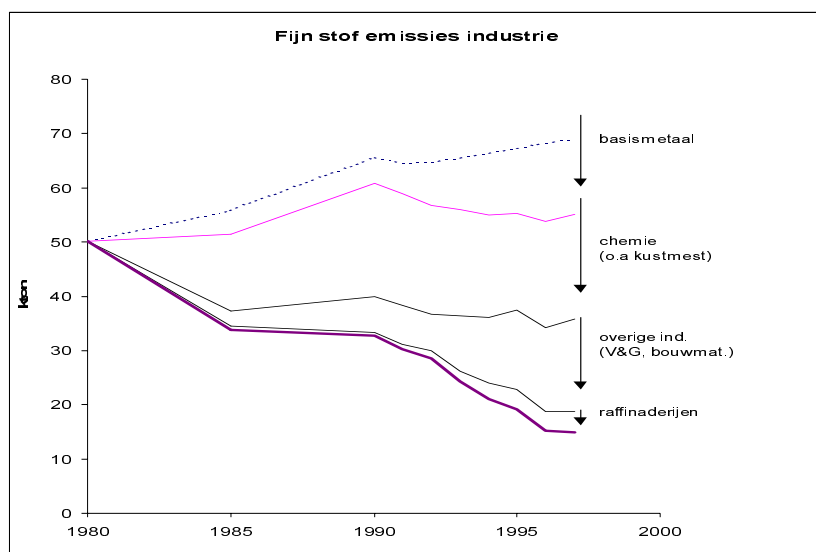


## PM<sub>10</sub><sup>9</sup>

De procesemissie van PM<sub>10</sub> door de Nederlandse industrie is vooral het gevolg van de productie van ijzer en staal (basismetaalindustrie) en voedingsmiddelen (Tabel 2-8). Door de raffinaderijen wordt hiernaast relatief veel PM<sub>10</sub> geëmitteerd a.g.v. energieopwekking met zware stookolie. Ook de emissie van PM<sub>10</sub> is al geruime tijd aan het dalen doordat procesgassen worden gezuiverd en door het overgaan op lichtere brandstoffen zoals aardgas en raffinaderijgas<sup>10</sup>. In Figuur 2.7 is te zien in welke mate de industrie in Nederland in het verleden maatregelen heeft getroffen. Deze maatregelen zijn voor een groot deel genomen als gevolg van milieubeleid (vergunningen, BEES en NER). Verwacht wordt (RIVM, 2000) dat deze daling zich in de komende 20 jaar slechts in beperkte mate voortzet.

Tabel 2-8 Emissie van PM<sub>10</sub> (mln kg) door de industrie in Nederland in 1998. Bron: Database Emissieregistratie

	ENERGIE	PROCES	TOTAAL
BASISMETAALINDUSTRIE	0.1	4.1	4
KUNSTMESTINDUSTRIE	0	0.7	1
BASISCHEMIE	0.1	1.3	1
OVERIGE CHEMISCHE INDUSTRIE	0.1	0	0
RAFFINADERIJEN	3.1	0.2	3
BOUWMATERIALENINDUSTRIE	0	0.8	1
VOEDING- EN GENOTMIDDELENINDUSTRIE	0	2.3	2
OVERIGE INDUSTRIE	0.1	0.3	0
TOTAAL	4	10	13



Figuur 2.7 Ontwikkeling van de PM<sub>10</sub> emissie (mln kg) door de industrie in Nederland in de periode 1980-1998 (Wesselink et al 2001).

<sup>9</sup> PM<sub>10</sub> staat voor "particulate matter" met een deeltjesgrootte < 10 µm, vaak aangeduid als fijn stof.

<sup>10</sup> Door een veranderde methodiek van registratie van fijnstof emissies bij bedrijven zijn de monitoringsgegevens vanaf 1995 in toenemende mate onzeker (RIVM).

## 2.4 Noodzaak van verkenningen en model keuze

### *Noodzaak van verkenningen*

Gezien de hoogte van de huidige bijdrage van de Nederlandse industrie aan de milieudruk en de hiervoor geschetste knelpunten t.a.v. de verwachte ontwikkeling hiervan, is het noodzakelijk om te blijven verkennen hoe de milieudruk door de industrie, en daarbinnen de energie intensieve industrie, zich zal ontwikkelen.

Evenals nu zal de toekomstige milieubelasting door de industrie in Nederland, maar ook in de ons omringende landen, in belangrijke mate samenhangen met *de fysieke productiehoeveelheden van (basis)materialen* en met de effectiviteit van (nieuwe) beleidsinstrumenten t.a.v. de vermindering van de milieubelasting. De productie in Nederland is op haar beurt primair gekoppeld aan de ontwikkeling van de economie, in Nederland en Europa maar ook mondiaal. Daarnaast wordt de productie beïnvloed door ontwikkelingen op het gebied van materiaalverbruik door de afnemers, de mate van recycling van materialen, de omvang van energie- en grondstofbesparing en door de internationale productie van en handel in deze materialen.

### *Modelkeuze*

Omdat het erg lastig is om bij het maken van verkenningen met al deze – elkaar vaak beïnvloedende - factoren op een consistente wijze rekening te houden, is het gebruik van rekenmodellen noodzakelijk. Er zijn echter meerdere modelbenaderingen mogelijk. Bijlage 3 schetst drie recent ontwikkelde modellen waarmee de dynamiek van de aan materiaalstromen gekoppelde milieudruk beschreven kan worden. Het model MATTER (a Markal materials and energy systems model, Gielen, 1999), DIMITRI (Dynamic Input/Output model to study the impact of Technology Related Innovations, Wilting et al, 2001) en het model STREAM (Mannaerts, 2000a) dat in dit rapport beschreven wordt. De eerste twee modellen kunnen gekarakteriseerd worden als bottom-up modellen die in detail de economische structuur van materiaalvragers en –aanbieders beschrijven en waarin de invloed op de milieudruk van nieuwe technologieën, andere materiaalkeuzes in producten en veranderingen in de maatschappelijke structuur expliciet zichtbaar gemaakt worden. Deze modellen zijn, vereenvoudigd gesteld, sterk in het doorrekenen van *milieuscenario's*. Economische afwegingen van materiaalproducenten zijn niet of in mindere mate opgenomen in deze modellen.

Tabel 2-9 *vergelijking STREAM, MATTER en DIMITRI (zie bijlage 3)*

	STREAM	MATTER	DIMITRI
Berekent vraag en productie van materialen?	Ja (fysiek)	Ja (fysiek)	Ja (monetair)
Detailniveau vraagvergelijking	Globaal	Detail	Detail
Vraagtrend	Exogeen	Exogeen	Exogeen
Economische mechanismen	Gedetailleerd	Globaal	Globaal
Technologische ontwikkelingen (opties)	Globaal	Detail	Detail
Allocatie van productie over regio's (aantal)	Ja (3)	Nee	Ja (3)
Beschouwt substitutie tussen materialen	Nee	Ja	Nee <sup>1)</sup>
Beschouwt hergebruik van materiaal	Ja	Ja	Nee <sup>2)</sup>
Jaargangenmodel	Ja	Ja	Ja
Optimalisatiemodel	Ja	Ja	Nee

1) wordt t.z.t wel als technologische optie opgenomen

2) hergebruik is niet expliciet zichtbaar, maar impliciet wel omdat alle financiële stromen, dus bijvoorbeeld ook die van de schroothandel naar de aluminiumindustrie, zijn opgenomen

STREAM is veel meer een top-down model, dat gebouwd is op het doorrekenen van economische mechanismen. STREAM berekent hoe economische ontwikkelingen (inclusief milieubeleid) doorwerken op het investeringsgedrag van producenten van basismaterialen, en welke fysieke productieniveaus daaruit resulteren. Technologische ontwikkelingen worden op geaggregeerde wijze meegenomen, niet 'herkenbaar' als individuele techniek maar als trendmatige efficiencyverbetering. STREAM is, vereenvoudigd gesteld, sterk in het doorrekenen van de 'fysieke' effecten van *economische scenario's*, en vormt derhalve een belangrijke schakel tussen economische verkenningen en milieuverkenningen.



## 3. De werking van STREAM

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt stapsgewijs beschreven hoe STREAM werkt. Aan de orde komen die mechanismen en parameters die van belang zijn voor het begrip van het modelgedrag op hoofdlijnen. Voor een volledige beschrijving van de modelmechanismen en –parameters wordt verwezen naar Mannaerts (2000a). In dit hoofdstuk wordt eerst de globale modelstructuur beschreven (3.2), vervolgens wordt in meer detail ingegaan op de modellering van materiaalvraag en –aanbod en de verdeling van productie over de onderscheiden regio's (3.3 t/m 3.5) Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de verbetermogelijkheden in de mechanismen en de data in STREAM (3.6).

### 3.2 Hoofdstructuur van het model

#### 3.2.1 Algemeen

STREAM is een model dat is opgebouwd uit empirische economische relaties waarmee verkend kan worden hoe het gebruik en de fysieke productie, in kilogrammen, van basismaterialen zich zullen ontwikkelen. STREAM berekent hoe materiaalvraag en –aanbod in evenwicht worden gebracht door aanpassing van de materiaalprijis, en hanteert daarbij drie schaalniveaus: de wereld, West-Europa en Nederland.

STREAM omvat vijf modules voor respectievelijk de materialen staal, aluminium, papier, petrochemische producten en kunstmest. Binnen de petrochemie module worden monomeren (ook wel 'building blocks' genoemd, zoals etheen), polymeren (zoals polyetheen, ook wel plastics of kunststoffen genoemd) en oplosmiddelen onderscheiden, in de kunstmest module is er een onderverdeling naar stikstof, fosfaat en kalium. Voor staal, aluminium, papier, monomeren en polymeren wordt onderscheid gemaakt naar primaire en secundaire productie. Primair betekent productie op basis van ruwe ('maagdelijke') grondstoffen zoals ijzererts, aluminiumoxide en houtpulp. Secundair betekent productie op basis van gerecyclede afvalstoffen zoals ijzer- en aluminiumschroot, plastics en oud papier.

De vijf STREAM modules zijn niet gekoppeld. Dit betekent dat met STREAM dus niet expliciet berekend kan worden óf en welke substitutie er plaatsvindt tussen materialen (b.v. kunststof voor metaal).

STREAM is een jaargangenmodel, d.w.z. dat de productiecapaciteit is opgesplitst naar leeftijd, waardoor elk jaar een deel van de productiecapaciteit (circa 10 á 15%) uit bedrijf wordt genomen en wordt vervangen door nieuwe capaciteit. Deze nieuwe capaciteit produceert efficiënter, qua energie, grondstoffen en arbeid. Deze 'vervanging' door nieuwe jaargangen, moet niet al te 'fysiek' voorgesteld worden, een nieuwe jaargang betekent niet per se een nieuwe installatie, maar heeft betrekking op dat deel van het park waarop efficiency verbeteringen worden toegepast (kan ook een retro-fit, d.w.z. een nageschakelde techniek, zijn of revisie van een bestaande installatie).

STREAM beschrijft ontwikkelingen over een periode van circa 60 jaar. Het model is gekalibreerd op gegevens uit ruwweg de periode 1960-1993 en op basis hiervan worden voor een even lange periode (tot 2020 à 2030) verkenningen gedaan.

STREAM beschrijft economische relaties op macro en meso (sector) niveau die voor een groep bedrijven in een regio gelden. Voorzichtigheid is derhalve geboden bij toepassen van met name de Nederlandse staalmodule, waar slechts één producent van primair staal de productie domineert.

### 3.2.2 Hoe STREAM rekest

STREAM bevat drie ‘blokken’, dit zijn de drie schaalniveaus wereld, West-Europa en Nederland. Deze schaalniveaus worden volgordelijk doorgerekend<sup>11</sup>.

#### *Wereld schaal*

De wereldwijde materiaalvraag wordt op geaggregeerde wijze gemodelleerd met als belangrijke parameter het bruto binnenlands product van twee onderscheiden wereldregio’s, de ontwikkelde en minder ontwikkelde landen. Aan de aanbodzijde zijn er in feite vier aanbieders; in elk van de twee regio’s wordt primair en secundair materiaal geproduceerd. Het totaal van dit aanbod wordt geconfronteerd met de materiaalvraag:

$$\text{Vraag}_{\text{wereld (dc, ldc)}} (P^*) = \text{Aanbod}_{\text{wereld (dc, ldc)}} (P^*)$$

*met dc is ‘developed countries’ regio en ldc is ‘less developed countries’ regio*

Uit het evenwicht van vraag en aanbod volgt de wereldmarktprijs,  $P^*$ . Dit is de marktprijs; één wereldprijs voor één materiaal.

#### *De West Europese schaal*

De wereldmarktprijs  $P^*$  voor een materiaal is vastgesteld. De wereldwijde materiaalvraag wordt nu verfijnd naar het West Europese aandeel daarin. Vervolgens wordt berekend hoe de bijbehorende productie zich verdeelt over West Europa en de rest van de wereld, als functie van de bestaande productieverdeling, kostprijsverschillen tussen aanbieders (West Europa versus de rest van de wereld, primaire versus secundaire productie) en diverse elasticiteiten.

*STREAM laat kostprijsverschillen tussen regio’s en tussen producenten van primair en secundair materiaal toe. Er kan dus boven of onder de wereldmarktprijs geproduceerd worden. Deze kostprijsverschillen zijn de ‘driving force’ voor allerlei productieverhuivingen, van primaire naar secundaire productie, van regio A naar regio B. Het tempo daarvan wordt bepaald door diverse zogenoemde elasticiteiten. Zijn deze elasticiteiten laag, dit geldt bijvoorbeeld voor de substitutie van primaire naar secundaire productie, dan kunnen kostprijsverschillen lang gehandhaafd blijven. Dit weerspiegelt in feite dat er gescheiden markten zijn.*

De kostprijs van productie wordt mede bepaald door de prijs van grondstoffen. De prijzen van grondstoffen, ruwe grondstoffen zoals ertsen en gerecyclede grondstoffen zoals schroot, worden ook met STREAM berekend op basis van vraag, door de materiaalproducerende bedrijven en aanbod op de grondstoffenmarkt. De prijs van ruwe grondstoffen (ertsen e.d.) is wereldwijd gelijk (d.w.z. op elk schaalniveau in STREAM wordt dezelfde prijs gehanteerd), de prijs van gerecyclede grondstoffen kan

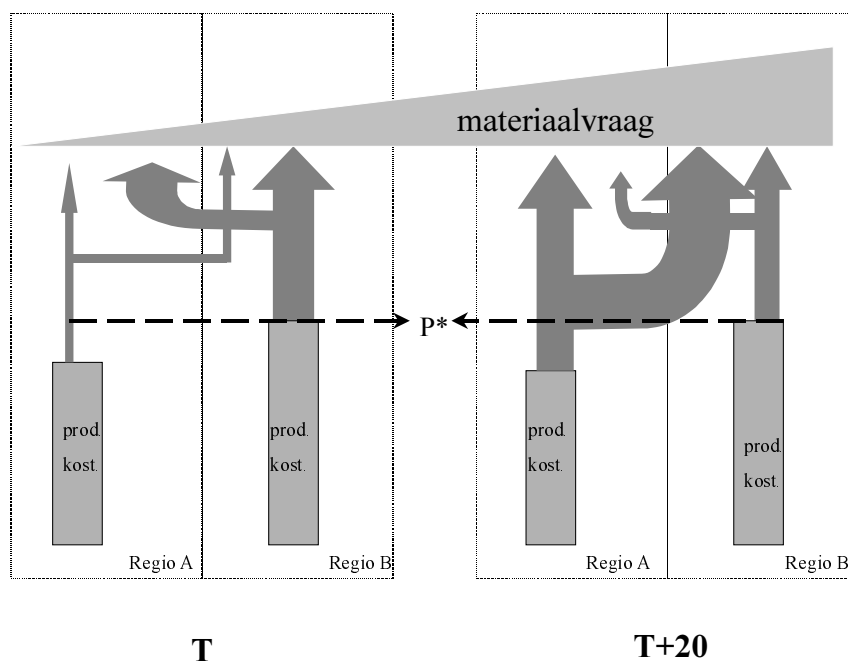
<sup>11</sup> De wereld en West Europese schaalniveau wordt in de zogenoemde West Europese module (WE) doorgerekend, het Nederlandse schaalniveau in de NL-module.

in iedere mondiale regio verschillend zijn. Binnen West-Europa is de marktprijs voor schroot in alle landen hetzelfde.

### ***De Nederlandse schaal***

Voor de Nederlandse schaal wordt bovengenoemde rekenslag herhaald. De wereldmarktprijs  $P^*$  voor een materiaal ligt opnieuw vast. De materiaalvraag voor West Europa als geheel wordt nu gespecificeerd met het Nederlandse aandeel daarin. Vervolgens wordt berekend hoe de bijbehorende productie zich verdeelt over Nederland en de rest van Europa, opnieuw als functie van de bestaande productieverdeling, kostprijsverschillen tussen aanbieders (Nederland versus de rest van West Europa, primaire versus secundaire productie) en diverse elasticiteiten.

In onderstaande figuur 3.1 wordt de werking van STREAM schematisch aangegeven.



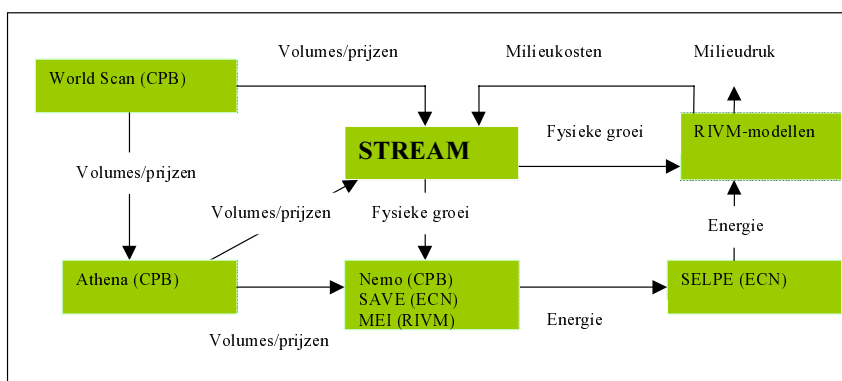
*Figuur 3.1 schematische weergave van de werking van STREAM. De materiaalvraag, gekoppeld aan de economische ontwikkeling stuurt de productie van materialen. De productie wordt verdeeld over regio's en over primaire en secundaire productie (niet getoond). STREAM laat kostprijsverschillen tussen regio's en tussen producenten van primair en secundair materiaal toe. Er kan boven of onder de wereldmarktprijs ( $P^*$ ) geproduceerd worden. Kostprijsverschillen zijn de 'driving force' voor allerlei productieverhuizingen, van primaire naar secundaire productie, van regio A naar regio B en van primaire naar secundaire productie (niet getoond). Het tempo daarvan wordt bepaald door diverse zogenoemde elasticiteiten. De figuur illustreert hoe een goedkoop producerende regio A in de loop van de tijd de productie overneemt van regio B. Door een groeiende materiaalvraag en 'traagheid' van het systeem blijft er toch productiecapaciteit gehandhaafd in regio B.*

### Model input en output

STREAM is primair ontwikkeld om materiaalstromen te beschrijven. Om het model hanteerbaar en overzichtelijk te houden, zijn in STREAM geen relaties opgenomen die de werking van de kapitaal-, arbeid- en energiemarkt beschrijven, evenmin als de markten van diverse specifieke producten. STREAM is derhalve een partieel model.

Belangrijke inputs voor STREAM zijn daarom de prijsontwikkelingen van de productiefactoren arbeid, kapitaal en energie, en macro economische ontwikkelingen (voor de wereld, West Europa en Nederland). Deze kunnen worden berekend met andere CPB modellen zoals WorldScan en Athena. De graanproductie, die input is voor de kunstmestvraag wordt berekend met het ECAM-model<sup>12</sup> van het CPB. Output van STREAM is de fysieke vraag- en productieontwikkeling van een aantal materialen op de drie eerder genoemde schaalniveaus, wereld, West Europa<sup>13</sup> en Nederland, en de ontwikkeling van grondstof- en materiaalprijzen. STREAM berekent ook de ontwikkeling in het gebruik van productiefactoren zoals energie en arbeid. In Bijlage 2 zijn enkele voorbeelden van STREAM output gegeven.

Merk op, dat de energiegebruiksontwikkelingen o.b.v. STREAM niet worden gebruikt ten behoeve van energie-specifieke analyses in het kader van Energie- en Milieuverkenningen. Daarvoor worden andere modellen gebruikt (zie Figuur 3.2; NEMO, SAVE, MEI). STREAM berekent ook geen emissies of kosten van emissiebeperkende maatregelen. Dit gebeurt met andere modellen o.b.v. STREAM output.



Figuur 3.2 De plaats van STREAM t.o.v. andere modellen

In hoofdstuk 3.3 t/m 3.5 worden de STREAM mechanismen in meer detail uitgewerkt. Achtereenvolgens wordt ingegaan op de modellering van vraag, aanbod en handelsstromen van materialen.

<sup>12</sup> CPB, afdeling Landbouw en voedingsmiddelen industrie.

<sup>13</sup> West Europa bestaat in STREAM uit de OECD landen in West-Europa.



### 3.3 De vraag naar materialen<sup>14</sup>

STREAM gebruikt de volgende geaggregeerde basisvergelijking om de vraag naar materialen [D] (op wereld-, Europese en Nederlandse schaal) te beschrijven.

$$D = D_0 * Y^{(\beta-\alpha)} * IY^\lambda * [Pe/Py]^\eta * [P/Py]^\phi \quad [1]$$

waarbij:  $D_0$  = de materiaalvraag in het startjaar,  $Y$  = de macro economische productie (het Bruto Binnenlands Product, BBP) of voor kunstmest = de graanproductie (in kg),  $IY$  = de macro investeringsquote (in constante prijzen); dit is het volume van investeringen op nationaal niveau gedeeld door het reële BBP<sup>15</sup>,  $Pe/Py$  = de reële energieprijzen en  $P/Py$  = de reële materiaalprijs (reëel houdt in gecorrigeerd voor inflatie).  $\lambda$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\eta$  en  $\phi$  zijn coëfficiënten.

In STREAM is de Nederlandse vraag naar staal, aluminium, kunststof en papier overigens **niet** gekoppeld aan de ontwikkeling van het BBP maar aan de economische groei van de materiaalvragende (productie)sectoren, zoals berekend met Athena. De groei van de sectoren wordt hierbij gewogen. Het gewicht van een vraagsector hangt af van de mate waarin deze het betreffende materiaal afneemt (Tabel 3-1). Een dergelijke gedetailleerde benadering wordt voor de Europese en wereldwijde materiaalvraag niet toegepast, om de eenvoudige reden dat er geen prognose modellen beschikbaar zijn die deze sectorstructuurontwikkeling op Europese- en wereldschaal te beschrijven.

Tabel 3-1 De Nederlandse vraag naar staal, aluminium, kunststof en (uit Athena model)

SECTOR	AANDEEL IN ONTWIKKELING V.D. VRAAG			
	staal	aluminium	kunststof	papier
Voedingsmiddelen industrie	2.5	2.5	0	10
Papierproducten industrie	0	0	0	60
Chemische producten industrie	2.5	5	80	5
Bouwmaterialen industrie	5	25	5	0
Metaalproducten industrie	47.5	50	10	0
Elektrotechnische producten industrie	15	7.5		0
Transportmiddelen industrie	10	7.5		0
Bouwnijverheid	15	0	5	0
Handel en transport	2.5	2.5	0	10
Diensten	0	0	0	10

De Nederlandse vraag naar kunstmest is óók niet gekoppeld aan de ontwikkeling van het BBP maar aan de ontwikkeling van de graanproductie:

$$D = (q_{ag}/q_{are})^{(\beta-\alpha)} * q_{are} \quad [2]$$

waarbij  $q_{are}$  het areaal is en  $q_{ag}$  de graanproductie.

De reden hiervoor is dat de intensiteit van de landbouw in Nederland een belangrijke rol speelt in de Nederlandse vraag naar kunstmest

<sup>14</sup> Dit hoofdstuk richt zich met name op de Europese (en Nederlandse materiaalvraag), dit omdat de Europese productie zich vooral richt op de Europese vraag naar materialen (er is sprake van een relatief gesloten markt).

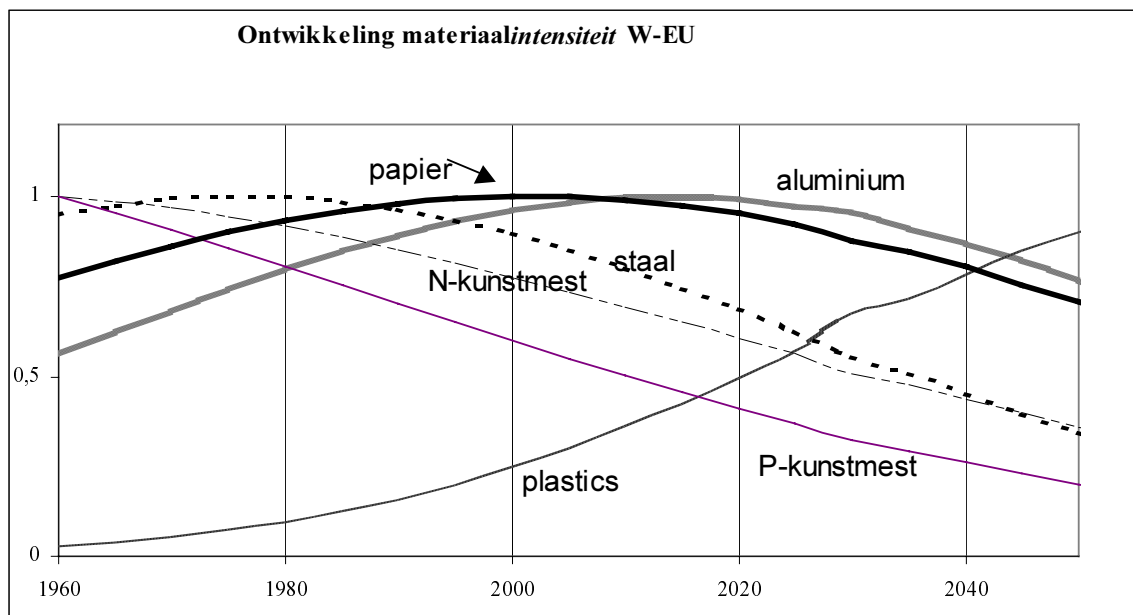
<sup>15</sup> zie bijvoorbeeld OECD, Historical Statistics., 1960-1995, Parijs.

De vergelijking beschrijft de directe vraag naar materialen. Dit is de vraag naar de belangrijkste halfabrikaten, die gemaakt zijn van een specifiek materiaal. Hieronder worden de laatste vier termen van vergelijking [1] besproken.

### **Economische groei**

Centraal in de vraagvergelijking [1] staat een 'autonome' (ont)koppeling tussen materiaalvraag en economische productie,  $D \approx Y^{(\beta-\alpha)}$ , ook wel dematerialisatie genoemd. Deze relatie beschrijft een trendmatige verandering in de economische structuur waardoor materiaalvraag en economische productie in de tijd relatief ontkoppeld zijn. De onderliggende processen voor deze ontkoppeling zijn in STREAM niet expliciet gemaakt, maar zijn gebaseerd op empirisch onderzoek. Voor referenties zie Mannaerts (2000a).

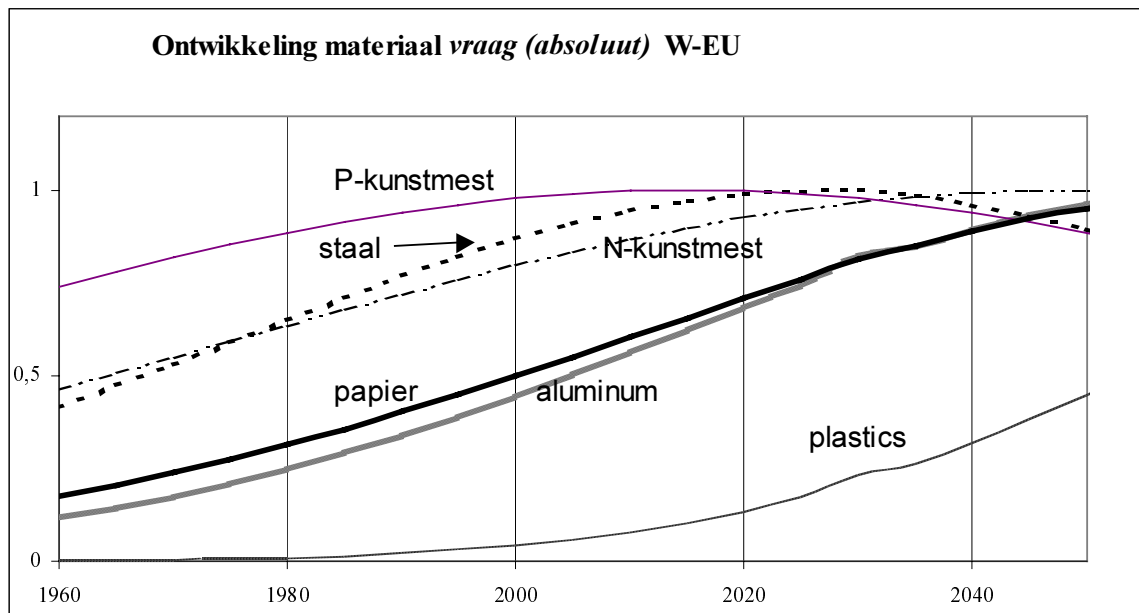
In onderstaande figuren is deze dematerialisatie trend gevisualiseerd, de waarden van de coëfficiënten  $\alpha$  en  $\beta$  staan in Tabel 3-2. De intensiteit van het gebruik van een materiaal verloopt volgens een zogenaamde omgekeerde U-curve (ook wel Kuznets-curve genoemd). De intensiteit neemt eerst toe (innovatiefase; veel nieuwe toepassingen; dalende prijzen), stabiliseert (geen nieuwe toepassingen; verzadiging van de markt) en neemt daarna af (verzadiging; verhoging van de materiaal-efficiency; alternatieve materialen). De positie op de materiaalintensiteitscurves bepaalt sterk hoe de materiaalvraag (D) reageert op een verandering in de macro-economische groei (Y).



Figuur 3.3 Verloop van de materiaalintensiteit in West Europa volgens vergelijking [1]. De intensiteit is de materiaalvraag ten opzichte van de macro economische groei (BBP) en wordt uitgedrukt in kg materiaal/gulden macro economische productie (Y). De maxima van de curves zijn geschaald op een waarde van 1, dit maximum geeft het 'verzadigingspunt' aan waarbij de materiaalvraag per eenheid BBP niet verder groeit. De curves zijn geconstrueerd op basis van de volgende veronderstellingen; startjaar 1960, een constante jaarlijkse economische groei van 2%, graanproductiegroei van 1%/yr, materiaalprijsdaling van 1%/yr en investeringsgroei van 1%/yr. Parameters uit Tabel 3-2.

De  $\alpha$  en  $\beta$  parameters in STREAM (Tabel 3-2) voor de drie gehanteerde schaalniveaus zijn bepaald op basis van tijdreeksen over de tijdspanne 1960-1993. Deze tijdspanne wordt voldoende geacht om de materiaalvraagvergelijking ook toe te passen voor prognoses over een even lange periode.

In figuur 3.4 is de materiaalintensiteitsontwikkeling vertaald naar de absolute ontwikkeling van de materiaalvraag. De vraagontwikkeling zoals geschetst in deze figuur is sterk bepalend voor de met STREAM berekende productieontwikkelingen.



Figuur 3.4 Verloop van de materiaalvraag (in kg) in West Europa volgens vergelijking [1]. Voor de leesbaarheid zijn de maxima van de curven geschaald op een waarde van 1 (voor plastics buiten het bereik van de x-as). De curves zijn geconstrueerd op basis van de volgende veronderstellingen; startjaar 1960, een constante jaarlijkse economische groei van 2%, graanproductiegroei van 1%/yr, materiaalprijsdaling van 1%/yr en investeringsgroei van 1%/yr. Parameters uit Tabel 3-2.

Figuur 3.4 laat zien dat tussen nu en 2020 de materiaalvraag van West-Europa nog steeds toeneemt maar afhankelijk van het materiaal in sterk verschillende tempo's.

Voorbeeld 1: de Europese economie groeit met 25%, dit is ruwweg de groei tussen 2020 en 2030 bij een groeitempo van 2% per jaar. Uit figuur 3.3 en 3.4 volgt dat de materiaalvraag toeneemt in de volgorde polymeren (>50%) > economische groei (+25%) > aluminium > papier > staal > kunstmest (+0-5%)

Tabel 3-2 Parameters in de materiaalvraagvergelijking [1] (zie verder Mannaerts, 2000a)

	NEDERLAND		WEST EUROPA		WERELD-DC		WERELD-LDC	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
Staal	0.01	0.7	0.01	0.9	0.01	1.1	0.008	1.2
Aluminium	0.01	3.1	0.01	2.05	0.015	2.2	0.02	2.5
Monomeren/Polymeren	0.01	3.8	0.015	4	0.01	4	- &	-
Oplosmiddelen	0.0015	2.25	0.0075	2.2	0.01	2.25	-	-
Papier <sup>#</sup>	0.0125	1.75	0.0125	1.1	0.01	2.25	-	-
N-kunstmest	0.015	0.5	0.01	1.75	0.01	3.5	0.01	3.25
P-kunstmest	0.025	0	0.01	1.1	0.01	2	0.01	3
K-kunstmest	0.025	0	0.01	0.8	0.01	2.5	0.01	3.5

# voor papier zijn gemiddelde  $\alpha$ -waarden gegeven. In het model wordt voor de periode t/m 1995 een waarde van 0.0025 gehanteerd. Tussen 1995 en 2020 is verondersteld dat de elasticiteit daalt met 0.0125%/yr (=  $\alpha$ -waarde) door de digitalisering van informatie. Na 2020 is verondersteld dat  $\alpha = 0.01$

& In Stream ontbreken gegevens over de vraag naar papier en petrochemische producten in de niet-OECD landen. Dit kan tot een onderschatting van de wereldwijde materiaalvraag leiden.

De materiaalvraag in Nederland (niet getoond) is voor de meest materialen iets sterker ontkoppeld van de economische groei dan in Europa. Voor de berekening van de productieniveaus van de Nederlandse basisindustrie is de Nederlandse materiaalvraag van beperkt belang, omdat de productie grotendeels voor de export bestemd is. In paragraaf 3.4 wordt hier nader op ingegaan.

Het ontkoppelingsproces tussen economische groei en de materiaalvraag verloopt niet gelijkmatig maar met schokken en kan tijdelijk of permanent vertraagd of versneld worden door veranderende economische condities. De overige termen in vergelijking [1] representeren het effect op de materiaalvraag van een aantal van die economische condities.

### ***Materiaalschaarste en materiaalprijis***

De prikkel om al dan niet zuinig om te springen met materialen wordt gevormd door de relatieve hoogte van de materiaalprijis. De term  $[P/Py]^\phi$  representeert dit effect. De waarden van de elasticiteiten voor EU en NL (zie Mannaerts, 2000) variëren tussen -0.2 en -0.5. Dit houdt in dat met een stijging van de materiaalprijis van 1% de vraag met 0,2 tot 0,5% ( $\phi=-0.2$  en  $0,5$ ) daalt. Er is dus een forse stijging van de materiaalprijis nodig om de materiaalvraag enigszins in toom te houden. Dit hangt samen met de unieke eigenschappen van de diverse materialen waardoor slechts in beperkte mate substitutie met andere materialen mogelijk is.

### ***Energieprijis geïnduceerde structuurverandering***

De energieprijis beïnvloedt de materiaalvraag op twee manieren: op een directe manier door de stijgende materiaalprijis ten gevolge van de gestegen energiekosten in de materiaalproductie en op een indirecte manier door een veranderende samenstelling en materiaalinhoud van de finale producten. Een voorbeeld van het indirecte effect is het effect van de benzineprijis op de materiaalinhoud en samenstelling van auto's met het doel het gewicht te verminderen. Het directe effect van de energieprijis op de materiaalvraag loopt via de eigen prijs van het materiaal (dat wil zeggen via de in aanbodzijde van het model berekende kostprijis, zie paragraaf 3.4). Het indirecte effect wordt in de vraagvergelijking [1] gemodelleerd met de term  $[Pe/Py]^n$ . De indirecte gevoeligheid van de materiaalvraag voor de energieprijis is klein. Bij een verdubbeling van de energieprijis daalt de vraag naar materialen met maximaal slechts 7%. Het directe effect van een verdubbeling van de energieprijis kan echter groter zijn. De vraag naar polymeren en oplosmiddelen daalt in dat geval met 20% à 30% omdat de kostprijis en daardoor de prijs van deze producten toeneemt.

### ***Conjunctuur effecten***

De economie ontwikkelt zich in de praktijk verre van gelijkmatig. Periodes van hoge economische groei worden afgewisseld met periodes van economische stagnatie. In een aantrekkende economie neemt het materiaalverbruik sterk toe omdat dan de kapitaalgoederenvoorraad in de vorm van machines en gebouwen vernieuwd en uitgebreid wordt. Met name de staalvraag reageert op deze ontwikkeling van de conjunctuur. In een neergaande economie is de vraag naar materialen juist relatief laag. Het effect van de conjunctuur op de materiaalvraag wordt weergegeven door de term  $[IY]^\lambda$ . Een toenemende investeringsquote leidt in het model dus tot een stijgende materiaalvraag.  $\lambda$  coëfficiënten worden gegeven in Mannaerts (2000a). Deze extra term in vergelijking [1] is nodig omdat de nationale bestedingen die gefinancierd worden uit het BBP zijn opgebouwd uit de vraag naar consumptiegoederen en investeringsgoederen. De term  $[IY]$  corrigeert voor het feit dat de 'samenstelling' van de nationale bestedingen verandert. De onderliggende vraag naar

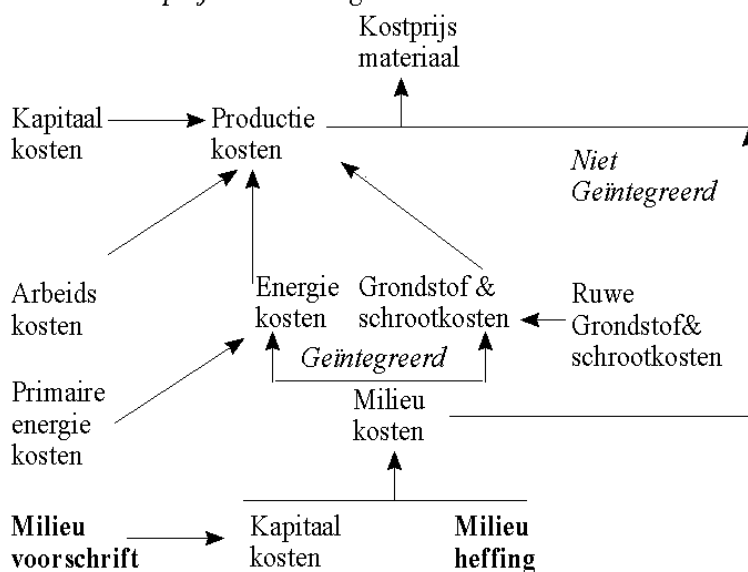
investeringsgoederen kan bij eenzelfde ontwikkeling van het BBP heel anders lopen dan de vraag naar consumptiegoederen.

### 3.4 De kostprijs en het aanbod van materialen

#### *Algemeen*

De berekening van de kostprijs van de productie van een materiaal staat centraal in STREAM. Zoals in figuur 3.5 is weergegeven is de kostprijs de som van de kosten van de productiefactoren kapitaal, arbeid en energie, de kosten voor milieumaatregelen en de kosten voor grondstoffen<sup>16</sup>. In dit hoofdstuk worden deze kosten besproken en ook de substitutiemechanismen die de kostprijs verlagen. Dit laatste betreft bijvoorbeeld de vervanging van arbeid door kapitaal (bijvoorbeeld automatisering).

#### *Relaties in de kostprijsberekening van materialen*



*Figuur 3.5 opbouw van de kostprijs van materialen*

#### ***Productiekosten: aandelen van de diverse productiefactoren***

De kosten van productie worden voor een belangrijk deel bepaald door de kosten van de productiefactoren arbeid, energie en kapitaal<sup>17</sup>:

$$P_c = \sum_i [P_i * F_i * T] \quad [3]$$

waarbij  $P_c$  de totale kostprijs van productie is,  $P_i$  de prijs van productiefactor  $i$  (arbeid, energie, kapitaal),  $F_i$  de factorintensiteit en  $T$  de productie.

Voorbeeld:

De productiekosten a.g.v. arbeid zijn:  $P_{\text{arbeid}} \text{ (kfl/mensjaar)} * F_{\text{arbeid}} \text{ (mensjaar/ton staal)} * P \text{ (ton staal)}$ .

<sup>16</sup> In de wereldmodule wordt de kostenstructuur op een meer geaggregeerde manier beschreven, energiekosten worden apart onderscheiden, maar kapitaal en arbeid worden samen genomen, milieukosten spelen geen rol. Ook bevat de wereldmodule niet de in hoofdstuk beschreven jaargangenstructuur. De jaargangenstructuur wordt in de wereldmodule vereenvoudigd benaderd door een grote tijdsvertraging op te leggen in de doorwerking van prijsontwikkelingen in kostprijsveranderingen.

<sup>17</sup> Daarnaast bepalen grondstof- en milieukosten de uiteindelijke kostprijs (op deze twee kosten wordt verderop ingegaan).

Tabel 3-3 geeft de relatieve aandelen van deze productiefactoren in de productiekosten. Energie is hierbij onderscheiden in het gebruik van energiedragers voor energie-opwekking en gebruik als grondstof (non-energetisch). Typerend voor de zware basisindustrie zijn de hoge kapitaalkosten. De energiekosten bedragen 2-44% van de productiekosten.

Tabel 3-3 Relatieve aandeel productiefactoren en grondstoffen in de productiekosten in 1995 in Nederland <sup>1)</sup>

%	ENERGIE			GRONDSTOF	ARBEID	KAPITAAL
	Totaal	Energetisch	Non energetisch			
STAAL PRIMAIR	14	10	4	6	26	54
STAAL SECUNDAIR	13	9	4	10	27	50
PAPIER PRIMAIR	7	7	0	25	30	38
PAPIER SECUNDAIR	4	4	0	22	31	43
ALUMINIUM PRIMAIR	35	24	11	8	25	32
ALUMINIUM SECUNDAIR	6	6	0	42	23	29
PETROCHEMIE; monomeren	44	21	23	0	21	35
PETROCHEMIE; polymeren	2	2	0	50	25	23
KUNSTMEST; FOSFAAT	13	13		26	17	44
KUNSTMEST; STIKSTOF	36	16	20	0	16	48

1) Tabel 5-1 geeft een indicatie van het aandeel van milieukosten, deze bedragen 0,5-2% van de productiekosten

### **Productiekosten: verlaging door efficiencyverbeteringen**

Voor nieuwe jaargangen<sup>18</sup> dalen de zogenoemde factorintensiteiten, d.i. de inzet van arbeid, energie en kapitaal per eenheid fysieke productie, onder invloed van technologische ontwikkeling jaarlijks met 1-3% (zie Tabel 3-4). Dit houdt in dat wanneer andere factoren constant blijven (bijvoorbeeld de kosten voor arbeid) de reële productiekosten door nieuwe jaargangen eveneens jaarlijks 1-3% autonoom dalen. De grondstofinzet per eenheid product, bijvoorbeeld de hoeveelheid erts per ton staal, is een constante.

Tabel 3-4 Autonome verlaging van de kostprijs van materialen geproduceerd in nieuwe jaargangen

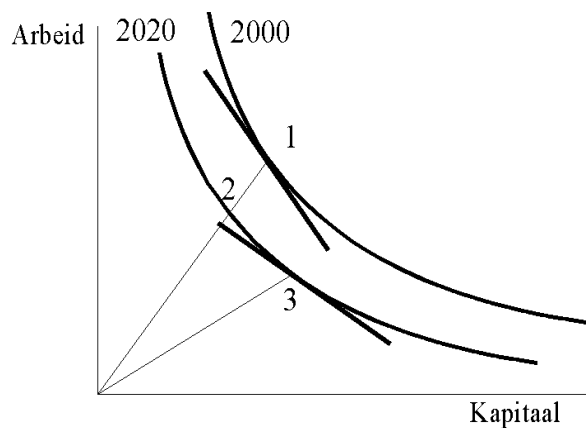
Materiaal	% daling/jaar	Materiaal	% daling/jaar
Staal (primair/secundair)	1.75	Papier (primair/secundair)	2
Aluminium (primair/secundair)	1	Stikstof	1.5
Monomeren	1	Fosfaat	1.25
Kunststoffen	3	Kalium	1.5

*De in Tabel 3-4 gegeven autonome kostprijsverlaging van nieuwe jaargangen bepalen in sterke mate in hoeverre kostprijsverhogende ontwikkelingen 'gebufferd' kunnen worden door efficiencyverbetering, waaronder hogere energie-efficiency, van productie. De jaarlijkse kostendaling van nieuwe jaargangen is bepaald door de met STREAM berekende kostprijsontwikkeling van materialen, o.b.v ontwikkeling in input-prijzen, te kalibreren op gemonitorde ontwikkelingen in de marktprijzen van materialen.*

Figuur 3.6 illustreert deze autonome kostprijsverlaging in de periode 2000-2020. De kromme curves geven de diverse efficiënte<sup>19</sup> technieken weer waaruit een ondernemer kan kiezen in het jaar 2000 en in het jaar 2020. De rechte lijnen geven de heersende prijsverhouding in die jaren weer. In het jaar 2000 zal de ondernemer bij een zekere prijsverhouding tussen kapitaal en arbeid kiezen voor de optimale kapitaal- en arbeidinzet zoals weergegeven in punt 1. Tussen 2000 en 2020 zal door technologische vooruitgang steeds minder kapitaal en arbeid nodig zijn (Tabel 3-4). Hierdoor schuift

<sup>18</sup> In hoofdstuk 3.2.1 wordt kort beschreven wat onder een nieuwe jaargang wordt verstaan.

de curve naar de oorsprong. Bij een onveranderde prijsverhouding zal punt 2 de optimale inzet van kapitaal en arbeid weergeven.



Figuur 3.6 Iso-productiecurve in STREAM, de curve schets de mogelijkheden om een product met verschillende kapitaal/arbeidsverhoudingen te maken. Punten 1 en 3 geven het minimale kostenpunt aan

In een STREAM variant kan de ontwikkeling van de prijsverhouding van productiefactoren echter afwijken van de geschetste autonome ontwikkeling. In Tabel 3-5 is hiervan een voorbeeld gegeven waarin een reële loonstijging van 2% per jaar is verondersteld (uit basisscenario, Mannaerts 2000a). Door de reële loonstijging is het winstgevend voor de ondernemer om in nieuwe jaargangen te kiezen voor een productietechniek in punt 3 (figuur 3.6), die minder arbeid maar meer kapitaal gebruikt. Tabel 3-5 laat zien dat de factorintensiteit van arbeid daardoor veel sterker daalt dan de autonome trend uit Tabel 3-4, terwijl de factorintensiteit van kapitaal daarbij juist ver achterblijft.

Tabel 3-5 Daling factorintensiteiten (%/jaar) in Nederland tussen 2000 en 2020

SECTOR	FACTORINTENSITEITEN		
	Kapitaal	Arbeid	Energie #
	% daling per jaar 2000-2020		
Staal primair	1.1	3.4	1.7
Staal secundair	0.8	2.8	1.5
Papier primair	0.9	4.6	2.3
Papier secundair	0.9	4.6	2.3
Aluminium primair	0	2.5	1
Aluminium secundair	0	2.5	1
Petrochemie – monomeren	0.2	2.4	1
Petrochemie – polymeren	1.9	4.0	2.8
Kunstmest – fosfaat	0.7	3.0	1.5
Kunstmest – stikstof	0.3	3.5	1

# alleen het substitueerbare gedeelte van energie, d.w.z. boven het thermodynamisch minimum

Het effect van de veronderstelde loonstijging op het energiegebruik is heel beperkt omdat arbeid en energie in de basis-industrieën slechts in beperkte mate substituten van elkaar zijn (zie Tabel 3-7).

<sup>19</sup> Efficiënt betekent hier dat er geen andere techniek beschikbaar is waarmee met minder arbeid én kapitaal toch evenveel geproduceerd kan worden.



### **Productiekosten: productiefactoren en elasticiteiten**

In de bovenstaande paragraaf is beschreven dat productiefactoren in *nieuwe* jaargangen<sup>20</sup> in zekere mate uitwisselbaar zijn. Arbeid kan b.v. vervangen worden door kapitaal (automatisering), en energie door kapitaal (energiebesparingsmaatregelen). Ook bij brandstoffen is er substitutie tussen kolen, olie en gas mogelijk in STREAM. Deze substitutie is procesgeïntegreerd in de zin dat de overig inputs, zoals kapitaal en arbeid ook veranderen. De mate waarin dit plaatsvindt hangt af van de gevoeligheid voor substitutie, de substitutie-elasticiteit. De kromming van de curves in Figuur 3.6 illustreren zo'n substitutie-elasticiteit voor arbeid en kapitaal.

Achtereenvolgend wordt de werking van zogenoemde 'eigen' en 'kruislingse' prijselasticiteiten in STREAM toegelicht. Allereerst geeft Tabel 3-6 de gevoeligheid van de productiefactoren voor een verandering van de *eigen* prijs weer.

Tabel 3-6 Eigen prijselasticiteiten van arbeid, kapitaal en energie in STREAM

SECTOR	PRODUCTIEFACTOREN					
	Arbeid	Kapitaal	Steenkool	Elektriciteit	Olie	Gas
PRIMAIR						
Staal	-0.75	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7
Aluminium	-0.8	-0.85	-1	-0.8	-1	-1
Petrochemie Monomeren	-0.75	-0.9	-	-	-0.7	-
Petrochemie Polymeren	-0.5	-0.6	-	-	-0.6	-
Papier	-1.5	-0.7	-0.5	-1	-1	-0.6
Kunstmest Stikstof	-1.1	-0.5	-	-1	-	-0.9
Kunstmest Fosfaat	-1	-0.5	-	-1	-	-0.9
Kunstmest Kalium	-1	-0.5	-	-1	-	-0.9
SECUNDAIR						
Staal	-0.7	-0.55	-	-0.6	-0.7	-0.7
Aluminium	-0.8	-0.65	-	-1	-0.95	-1
Papier	-1.5	-0.7	-0.5	-1	-1	-0.6

Tabel 3-6 laat zien dat de meeste productiefactoren reageren op een verandering in de prijs van de betreffende productiefactor. Als voorbeeld, een 1% toename van de loonvoet in de staalproductie leidt tot 0,75% daling van de vraag naar arbeid per eenheid product en per saldo tot een stijging van de arbeidskosten met 0,25%. Een ander voorbeeld, 1% loonvoetstijging in de papierindustrie leidt tot 1,5% daling van de vraag naar arbeid, ergo de arbeidskosten dalen per saldo met 0,5%.

Tabel 3-6 laat *niet* zien met welke productiefactoren de substitutie plaats vindt. In het genoemde voorbeeld waarin de loonvoet stijgt, zullen door substitutie van arbeid door kapitaal de kapitaalskosten gelijktijdig toenemen. Tabel 3-7 geeft een gemiddelde indicatie voor alle materialen van de zogenaamde kruislingse prijselasticiteiten, die weergeven hoe gevoelig de inzet van een productiefactor is voor de verandering van de prijs van een andere productiefactor. Uit de tabel blijkt dat arbeid alleen goed substitueerbaar is met kapitaal. Verder is elektriciteit goed substitueerbaar met kapitaal en primaire energiedragers. De primaire energiedragers zijn onderling zeer goed substitueerbaar en zijn bovendien goed substitueerbaar met elektriciteit en kapitaal. Tenslotte blijkt ook dat kapitaal goed substitueerbaar is met alle overige productiefactoren.

<sup>20</sup> In hoofdstuk 3.2.1 wordt kort beschreven wat onder een nieuwe jaargang wordt verstaan.

Tabel 3-7 Indicatie van de kruislingse prijs-elasticiteiten.

	ARBEID	KAPITAAL	STEENKOOL	ELECTRICITEIT	OLIE	GAS
Arbeid		+	0	0	0	0
Kapitaal	+		+	+	+	+
Steenkool	0	+		+	++	++
Elektriciteit	0	+	+		+	+
Olie	0	+	++	+		++
Gas	0	+	++	+	++	

0 - geen of weinig substitutie mogelijk, + - goede substitutie mogelijk

++ - zeer goede substitutie mogelijk

*Voorbeeld 2: (Mannaerts, 2000a; variant 2) De loonkosten stijgen met 25%. Op basis van Tabel 33 kan een 1e orde inschatting worden gemaakt van de doorwerking op de productiekosten. De kostprijs stijgt het minst (+4%) in de kunstmestproductie omdat het aandeel van arbeidskosten in de productiekosten het laagst is, en het meest in de papierindustrie (+7%). Doorrekening met STREAM (Mannaerts, 2000a, Variant 2) geeft o.i.v. substitutiemechanismen een kostprijsverhoging met resp. 3 en 6%.*

### **Kostprijs: milieukosten<sup>21</sup>**

Milieuheffingen en -voorschriften veroorzaken additionele productiekosten voor de ondernemer. Voorschriften dwingen de ondernemer tot milieu-investeringen, terwijl heffingen de ondernemer de keuze laat te investeren in milieubeschermdende maatregelen of een heffing te betalen over de emissies. In het laatste geval zal een ondernemer alle maatregelen nemen waarvan de marginale kosten lager zijn dan de marginale opbrengsten, d.w.z. de uitgespaarde heffing.

In STREAM worden twee typen milieukosten onderscheiden (zie Figuur 3-4). Ten eerste de zogenoemde *niet procesgeïntegreerde* milieukosten. Dit zijn kosten voor bijvoorbeeld zuiverings-technieken (rookgasreiniging, filters, waterzuivering) waarbij aanpassing van het productieproces niet leidt tot reductie van de milieukosten (per eenheid product). Deze kosten worden in STREAM opgeteld bij de totale productiekosten. Daarnaast zijn er milieukosten die verminderd kunnen worden door de productiviteit van energie en grondstoffen te verbeteren, zoals kosten van energie-, grondstoffen emissieheffingen. Deze kosten<sup>22</sup> kunnen in STREAM *geïnternaliseerd* worden door ze bij de prijs voor energie of grondstoffen op te tellen. Via de eerder beschreven substitutiemechanismen in STREAM leiden dergelijke milieukosten tot een verandering van het brandstofpakket en/of het energieverbruik in de richting van de laagste kosten voor de ondernemer. In hoofdstuk 5 worden voorbeelden van beide typen milieukosten (en effecten) gegeven. In hoofdstuk 5.2 (Tabel 5-1) is aangegeven dat nú de milieukosten voor de basisindustrieën in Nederland globaal 1-2% van de productiekosten bedragen en dat de milieukosten in Nederland niet significant hoger zijn dan in het buitenland (Europa).

### **Kostprijs: ruwe grondstoffen- en schrootkosten**

De kostprijs van materiaalproductie wordt mede bepaald door de prijs van grondstoffen. De prijzen van grondstoffen, onderscheiden naar ruwe grondstoffen zoals ertsen en gerecyclede grondstoffen zoals schroot, worden ook met STREAM berekend. Dit gebeurt, net als voor materialen, op basis van

<sup>21</sup> Bron: Mannaerts (CPB), 'Specificatie van milieukosten in STREAM'.

<sup>22</sup> Merk op, dat energiebesparingsmaatregelen (als reactie op bijvoorbeeld een energieheffing) formeel niet als milieukosten worden gerekend wanneer de terugverdientijd < 3jaar is (volgens Methodiek Milieukosten, VROM, 1994).

de vraag naar grondstoffen door de materiaalproducerende bedrijven en het aanbod door de grondstofproducerende industrieën (oliewinning, houtwinning en mijnbouw voor de ruwe grondstoffen en de recycling industrie voor secundaire grondstoffen). De grondstofprijs bepaalt het evenwicht tussen vraag en aanbod.

Voor secundaire grondstoffen berekent STREAM het jaarlijkse aanbod van potentieel recyclebaar materiaal op basis van de berekende materiaalvraag uit een eerder tijdvak. Hierbij wordt rekening gehouden met een, materiaalafhankelijke, verblijftijd in de economie, zie tabel 3-8. STREAM hanteert kostencurves (niet getoond) waarbij de terugwinkosten van materiaal uit afval exponentieel toenemen met de recyclingsgraad, waardoor 100% recycling niet zal optreden.

Omdat de meeste grondstoffen nog overvloedig aanwezig zijn en technologische ontwikkeling de (terug)winningskosten reduceert verwacht STREAM dat er op de hier beschouwde tijdschaal ( $t+30$ ) geen grondstofprijsstijgingen door schaarste optreden<sup>23</sup>.

*Tabel 3-8: door STREAM gehanteerde gemiddelde verblijftijd in de economie van materialen*

	VERBLIJFTIJD (JAREN)
Aluminium	10
Staal	10
Papier	2
Polymeren (plastics)	5

<sup>23</sup> Base line scenario uit Mannaerts (2000a).

## 3.5 Internationale materiaalmarkten en handelsstromen

### 3.5.1 Marktevenwicht en prijsvorming, de praktijk

De prijzen voor *grondstoffen* en *materialen* komen tot stand op de *mondiale markten*, terwijl de schrootprijzen in sterke mate *regionaal* bepaald worden. Voor grondstoffen en materialen bepalen de mondiale vraag- en het aanbodcondities de marktprijs en de afzet op de wereldmarkt. Een hoge marktprijs heeft een matigende invloed op de vraag en stimuleert het aanbod en omgekeerd stimuleert een lage prijs de vraag en ontmoedigt het aanbod. Regionale en nationale economische en beleidscondities bepalen de kostprijs van de regionale en nationale winning van grondstoffen en de productie van materialen. Zijn de specifieke economische en beleidscondities van een land of regio gunstig en liggen de productiekosten onder de marktprijs dan zal het aanbod van dat land of regio op de wereldmarkt relatief groot zijn. Landen met een sterk comparatief voordeel in de winning van grondstoffen of de productie van materialen zullen een groot aandeel van de wereldmarkt naar zich toe trekken.

Op regionaal en nationaal niveau zijn vraag en aanbod in het algemeen niet met elkaar in evenwicht. De regionale en nationale vraag wordt bepaald door de mondiale marktprijs en het aanbod door het verschil tussen de mondiale marktprijs en de regionale en nationale kostprijzen. De regionale en nationale verschillen tussen vraag en aanbod worden gecompenseerd door handelsstromen van en naar het buitenland.

Voor *schroot* worden de marktprijzen primair bepaald door de regionale vraag- en de aanbodcondities. Hoewel schroot ook interregionaal verhandeld wordt ligt het zwaartepunt van zowel vraag als aanbod in de dichtbevolkte industriële centra. De hoge transportkosten ten opzichte van de lage waarde van schroot maakt het economisch aantrekkelijk de verwerking zo dicht mogelijk bij de inzamelingspunten te situeren.

De economische en beleidscondities van de landen in een specifieke regio bepalen de kostprijs van de terugwinning van schroot. Verschillen tussen de nationale kostprijs en de regionale marktprijs bepalen de nationale productie van secundaire materialen. Dichtbevolkte landen met een efficiënt inzamelingsbeleid zullen in het algemeen lagere inzamelingskosten hebben en daardoor meer schroot terugwinnen. Daardoor is het schrootaanbod in het algemeen niet gelijk aan de binnenlandse vraag. Handelsstromen van het ene land naar het andere compenseren deze verschillen.

De marktprijzen voor schroot tussen de regio's zullen in het algemeen ook van elkaar verschillen. Dit kan handelsstromen tussen regio's op gang brengen waardoor de prijsverschillen als gevolg van regionale (relatieve) tekorten en overschotten minder zullen worden.

### 3.5.2 Handelsstromen in STREAM

#### *Allocatie van het materiaalaanbod (productie) in 1995 in STREAM*

Gegeven een bepaalde wereldwijde materiaalvraag berekent STREAM de allocatie van de bijbehorende productie<sup>24</sup>. Die allocatie vindt plaats over regio's, eerst over West Europa en de rest

---

<sup>24</sup> Dit is vereenvoudigd gesteld, vraag en aanbod worden op elkaar afgestemd (evenwichtsberekening) door de materiaalprijzen, de gevoeligheid van de materiaalvraag voor de prijs is echter betrekkelijk gering (zie hoofdstuk 3.3).

van de wereld (via de WE module) vervolgens over NL en de rest van West Europa (via de NL module). De bestaande productieverdeling, kostprijverschillen tussen aanbieders (West Europa versus de rest van de wereld, primaire versus secundaire productie) en diverse elasticiteiten bepalen de uiteindelijke allocatie. Tabel 3-9 geeft de situatie (o.b.v. STREAM berekeningen) van materiaalvraag, -aanbod, -import, en -export in 1995 weer. De tabel laat zien dat de West Europese markt voor de meeste materialen vrij gesloten is, dat wil zeggen dat de West Europese producenten vooral produceren voor de thuishandelsmarkt en er weinig geïmporteerd wordt van buiten West Europa. Uitzondering vormen aluminium en fosfaat-kunstmest; deze worden voor 55% respectievelijk 40% geïmporteerd. Uit Tabel 3-10 blijkt dat de Nederlandse productie zeer sterk op de export is gericht.

*Tabel 3-9 Productie, vraag, export en import van basismaterialen in West Europa (WE) (1995) uit STREAM*

mld kg	PRODUCTIE WE	VRAAG WE	EXPORT	IMPORT
Staal	162	130	42	10
Aluminium	5.4	7.1	2.2	3.9
Papier	73	68	9	4
Petrochemie; monomeren	26	32	1.5	7
Petrochemie; polymeren	18	18	1	1
Kunstmest – fosfaat	2.5	3.7	0.2	1.4
Kunstmest – stikstof	10	10	2	2

*Tabel 3-10 Productie, vraag, export en import van basismaterialen in Nederland (NL) (1995) uit STREAM*

Mld kg	PRODUCTIE NL	VRAAG NL	EXPORT	IMPORT
Oxystaal	6.6	4.1	7	4.5
Elektrostaal	0.35	1.3	0.1	1.1
Aluminium	0.42	0.27	0.37	0.21
Papier	3	4	2	3
Petrochemie; monomeren	3.3	1.7	3.1	1.5
Petrochemie; polymeren	1.6	1.6	1.0	0.9
Kunstmest – fosfaat	0.16	0.07	0.14	0.05
Kunstmest – stikstof	2.4	0.4	2.2	0.2

*Voorbeeld 3 : (o.b.v. variant 1 Mannaerts, 2000a) de Europese economie groeit met 20%, dit is ruwweg de groei tussen 2000 en 2010 bij een groeitempo van 2% per jaar. De materiaalvraag neemt toe in de volgorde plastics (polymeren) > oplosmiddelen > economische groei > aluminium > papier > staal > kunstmest. Uit Tabel 3-9 valt af te leiden dat aan deze vraag vrijwel volledig wordt voldaan door toenemende productie in Europa, met uitzondering van aluminium, en in minder mate P-kunstmest, waar ook een stijgende import bijdraagt aan de groeiende vraag. Tabel 3-10 laat zien dat een stijgende materiaalvraag in alleen Nederland beperkte invloed heeft op de materiaalproductie in Nederland, die immers vooral voor de export is.*

De handelsstromen van schoot (schrootaanbod, -vraag, -import en -export) zijn in STREAM beschikbaar, maar worden hier niet verder uitgewerkt.

### *Verschuiving van de productie*

De gevoeligheid van de allocatie van de productie voor kostprijsveranderingen hangt (in STREAM) af, van i) de hierboven beschreven verdeling van productie, import en export over regio's in een basisjaar en ii) van de zogenoemde import- en exportelasticiteiten. Deze elasticiteiten beschrijven de mate waarin import en export reageren op verandering van de kostprijs van een materiaal, en worden gegeven in Tabel 3-11.

*Tabel 3-11 Prijselasticiteiten van im- en export van basismaterialen voor West Europa en Nederland*

	W-EUROPA		NEDERLAND			
	EXPORT	IMPORT	EXPORT		IMPORT	
			PRIMAIR	SECUNDAIR	PRIMAIR	SECUNDAIR
STAAL	-4	2	-7,5	-4	4	2
ALUMINIUM	-3	2	-8	-8	6	6
PETROCHEMIE MONOMEREN	-5	4	-10	-	8	-
PETROCHEMIE POLYMEREN	-5	2	-8	-	4	-
PAPIER	-2	2	-8	-8	5	5
KUNSTMEST-STIKSTOF	-4	4	-10	-	8	-
KUNSTMEST-FOSFAAT	-4	4	-8	-	10	-

import elasticiteit van 2 houdt in dat 1% kostprijsstijging leidt tot  $1/0.98 = 1.02$  is 2% import toename

Tabel 3-11 laat zich als volgt lezen; als voorbeeld de primaire staalproductie in Nederland. Bij een kostenstijging van 6% daalt de exportindex van 1 naar  $100/(100+6*7,5) = 1/1,45 = 0,69$ . De export daalt met 30%. Omgekeerd, bij een kostendaling van 6% voor staal in Nederland stijgt de index van de exportquote van 1 naar 1,45 d.i. een stijging van 45% van de export.

De tabel geeft aan dat de Nederlandse export veel kostprijsgevoeliger is dan de West Europese. Dit is logisch, immers binnen West Europa is de Nederlandse dure productie substitueerbaar voor goedkopere productie elders in West Europa. De West Europese markt als geheel is veel meer gesloten, aan de vraag wordt -ook bij een hogere kostprijs- grotendeels voldaan door productie in West Europa.

*De import-export elasticiteiten sturen in sterke mate de door STREAM berekende productie-allocatie (zie Voorbeeld 4). De elasticiteiten in Tabel 3-11 zijn afgeleid o.b.v. statistische analyses op koersfluctuaties en de respons van de handelsstromen daarop.*

***Trouw, 2 januari 2001: ...** “ In de Verenigde Staten heeft eind vorige week LTV, de vierde staalfabrikant van de VS, uitstel van betaling gekregen. Waar Corus last heeft van het dure Britse pond, dat buitenlands staal aantrekkelijker maakt voor met name de automobiel-fabrikanten, daar lijdt LTV onder de dure dollar en de import van zeer goedkoop Chinees staal”.*

Uit Tabel 3-11 valt af te lezen dat de *import* van materialen minder sterk reageert op kostprijsstijgingen, 1% kostprijs verhoging van staal in West Europa leidt tot circa 2% extra materiaal import uit andere regio's. Anders gezegd, de 'thuismarkt' voor materialen is dus minder prijsgevoelig dan de exportmarkt; de binnenlandse afnemer hecht aan zijn leverancier.

*Voorbeeld 4 (variant 2 Mannaerts,2000a): 25% hogere arbeidskosten leiden in de staal-industrie tot circa 5% kostprijsverhoging. Op Europese schaal kan op basis van Tabel 3-11 het volgende worden afgeleid. De exportquote voor West Europa daalt van 1 naar  $100/(100+5*4) = 0,83$ ; de West Europese export daalt met 17%. Tegelijkertijd neemt de importquote toe van 1 tot  $(100+5*2)/100 = 1,1$ . Uit Tabel 3-9 valt af te lezen dat, bij gelijk blijvende materiaalvraag, de exportafname en importtoename leiden tot een West Europese productiedaling van circa 6%.*

*Analoog kan op Nederlandse schaal worden afgeleid dat door een kostprijsverhoging met 5% de exportquote daalt naar  $100/(100+5*7,5)$  is 0,73; de Nederlandse export daalt met 27%. De importquote stijgt naar  $(100+5*4)/100$  is 1,2, de import neemt dus toe met 20%. Uit Tabel 3-10 valt af te lezen dat, bij gelijk blijvende materiaalvraag, de exportafname en importtoename leiden tot een Nederlandse productiedaling van circa 41%.*

### ***Snelheid van productieverschuivingen***

Op de lange termijn leiden kostprijsverschillen tussen regio's tot een complete overname van de productiemarkt door de goedkoopste regio. Het tempo waarin productieverschuivingen naar andere regio's plaatsvinden is afhankelijk van het kostprijsverschil en verschilt daarnaast per materiaal (zie onderstaand voorbeeld).

*Voorbeeld 5: een andere regio (in EU module de 'rest van de wereld') gaat voor de helft van de kostprijs produceren. Wanneer alle andere factoren constant blijven zal in 15 jaar tijd de kunstmestproductie voor 65% verplaatst zijn, de productie van metalen voor 40% en de productie van polymeren, oplosmiddelen en papier voor 10% (zie paragraaf 3.2.5, Mannaerts,2000)<sup>25</sup>*

<sup>25</sup> Op lange termijn worden de marktaandeelen van productieregio's bepaald door kostprijsverschillen. De handelsstromen (in- en uitvoer) worden bepaald door deze marktaandeelen en door de omvang van de vraag per regio. Deze laatste wordt onder meer bepaald door de hoogte van de prijselasticiteiten van de vraag.

## 3.6 Verbetermogelijkheden van STREAM

STREAM is een model waarmee inzicht kan worden verkregen in de effecten van economische krachten op productie van en vraag naar materialen op nationaal, Europees en mondiaal niveau. Het model geeft op hoofdlijnen een adequate beschrijving van de werking van de materiaalmarkten en kan worden gebruikt voor het analyseren van toekomstscenario's en het bepalen van de effecten van de inzet van (milieu)beleidsinstrumenten. De verbeterpunten van het model liggen vooral op het terrein van de detaillering, zowel wat betreft de modellering als de gegevens.

### *Verbetermogelijkheden modellering*

- *De vraag naar materialen:* STREAM beschrijft alleen de directe vraag naar materialen. Dit is de vraag naar de belangrijkste halffabrikaten, die gemaakt zijn van een specifiek materiaal. De indirecte materiaalvraag, bestaande uit de hoeveelheid van het materiaal die verwerkt is in de finale producten, ontbreekt in het model. In een gesloten economie zal de hoeveelheid materiaal verwerkt in de halffabrikaten ongeveer gelijk zijn aan de hoeveelheid materiaal die gebruikt is in finale producten. In een open economie kunnen die twee stromen echter sterk van elkaar afwijken door de in- en uitvoer van finale producten. Het model zal verbeteren als er methodes ontwikkeld worden om het finale materiaalverbruik per sector in kaart te brengen en te analyseren. Dit zou ook meer inzicht geven in de verschillende processen achter de relaties tussen materialenverbruik en economische ontwikkeling, die nu nog op nationaal niveau worden beschreven. Tevens zou dit de mogelijkheden uitbreiden om beleidsinstrumenten te analyseren die zich richten op de beperking van de materiaalvraag. Om het model in deze richting aan te passen is het nodig de sectorale fysieke verbruikscijfers uit de productiestatistieken van het CBS te verzamelen en te analyseren.
- *De vraag naar secundaire materialen:* De processen die de verhouding tussen primaire en secundaire materialen bepalen in de diverse finale producten en halffabrikaten, worden beschreven op nationaal niveau. Hierdoor kan er in beperkte mate onderscheid gemaakt worden tussen de invloed van materiaalsubstitutie enerzijds en structuurveranderingen anderzijds op de ontwikkeling van het hergebruik van materialen. Onderzoek naar het gebruik van secundaire materialen in de belangrijkste materiaaltoepassingen zou de kwaliteit van deze substitutie-elasticiteiten verbeteren.
- *Technologische ontwikkeling:* Technologische ontwikkeling is een exogene trend in het model. Het proces van technologische vernieuwing en de factoren die daarop invloed hebben zijn buiten beschouwing gelaten. Meer informatie over de historische vernieuwingsprocessen in de bedrijfstakken kan bijdragen tot een kwantitatieve onderbouwing van dit proces van technologische vernieuwing. Technologische vernieuwing is van groot belang voor de kostprijsontwikkeling en de milieu-prestaties van productie. Door het endogeen maken van dit proces kan met name het lange termijn effect van beleidsinstrumenten beter ingeschat worden.

### *Verbeterpunten gegevens*

- *Productie van materialen:* Vooral op het gebied van de vraag naar en productie van petrochemische producten bestaan hiaten in het datamateriaal. Direct contact met brancheorganisaties [APPE en AMPE] zou misschien de ontbrekende data kunnen opleveren.



- *Import en export van materialen:* De belangrijkste beperking van de in- en uitvoerstatistieken is dat zij geen onderscheid maken tussen primaire en secundaire producten. Niet helder is of secundaire materialen meer beschut zijn tegen internationale concurrentie dan primaire materialen of omgekeerd. Verder maken de West-Europese handelsdata vaak geen onderscheid tussen intra-Europese handel en externe handel. Dat maakt het inschatten van de in- en uitvoer elasticiteiten van materialen moeilijk en zeker de elasticiteiten van primaire en secundaire materiaalstromen apart.
- *Productiecapaciteit van materialen:* Stream modelleert door middel van de jaargangenstructuur het investeringsgedrag van de ondernemer in reactie op prijsspraken. Omdat voor de meeste materialen geen gegevens over de opbouw van de productiecapaciteit bekend zijn, kon dit *gemodelleerde* investeringsgedrag feitelijk niet getoetst worden.
- *Marktprijs van materialen:* Er zijn in STREAM geen aparte marktprijzen van primaire en secundaire materialen. Het prijsverschil komt tot uiting in de prijsverschillen van verschillende halfproducten die geheel of gedeeltelijk uit primaire of secundaire materialen gemaakt zijn. Deze informatie zou (na correctie voor de waarde van de geïncorporeerde inputs) enige indicatie kunnen geven over de schaarsteverhouding tussen primaire en secundaire materialen.
- *Inputs in de materialenproductie:* Met uitzondering van staal zijn van de meeste productieprocessen geen tijdreeksen van het inputverbruik in de productie bekend. Daardoor is het ook niet mogelijk een goede beschrijving te geven van de ontwikkeling van de kosten en de kostenstructuur van de materialenproductie. De waarden van de inputsubstitutie-elasticiteiten zijn daardoor in het algemeen vrij onzeker.
- *Inputprijzen:* Met uitzondering van staal zijn er geen inputprijzen op het bedrijfstakniveau van materiaalproducenten bekend. Dat wil zeggen dat er geen -direct- inzicht is in de prijzen waarvoor de ondernemer arbeid, kapitaal en energie ‘inkoopt’. Voor de energiedragers zijn de speciale tarieven, kwantumkortingen, heffingen en belastingen in het algemeen niet in de kostprijzen opgenomen. Dit kan leiden tot onbetrouwbare inputsubstitutie-elasticiteiten.
- *Winning import en export van schroot:* Voor aluminium en polymeren is er nog weinig informatie verzameld over de nationale en internationale schrootstromen. De waarde van de import- en export-elasticiteiten en ook de vorm en ontwikkeling van de marginale kostenfunctie van de schrootwinning zijn daardoor onzeker.
- *Vraag naar schroot:* Informatie over de vraag naar plastic schroot is bijzonder summier. De waarde van substitutie-elasticiteit tussen primaire en secundaire polymeren (plastics) kan daardoor moeilijk bepaald worden. Vooral is de elasticiteit van aluminium gebruikt.
- *Schrootprijs:* De prijsinformatie over plastic schroot is zeer beperkt. Daardoor is er ook weinig inzicht in de kostenontwikkeling van de winning van plastic schroot uit afval.
- *Grondstofprijs:* een complete dataset is beschikbaar.
- *Winning, Import en export en vraag naar grondstoffen:* een complete dataset is beschikbaar
- *Emissies:* Data van emissies en emissiekosten zijn nog niet geanalyseerd. Er is daarom weinig inzicht in de ontwikkeling van de milieu-intensiteit van de productie en de milieukostenontwikkeling in de bedrijfstakken. Dit geeft in toenemende mate een onjuiste inschatting van de ontwikkeling van de totale productiekosten in de materialenindustrie.

Samengevat laat de kwaliteit van de data waarop het model stoelt laat zich als volgt rangschikken: gegevens voor staal zijn beter dan voor andere materialen. Gegevens voor totale materiaalvraag en productie zijn beter dan voor de uitsplitsing naar primaire en secundaire vraag en productie. Gegevens voor Nederland zijn beter dan voor Europa en Europese gegevens zijn beter dan die op wereldschaal.

Voor het schaalniveau Nederland liggen de belangrijkste onzekerheden *en gevoeligheid* van het model in de gehanteerde import-export elasticiteiten, immers deze bepalen *hoe* sterk de export -de basisindustrie produceert grotendeels voor de export- reageert op kostprijsverhogingen.

De voornaamste conclusie uit bovenstaande opsomming is, dat de modelresultaten die in de volgende hoofdstukken worden gepresenteerd als *indicatief* moeten worden beschouwd en een trendmatige ontwikkeling aangeven. De voorspellende waarde van STREAM kan als '*trend-schetsend*' worden beschreven.

## 4. Gebruik van STREAM bij milieuverkenningen

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt geïllustreerd welke rol STREAM kan spelen bij het doorrekenen van lange en middellange termijn scenario's. Paragraaf 4.2 laat zien hoe materiaalstromen zich ontwikkelen over een periode van 50 jaar (heden en toekomst) onder invloed van een economisch 'basis'scenario. Paragraaf 4.3 gaat in meer detail in op de productieontwikkelingen in Nederland van staal, en illustreert het complexe samenspel van de economische mechanismen in STREAM. In 4.4 wordt beschreven welke rol STREAM kan spelen bij het doorrekenen van middellange termijn economische scenario's. In 4.5 tot slot wordt toegelicht hoe er 'verder' gerekend wordt met de STREAM resultaten, d.w.z. hoe vanuit de prognoses voor fysieke productieontwikkelingen de resulterende milieudruk wordt berekend.

### 4.2 Van economische ontwikkelingen naar fysieke productie

#### 4.2.1 Materiaalstromen wereldwijd in een basisscenario

In deze paragraaf wordt geïllustreerd hoe materiaalstromen zich kunnen ontwikkelen in de periode 1960-2020. De periode 1960-1993 betreft monitoringscijfers (o.b. waarvan het model is gekalibreerd). Voor de periode 2000-2020 is een 'basis scenario' geformuleerd (Mannaerts, 2000a). Dit scenario weerspiegelt de autonome ontwikkeling in materialenproductie in een *verondersteld*, gematigd, economische groeiscenario (zie Tabel 4-1). De ontwikkelingen worden *grafisch* gepresenteerd voor drie regio's, Nederland, West Europa (inclusief Nederland) en buiten West Europa.

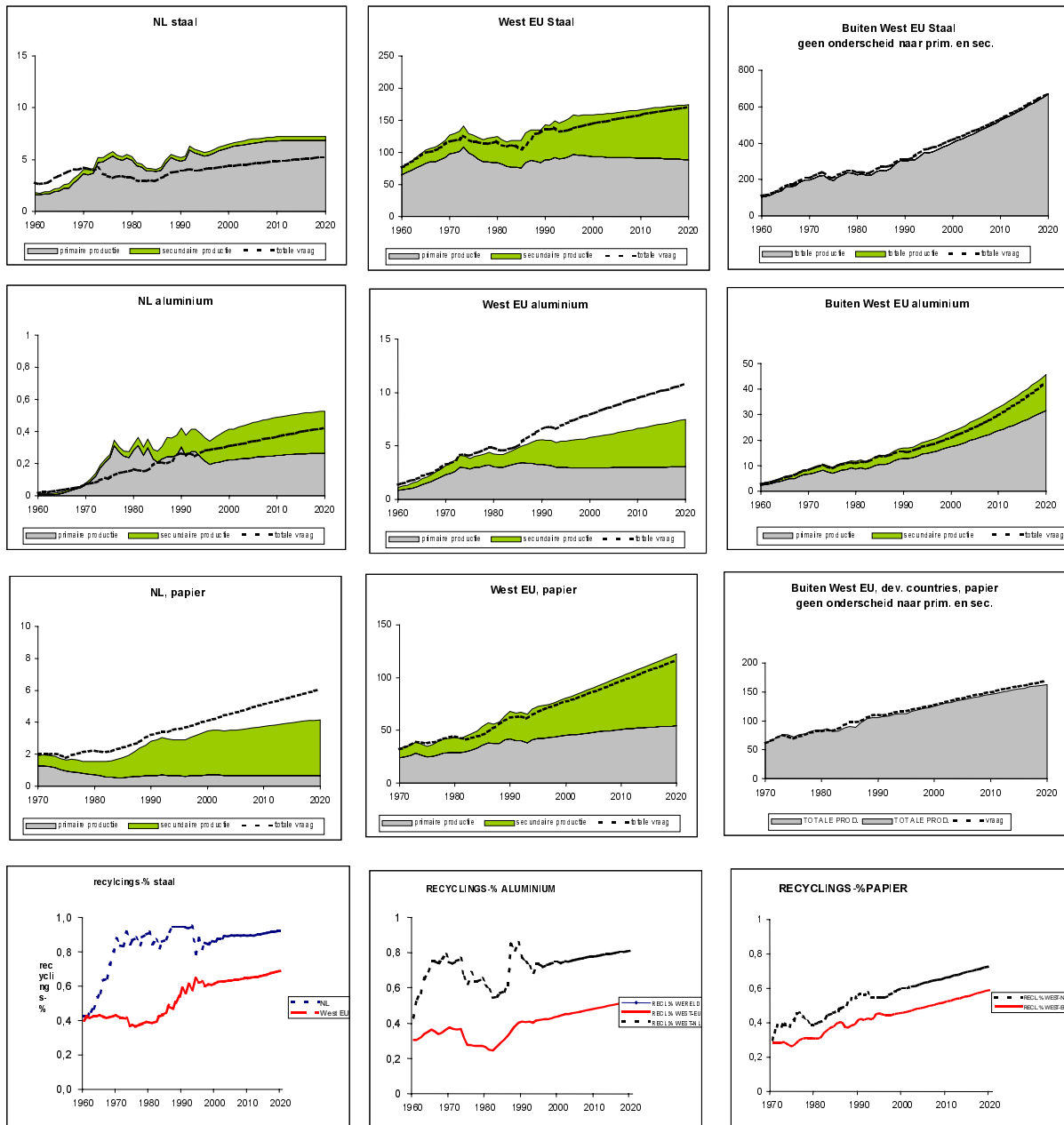
Het scenario bevat de in tabel Tabel 4-1 gegeven veronderstellingen. In de ontwikkelde (OECD) landen groeit de economie gematigd met 2,5% per jaar, de energieprijzen is constant op een niveau van \$20 per barrel ruwe olie. De groei in West Europa is gelijk verondersteld aan die in de gezamenlijke OECD-landen. Voor de groei in Nederland, die een beperkte invloed heeft op de materiaalvraag, zijn gemiddelde sectorale ontwikkelingen uit CPB (1997) genomen.

Tabel 4-1 ontwikkelingen in het 'basis scenario' 2000-2020 (uit Mannaerts, 2000a)

		MACRO ECONOMISCHE PRODUCTIE (BBP)	GRAAN PRODUCTIE <sup>&amp;</sup>	MACRO INVESTERINGSQUOTE	LOON VOET	ENERGIE- PRIJS	RENTE VOET	
		Ontwikkelingen in % per jaar .....						%
DC'S	Scenario	2,5	1,0	2,5	2,0	0	4	
	1970-1995	2,8	1,2	2,5	3,0	2,2	3,0	
LDC'S	Scenario	4,5	2,5	4,5	2,75	0	4	
	1970-1995	4,7	2,8	6,0	nb	2,2	Nb	

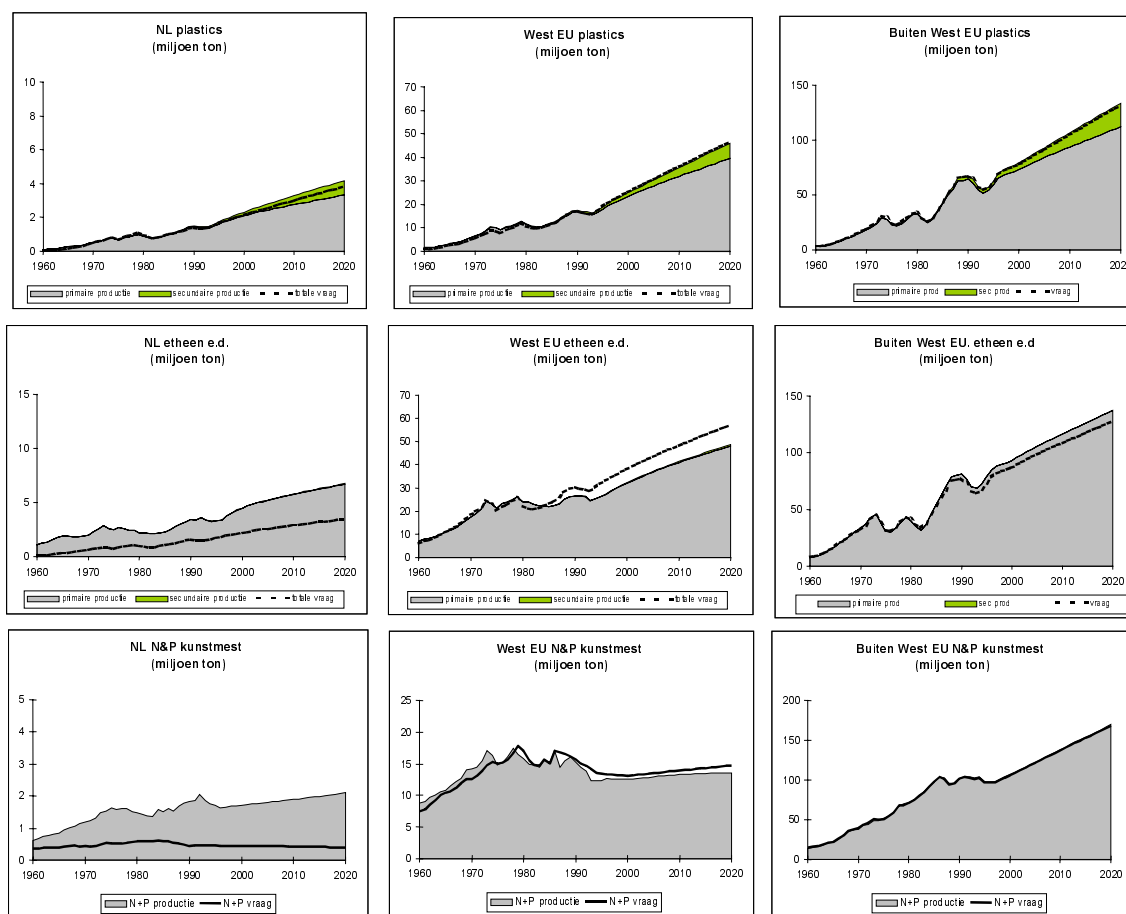
& Indicator voor kunstmest vraag, zie vergelijkingen [1] en [2] in paragraaf 3.3

Figuur 4.1A: ontwikkeling in materiaalvraag, primaire en secundaire productie in Nederland, West Europa, inclusief Nederland, en buiten Europa in een basis scenario. De onderste rij figuren geeft de recyclingsgraad van materialen in Nederland en West Europa. De materiaalsoorten zijn uitgedrukt in miljarden-kg, met uitzondering van papier (in miljoenen-kg)



**Uitleg bij de figuren 4.1A:** De materiaalvraag in de figuren betreft de afname van materialen door de materiaalvragende productiesectoren. Een materiaalvraag die vergelijkbaar groot is als de productie betekent, zeker voor Nederland, niet per se dat er geproduceerd wordt t.b.v. de binnenlandse vraag. De materiaalvraag kan ook gevoed worden door import en de materialenproductie kan geëxporteerd worden (zie paragraaf 3.5). De recyclingspercentages in de onderste rij figuren geven het aandeel van het totale materiaalaanbod op tijdstip  $t$  dat via de 'schroot' markt als grondstof voor secundaire productie dient.

Figuur 4.1B: ontwikkeling in materiaalvraag, primaire en secundaire productie in Nederland, West Europa, inclusief Nederland, en buiten Europa in een basisscenario. De materiaalhoeveelheden zijn uitgedrukt in miljarden-kg.



**Uitleg bij de figuren 4.1B:** De materiaalvraag in de figuren betreft de afname van materialen door de materiaalvragende productiesectoren. Een materiaalvraag die vergelijkbaar groot is als de productie betekent, zeker voor Nederland, niet per se dat er geproduceerd wordt t.b.v. de binnenlandse vraag. De materiaalvraag kan ook gevoed worden door import en de materialenproductie kan geëxporteerd worden (zie paragraaf 3.5).

### Toelichting op de uitkomsten

#### Materiaalvraag

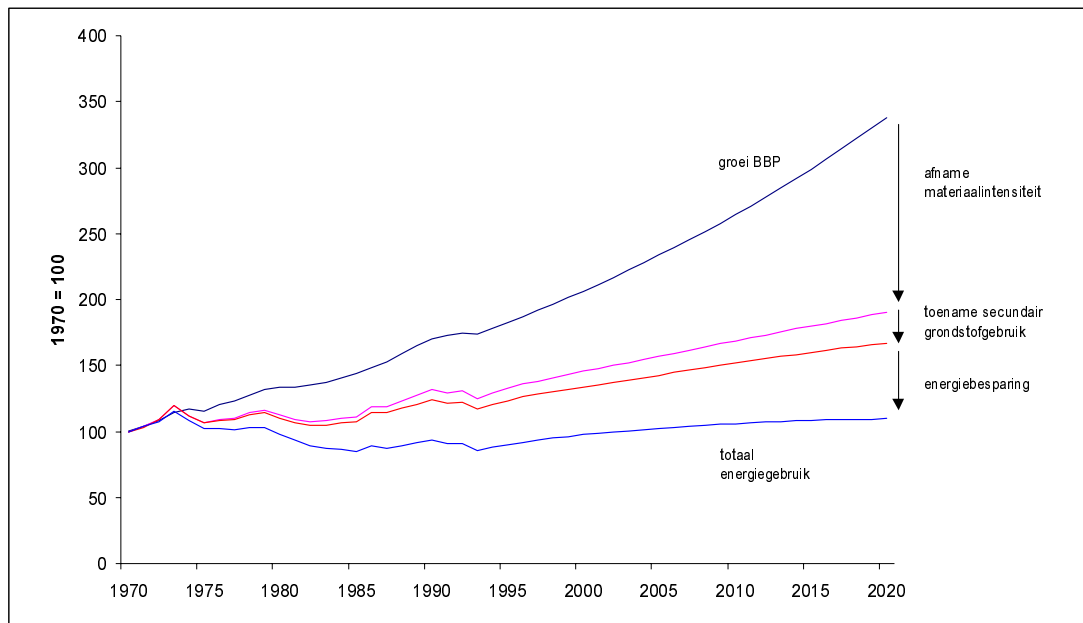
De Europese materiaalvraag ontwikkelt zich, conform de beschrijving in hoofdstuk 3.3, in de volgorde polymeren > monomeren > aluminium > papier > staal > kunstmest. De vraag naar kunstmest, staal en aluminium stijgt buiten West Europa sterker dan binnen Europa. Dit komt door een snellere economische groei in de niet-OECD landen en door een minder sterke ontkoppeling van economische groei en materiaalvraag in deze regio (zie Tabel 3-2).

### Productietrends

De scenario-definitie is zodanig dat de concurrentiepositie van de basisindustrieën in Nederland en West-Europa gehandhaafd blijft. Derhalve volgt de ontwikkeling in de materialenproductie in deze regio's de ontwikkeling in de materiaalvraag. Een uitzondering vormt aluminium. De aluminiumvraag op EU niveau wordt in toenemende mate gevoed door import. De productie van P-kunstmest buiten Europa neemt toe, ten koste van de productie in Nederland en Europa (niet separaat getoond).

### Energiebesparing

Op alle beschouwde schaalniveaus neemt het aandeel secundaire productie gestaag toe (aluminium, staal, plastics, papier). Door dalende schrootprijzen en een toenemende efficiency van de secundaire productie dalen de productiekosten en berekent STREAM een stijgend aandeel secundaire productie. De recyclingsgraad van materialen neemt langzaam maar zeker toe (figuur 4.1). Door dit toenemend aandeel secundaire productie ontkoppelt de energievraag van de materiaalproductie. Deze ont koppeling wordt versterkt door de met STREAM berekende autonome energie-efficiencyverbetering van 0,5-2% per jaar (afhankelijk van materiaal). Ondanks deze ont koppelingstrends neemt het energiegebruik in absolute zin toe. Dit wordt geïllustreerd in figuur 4.2.



Figuur 4.2 De ontwikkeling in BBP, materiaalvraag en energievraag voor de gezamenlijk STREAM sectoren voor West-Europa in het basisscenario.

### 4.2.2 Staalontwikkelingen in Nederland in twee scenario's

In het voorgaande hoofdstuk is al ingegaan op de verbanden die bestaan tussen bepaalde economische parameters aan de ene kant en de vraag naar resp. de allocatie van de productie van materialen aan de andere kant. Uit de vraagvergelijking en de bijbehorende elasticiteiten (paragraaf 3.3) volgt dat de vraag naar materialen toeneemt naarmate de economische groei en de investeringsquote groter zijn, en afneemt naarmate de eigen prijs en de energieprijzen hoger zijn.

Ten aanzien van de allocatie van de productie over regio's en over primaire en secundaire productie is in paragraaf 3.4 reeds gesteld dat deze vooral beïnvloed wordt door kostprijsverschillen. De kostprijs wordt onder andere bepaald door de kosten van de productiefactoren arbeid, energie, grondstoffen en kapitaal. In het algemeen kan gesteld worden dat een stijging van de kosten van één of meer productiefactoren (voorzover deze alleen voor Nederland geldt) een nadelig effect heeft op de concurrentiepositie en dus op de Nederlandse productie. Dit effect is sterker naarmate een sector meer exportgericht is.

Zoals in de inleiding van dit hoofdstuk is gesteld, kan men bij de constructie van scenariovarianten niet volstaan met dergelijke kwalitatieve voorbeelden. Om het (kwantitatieve) effect van de gelijktijdige aanpassing van meerdere inputvariabelen te kunnen vaststellen wordt met STREAM gerekend.

Als voorbeeld is in Tabel 4-2 en Figuur 4.3 aangegeven hoe volgens STREAM de vraag naar en productie van *staal*<sup>26</sup> zich ontwikkelt, uitgaande van twee verschillende economische scenario's. De scenario's zijn gekozen op basis van hun gelijkenis met de in de milieuverkenningen gehanteerde EC (A) en GC (B) scenario's, en illustreren hoe parallelle ontwikkelingen in economische groei, investeringsquote, loonvoet en energieprijzen inwerken op de kostprijs en de productie-ontwikkeling. Scenario A wordt gekenmerkt door een gemiddelde groei van het BBP, investeringen, lonen en energieprijzen, scenario B door een hoge groei. Een uitzondering hierop is de aardgasprijs, welke in scenario B vanwege een groter gasaanbod juist lager is dan in scenario A. In beide varianten zijn de groeicijfers voor Nederland, West-Europa en de ontwikkelde landen wereldwijd gelijk.

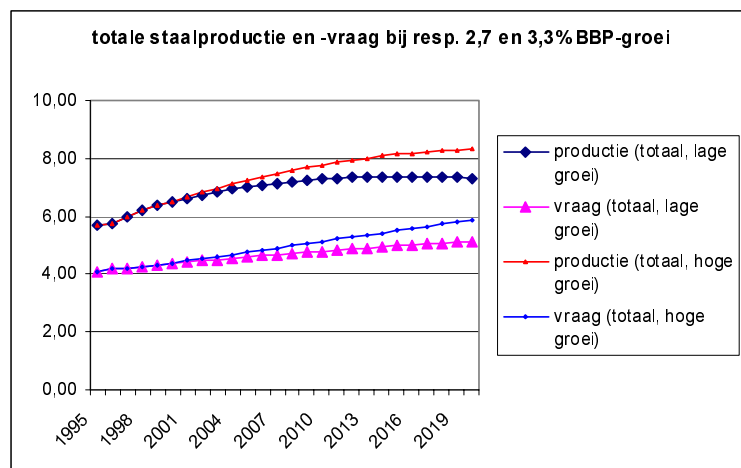
---

<sup>26</sup> Oxystaal  $\approx$  primair staal uit ijzererts; *electrostaal*  $\approx$  secundair staal uit schroot.

Tabel 4-2 Ontwikkeling van de staalproductie en -vraag in de periode 2000-2020 volgens twee scenariovarianten.

		SCENARIO A	SCENARIO B
input	Groeivoeten NI. en W-Eu in % per jaar (periode 2000 - 2020) <sup>1</sup> :		
	bruto binnenlands product	2.7 <sup>27</sup>	3.3
	Investerings	3.0	4.0
	lonen (reëel)	3.7	3.2
	Olieprijs (reëel)	1.7	2.1
	Aardgasprijs (reëel)	1.7	1.3
	Elektriciteitsprijs (reëel)	0.3	0.6
	Kolenprijs (reëel)	1.5	1.6
output	Geïndexeerde vraag/productiecijfers (2000 = 100):		
	bruto binnenlands product (2000 = 100)	170	191
	totale staalvraag W-Eu (2000: 141 Mton)	120	134
	totale staalvraag NI (2000: 4.4 Mton)	118	134
	Oxystaalvraag NI (2000: 2.9 Mton)	103	122
	Elektrostaalvraag NI (2000: 1.5 Mton)	146	158
	totale staalproductie NI (2000: 6.5 Mton)	112	128
	oxystaalproductie NI (2000: 6.1 Mton)	113	129
	elektrostaalproductie NI (2000: 0.4 Mton)	99	114
	kostprijs	oxystaal (2000 = 100)	90
elektrostaal (2000 = 100)		95	93
schrootprijs	(2000 = 100)	72	79

<sup>1</sup>Niet weergegeven zijn de volumegroei van de staalverwerkende sectoren. Deze staan in een min of meer vaste verhouding tot de groei van het BBP. Dat wil zeggen dat een verandering in het BBP op een evenredige manier wordt doorvertaald naar veranderingen in de productievolumes van deze sectoren. Zie voor de sectorale groei in het basispad tabel 4.2 van (Mannaerts, 2000a).



Figuur 4.3 de Nederlandse vraag naar staal en productie van staal (Mton) in twee scenario's. Noot: vraag en aanbod in Nederland zijn niet gekoppeld, de Nederlandse productie is grotendeels voor de export, de consumptie (vraag) grotendeels uit import

In scenario A stijgt de totale Nederlandse en Europese vraag naar staal in de periode 2000 tot 2020 met resp. 18 en 20%, in scenario B beide met 34%. Het Bruto Binnenlands Product stijgt in dezelfde periode met resp. 70% (A scenario) en 91% (B scenario). In het B scenario reageert de staalvraag

<sup>27</sup> In paragraaf 4.2.3 wordt gesproken van 'macro elasticiteiten' gedefinieerd als de groei van de fysieke productie van een sector gedeeld door de groei van het BBP. De macro elasticiteiten voor staal in deze paragraaf zijn circa 0.2 voor het A scenario (fysieke productie groeit met 0.6% per jaar bij een BBP ontwikkeling van 2.7) en 0.36 voor scenario B.



relatief gezien dus sterker op de economische groei dan in het A scenario<sup>28</sup>, terwijl volgens de materiaalvraagvergelijking (verg. [1], paragraaf 3.3) voor staal juist een elasticiteit tussen vraag en economische groei kleiner dan 1 verwacht mag worden (zie figuur 3.3 en 3.4). Dat de scenario-ontwikkeling hiervan afwijkt, kan verklaard worden uit de veel sterkere toename van de reële investeringsquote in scenario B, die een hogere materiaalvraag veroorzaakt in de vorm van kapitaalgoederen (machines en installaties) die nodig zijn voor productie.

De groei van de totale staalproductie in Nederland blijft enigszins achter bij die van de Europese staalvraag vanwege het grote aandeel van de oxystaalproductie in Nederland, waarnaar de vraag minder snel groeit.

Binnen het Nederlandse blok onderscheidt STREAM vraag en aanbod van primair (oxy)staal en secundair (elektro)staal. Uit Tabel 4-2 blijkt dat de toename in de totale Nederlandse staalvraag in het A scenario geconcentreerd is in de vraag naar elektrostaal. Dit komt vooral door het verschil in ontwikkeling tussen de kolenprijs (1.5% per jaar) en de elektriciteitsprijs (0.3% per jaar). De sterke stijging van de kolenprijs is in het nadeel van de oxystaalproducenten. Verder daalt de schrootprijs in dit scenario zodat de grondstofkosten voor elektrostaalproducenten eveneens dalen. In het B-scenario is het verschil in ontwikkeling van de energieprijzen geringer en dalen de schrootprijzen minder. De oxystaalproducenten kunnen daardoor meer profiteren van de extra economische groei.

Overigens profiteert de Nederlandse elektrostaalindustrie nauwelijks van de toegenomen vraag naar elektrostaal. De Nederlandse elektrostaalproducenten hebben een relatief verouderde productiecapaciteit en daarmee een slechte uitgangspositie. De binnenlandse vraag naar elektrostaal wordt daarom vooral gedekt door extra import.

## **Conclusie**

In de hier beschreven cases zijn meerdere inputvariabelen tegelijkertijd gewijzigd. Het effect daarvan op vraag en aanbod van materialen en op de allocatie van de productie (primair en secundair naar land/regio) kan niet worden aangegeven door te volstaan met 1<sup>e</sup>-orde effecten doordat diverse economische doorwerkingen ook een rol spelen.

---

<sup>28</sup> Immers:  $34/91 (=0,37) > 18/70 (=0,26)$ .

### 4.2.3 Productieontwikkelingen in Nederland, middellange termijn scenario's

Fysiske prognoses op middellange termijn zijn voor het RIVM van belang voor berekeningen van de emissies en de milieukwaliteit over de komende 4 jaar ("T+4"berekeningen) die jaarlijks gepubliceerd worden in de Milieubalans. In deze paragraaf wordt toegelicht hoe voor de bepaling van fysieke ontwikkelingen op middellange termijn gebruik wordt gemaakt van Stream en van de rekenmodellen van de afdeling Technologie & Industrie van het CPB. Deze TI-rekenmodellen splitsen de sectorale ontwikkelingen zoals berekend met het Athena model verder uit in de ontwikkelingen van de diverse subsectoren. Tabel 4-3 geeft de macro economische uitgangspunten weer uit de twee scenario's uit de laatste middenlange termijn verkenning van het CPB (CPB, 1997).

Tabel 4-3 MLT scenariogegevens t.a.v. Bruto Binnenlands Product (CPB, 1997)

MUTATIES PER JAAR IN %	1991-1994	1995-1998	1999-2002	
			BEHOEDZAAM	GUNSTIG
VS	2.3	2.5	1.75	2.5
Japan	1.4	2.75	1.5	3
EU-15	1.1	2.25	1.75	2.75
w.v. Duitsland	1.6	2.25	1.75	3
w.v. Nederland	2.1	3.25	2	3.25

Tabel 4-4 geeft in de eerste kolommen een overzicht van de fysieke productie van de basis-industrieën die samenhangt met de in tabel 4-3 geschetste economische ontwikkelingen. De niet-onderstreepte fysieke groeicijfers zijn berekend met STREAM. De verhouding van deze cijfers ten opzichte van de economische ontwikkeling in West-Europa in de 4e kolom geven aan hoe de productie in Nederland reageert op de economische ontwikkeling in Europa. De mate van respons van de verschillende materialen (chemie > aluminium [non ferro] > papier > staal > kunstmest) wordt sterk gestuurd door de vraagvergelijking [1] omdat er in de scenario's is verondersteld dat de Nederlandse producenten geen grote marktwinst boeken of -verlies leiden. Zie ook het eerder beschreven 'Voorbeeld 1' in paragraaf 3.3. Merk op, dat de in Tabel 4-4 gegeven bruto productieontwikkelingen per sector niet met STREAM maar met de TI-modellen zijn berekend. Het verschil in ontwikkeling van fysieke productie uit STREAM en de bruto productie uit de TI-modellen wordt aangeduid als up-grading.

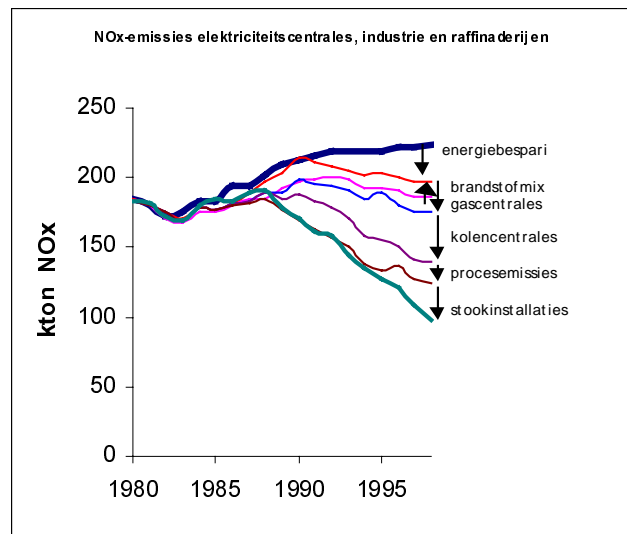
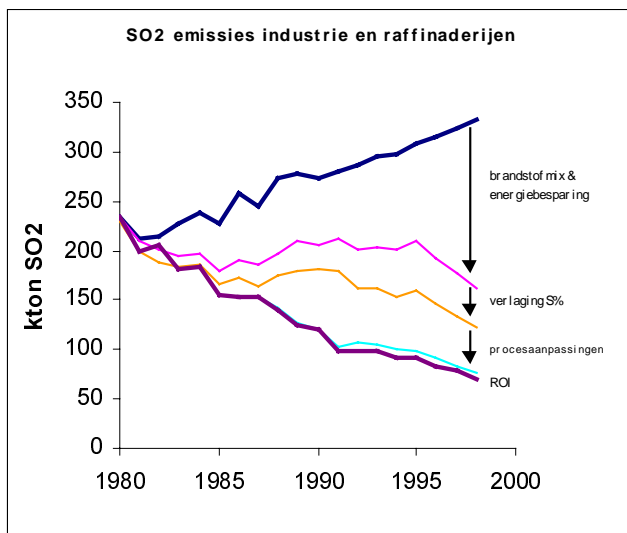
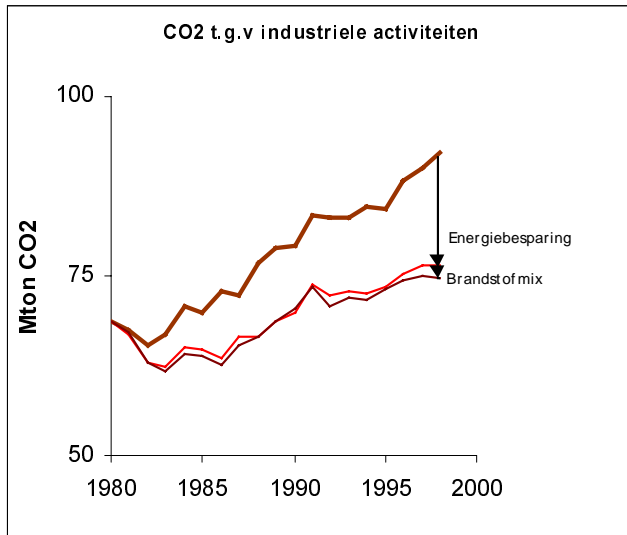
Tabel 4-4 MLT scenariogegevens vertaald naar fysieke productie ontwikkelingen (naar: Van Gerwen e.a., 1998; bron: CPB). Niet-onderstreepte fysieke productiewaarden zijn met STREAM berekend

Mutaties per jaar in %	FYISKE PRODUCTIE		MACRO ELASTICITEITEN*		BRUTO PRODUCTIE	
	Behoedzaam	Gunstig	Behoedzaam	Behoedzaam	Behoedzaam	Gunstig
Staal	0.25	0.75	0.15	0.3	0.75	1.75
Non ferro	1	2.5	0.6	0.9	1.5	3.5
Basischemie totaal	1.5	2.75	0.9	1	2.5	4.25
Petrochemie	1.5	2.75	0.9	1	2.25	4
Anorganische chemie	1.5	2.75			2.5	4.25
Kunstmest	-0.5	0.75	-0.3	0.3	0.5	2.25
Overige	2	3.5			3.25	5.25
Bouwmaterialen	0.75	1.5			1.25	2.5
Papier	1	1.5	0.6	0.5	1.5	2.5

\* indicatief en berekend door fysieke groei van Nederlandse sectoren af te zetten tegen BBP groei EU-15 uit tabel 4-3

STREAM berekent de fysieke productie voor een beperkt aantal sectoren. Voor de overige fysieke productiecijfers wordt uitgegaan van de economische productiecijfers op een zo laag mogelijk aggregatieniveau. Vervolgens wordt op grond van historische ontwikkelingen en analogie in andere subsectoren een correctie aangebracht voor de product up-grading. In de praktijk komt dit neer op het toepassen van een 'groeiverhouding', dit is de verhouding tussen de fysieke productie en de brutoproductie van een sector, van 0,6 à 0,7 (Mannaerts, 1993). Deze groeiverhoudingen wijken sterk af van de elasticiteiten op macroniveau omdat deze laatste elasticiteiten ook de invloed van de sectorstructuurverandering impliciet meenemen.

### 4.3 Van fysieke productie naar milieudruk



*Figuur 4.4 : emissie ontwikkelingen CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> (RIVM, 2001). In de bovenste vet gedrukte lijn groeit de emissie met de ontwikkeling van de fysieke productie per sector. Merk op, dat per getoonde stof de sector-afbakening verschilt. Voor CO<sub>2</sub> betreft het de emissie die gekoppeld is aan productie en energievraag van de industrie, dit is inclusief de emissies die vrij komen bij opwekking t.b.v. de industrie van warmte-/elektriciteit in de e-sector. In de SO<sub>2</sub>-figuur wordt de emissies uit de e-sector niet aan de industrie toegekend. Voor NO<sub>x</sub> tenslotte is de totale e-sector in de figuur betrokken.*

De vaststelling van fysieke productieontwikkelingen is een belangrijke stap in de berekening van de milieudruk, immers de *fysieke* productieactiviteit veroorzaakt de milieudruk. Echter energiebesparing, wijzigingen in de brandstofmix en emissiereducerende technieken kunnen de emissie per eenheid fysieke productie (sterk) doen afnemen. Dit wordt, nogmaals, geïllustreerd in de figuren 4.4 (Wesselink et al, 2001). Merk op, dat de getoonde milieudruk verlagende ontwikkelingen in werkelijkheid niet volgtijdelijk zijn, maar simultaan plaatsvinden. Om presentatie-technische redenen wordt wel een volgorde verondersteld.

De figuren illustreren dat per stof andere ontwikkelingen bepalend zijn voor de daling van de emissiefactoren (kg emissie per eenheid fysieke productie) in de getoonde periode; brandstofmix aanpassingen (inclusief verlaging S-gehalte) zijn dominant in de reducties van SO<sub>2</sub>, verbeterde verbrandingstechnieken bij NO<sub>x</sub> en energiebesparing bij CO<sub>2</sub>. De

ontwikkeling van NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> emissies illustreren dat ook bij een groeiende fysieke productie de emissies *kunnen* dalen.

Tabel 4-5 illustreert de gegevens en modellen die worden gehanteerd om tot diagnose en prognose (niet getoond in de figuren) van milieudruk ontwikkelingen te komen. Voor alle genoemde modellen geldt dat ze de invloed van (milieu)beleid meenemen. Vaak moet dit vertaald worden naar economische consequenties voor de ondernemers (zoals in STREAM, zie het volgende hoofdstuk 5), soms ook worden meer gedragsmatige componenten meegenomen (de “MEI” benadering; Booij et al, 2000, van Wijk et al, 2001).

*Tabel 4-5: van fysieke productie naar emissie: prognose modellen*

	HERKOMST MONITORINGS- GEGEVENS	MODELLEN DIAGNOSE / PROGNOSE
Fysieke productie ontwikkelingen	CBS, milieujarverslagen, soms ook niet bekend of moeilijk vast te stellen (zie 4.2)	STREAM, of vereenvoudigde benaderingen volgens hfst. 4.2
Energievraag	CBS: NEH	SAVE, NEMO, MEI-energie
Energieaanbod	CBS: NEH	SELPE
Emissieontwikkelingen	Emissieregistratie	MEI-2.0



## 5. Nederlandse milieubeleidsinstrumenten in STREAM

### 5.1 Inleiding

Zoals in de voorgaande hoofdstukken (m.n. paragraaf 3.4) is geïllustreerd, kan milieubeleid vanwege effecten op de kostprijs en daarmee op de concurrentiepositie effect hebben op de industriële productieniveaus. Met STREAM kunnen in beginsel de gevolgen van milieubeleid op de economische positie van sectoren worden doorgerekend; in sommige gevallen kan tevens de effectiviteit van het beleid ten aanzien van de bestrijding van het geadresseerde milieuprobleem worden berekend<sup>29</sup>. Omdat STREAM een partieel model is, kan het echter niet voor alle instrumenten gebruikt worden. Voorbeelden van instrumenten waarvan de effecten niet met STREAM doorgerekend kunnen worden zijn bijvoorbeeld de Kyoto instrumenten Clean Development Mechanism (CDM) en Joint Implementation (JI). Voor deze instrumenten is nog niet aan te geven in hoeverre de kosten die gemoeid zijn met het financieel ondersteunen van JI- of CDM-projecten zullen neerdalen bij de industrie, laat staan dat een toedeling naar sectoren kan worden gegeven.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op enige instrumenten waarvoor STREAM wel toepasbaar is.

*In alle gevallen wordt gekeken naar de effecten van Nederlandse instrumenten op de Nederlandse industrie, waarbij verondersteld wordt dat het extra beleid betreft t.o.v. het buitenland. De gepresenteerde resultaten, in de vorm van meerkosten en effecten daarvan op de productie moeten dan ook als een bepaalde variant worden gezien. In een variant waarin in het buitenland ook meer milieubeleidsinstrumenten zouden worden ingezet, zullen de effecten anders uitpakken.*

In 5.2 wordt ingegaan op het effect van 'niet substitueerbare' milieukosten die het gevolg zijn van 'end-of-pipe maatregelen', zoals kosten van lucht- en waterzuivering. Dergelijke kosten werken direct door op de kostprijs van de productie. Vervolgens wordt in 5.3 ingegaan op (soms) nieuwe beleidsinstrumenten die in drie gevallen volledig, en in één geval gedeeltelijk op het energiegebruik aangrijpen. Hier gaan substitutie-effecten tussen energiegebruik enerzijds en kapitaal en arbeid anderzijds een rol spelen. Het betreft de instrumenten: Energieheffing, Energie-efficiency Taakstelling, Benchmarking Energie efficiency en NOx-emissiehandel. Voor deze vier beleidsinstrumenten is kwantitatief uitgewerkt wat hun economische effecten kunnen zijn en wat hun invloed is op de energie-efficiency van productie. Kenmerkend aan deze instrumenten is dat vanwege het grote aandeel van energiekosten in de productiekosten van de basisindustrie (zie Tabel 3), hun potentiële effect op de kostprijs en daarmee op de concurrentiepositie groot is.

Per instrument is een beschrijving van het instrument gegeven, op welke manier STREAM is gebruikt en wat de resultaten zijn van de STREAM berekeningen (één of meerdere varianten). Elke paragraaf wordt afgesloten met een bespreking van deze resultaten.

---

<sup>29</sup> Het betreft voornamelijk energiegebruik en NOx-emissies.

## 5.2 Niet-substitueerbare milieukosten in Nederland

In hoofdstuk 3 is geïllustreerd dat de allocatie van productie van materialen kostprijsgevoelig is. Ook milieukosten dragen bij aan de productiekosten en hebben dus invloed op de allocatie van de productie van basismaterialen.

Tabel 5-1 geeft een indicatie van het aandeel van de (netto) milieukosten in de productiekosten<sup>30</sup> van een aantal sectoren in Nederland in 1996. Globaal bedragen de milieukosten voor de basisindustrieën 1-2% van de productiekosten. In internationale statistieken is nagegaan (Thomas, 2000) in hoeverre de milieukosten in Nederland hoger zijn dan in het buitenland (Europa). Dit gegeven is van belang omdat met name kostprijsverschillen in STREAM berekeningen van belang zijn. Geconcludeerd werd dat het niet mogelijk is om hierover een duidelijke uitspraak te doen.

Tabel 5-1 Milieulasten en productiewaarde in 1996 (bron: CBS, Milieukosten van bedrijven 1996)

SECTOR	MILIEULASTEN (MILJOEN GULDEN)	PRODUCTIEWAARDE (MILJARD GULDEN)	AANDEEL VAN MILIEULASTEN IN PRODUCTIEWAARDE %
Basismetaal (ferro + non-ferro)	182	10	1.8
Aardolie	242	24	1
Chemie (totaal)	1071	51	2.1
Papier	117	9	1.3
Voedings- en genotmiddelen	416	86	0.5
Totaal	2627	339	0.8

In deze paragraaf is aangegeven wat het effect op de productie van staal en aluminium in Nederland is van een eventuele toekomstige verhoging van de Nederlandse milieukosten ten opzichte van die in de rest van West Europa. Het gaat dus om *meerkosten* in Nederland.

### **Staal**

Belangrijk is te weten dat in STREAM een verhoging van de milieukosten met b.v. 1% gedefinieerd is als een verhoging van de kostprijs van staal met 1%. Uit Tabel 5-1 valt te af te lezen dat een stijging van de kostprijs tot 1% voor de gehele basismetaal (dus zowel ijzer/staal als non-ferro) overeenkomt met een stijging van de milieukosten met circa 100 miljoen gulden. Dit is een verhoging (t.o.v. 182 miljoen gulden) met ruim 50%.

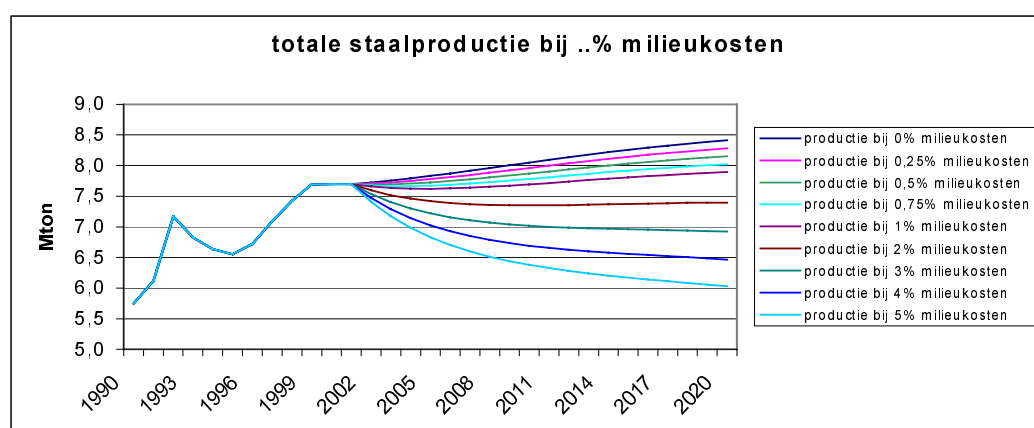
In Tabel 5-2 is (als voorbeeld) aangegeven wat volgens STREAM berekeningen de effecten voor de Nederlandse staalindustrie zijn van een eenzijdige verhoging van de Nederlandse milieukosten tot respectievelijk 1 en 5% van de productiekosten. In Figuur 5.1 is voor een aantal varianten tussen 0 en 5% het effect op de productie van staal (totaal) als functie van de tijd weergegeven. Een eerste orde inschatting van het effect kan worden gemaakt op basis van voorbeeld 4 in hoofdstuk 3.4.

<sup>30</sup> Het betreft nadrukkelijk slechts een indicatie, om drie redenen: 1) de cijfers hebben betrekking op alle milieumaatregelen, substitueerbaar en niet-substiteerbare, 2) lasten zijn inclusief heffingen en subsidies, kosten zijn exclusief en 3) productiewaarde  $\approx$  productiekosten + winst.



Tabel 5-2 Effecten van hogere milieukosten (MK) voor staal in Nederland. Verhoging van milieukosten zijn uitgedrukt als percentage van de productiekosten.

ONDERDEEL	EFFECT IN 2020 (%)	
	MK 1%	MK 5%
productie van staal totaal	-6	-28
productie van staal primair	-6	-29
productie staal secundair	-3	-12
export van staal	-5	-22
import van staal	2	11
vraag in NL naar staal	0	0
arbeidsplaatsen per ton staal	-0.2	-1.1
kapitaalverbruik per ton primair staal	0.5	2.9



Figuur 5.1 Invloed van toename milieukosten in Nederland (als % van de kostprijs) op de productie van staal in Nederland in de periode 2000-2020. De 0% lijn geeft aan dat milieukosten gelijk zijn aan die in het buitenland, vervolgens stijgt het aandeel van de milieukosten tot 5% van de productiekosten.

Verhoging van milieukosten over een periode van 20 jaar leidt tot een aanzienlijke daling van (de groei van) de productie en - bij gelijkblijvende vraag – tot een stijging van de import van staal.

**Staatscourant nr. 141, 25 juli 2000:** "Hoogovens Staal eist f 72 mln schadevergoeding van overheid omdat zijn internationale concurrentiepositie fors is geschaad door de verplichte aanleg van een kostbare rookgas-wasininstallatie die in andere Europese landen en Amerika niet verplicht is"

*Voorbeeld 6:* Indien verondersteld wordt dat de hoogte van de geëiste schadevergoeding gelijk is aan de investering die is gepleegd voor de wasinstallatie, dan vertaalt dit zich ruwweg naar jaarlijkse kosten van f 12 miljoen. Bij een geschatte productiewaarde van staal van fl. 6 mld gaat hierdoor de kostprijs met ca 0,2% omhoog. Uit Figuur 5.1 valt af te lezen dat op termijn het negatieve effect daarvan op de productie in Nederland ongeveer 2% is. Dit houdt een jaarlijks omzetverlies in van fl. 120 mln.

### Aluminium

Voor aluminium is dezelfde analyse als voor staal uitgevoerd. Opnieuw geldt dat een verhoging van de milieukosten met 1% gedefinieerd is als een verhoging van de kostprijs van aluminium met 1%.

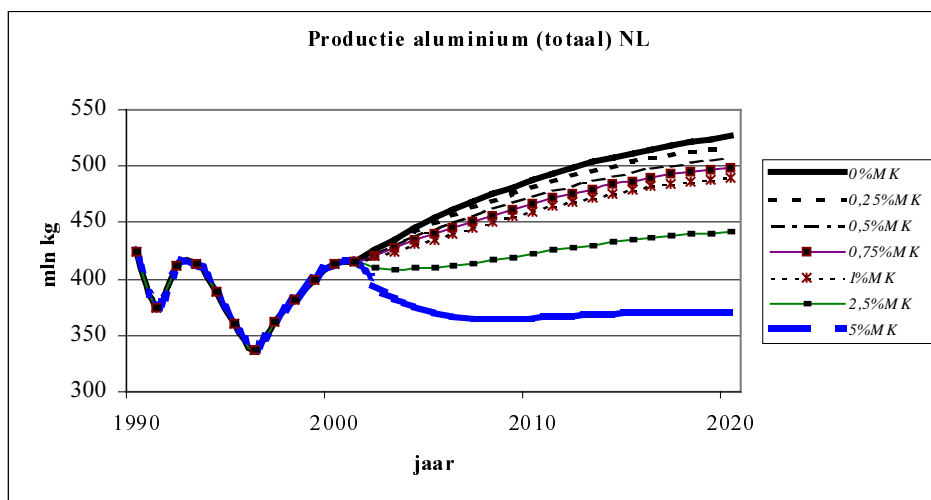
Bij een geschatte productiewaarde van fl. 600 miljoen komt een stijging met 1% overeen met extra milieukosten van 6 miljoen.

In Tabel 5-3 is (als voorbeeld) aangegeven wat de effecten zijn van een verhoging (t.o.v. het buitenland) van de milieukosten tot resp. 1 en 5% van de productiekosten. De uitkomsten van de analyse zijn vergelijkbaar met die van staal (Tabel 5-2).

Tabel 5-3 Effecten van hogere milieukosten (MK) voor aluminium in NL. Milieukosten uitgedrukt als percentage van de productiekosten.

	EFFECT IN 2020 (%)	
	MK 1%	MK 5%
productie aluminium totaal	- 7	- 30
productie aluminium primair	- 7	- 29
productie aluminium secundair	- 7	- 30
Elektriciteitsgebruik	- 7	- 32
Werkgelegenheid	- 8	- 32
export aluminium	- 7	- 31
import aluminium	+ 1	+ 3
vraag NL aluminium	+ 0	+ 0

Figuur 5.2 toont voor 7 varianten tussen 0 en 5% het effect op de productie van aluminium (primair + secundair) als functie van de tijd.



Figuur 5.2 Invloed van toename milieukosten (als % van de kostprijs) op de productie van aluminium in Nederland in de periode 2000-2020. De 0% lijn geeft aan dat milieukosten gelijk blijven aan die in het buitenland, vervolgens stijgen de milieukosten t.o.v. het buitenland tot 5% van de productiekosten.

### Conclusies

Voor staal en aluminium geldt dat de invloed van een verandering van milieukosten op het productieniveau ongeveer gelijk is. Per procentpunt stijging van de kostprijs door milieukosten daalt de productie in 2020 met 6-7%. Dit is het gevolg van het feit dat de productie sterk op de exportmarkt gericht is (zie Tabel 3-10). Dure productie in Nederland wordt gesubstitueerd door goedkopere productie elders in Europa. De Nederlandse papierproductie is minder gevoelig omdat in sterkere mate voor de thuismarkt wordt geproduceerd: bij een stijging van de kostprijs met 1% daalt de productie met 3%.

Niet-procesgeïntegreerde milieukosten zijn in STREAM niet substitueerbaar, en werken derhalve volledig door op de kostprijs van productie. Volgens de 5e Milieuverkenning zullen de milieukosten voor de industrie (als geheel) tussen 1995 en 2020 met circa 75% toenemen<sup>31</sup>. Indien dit *meerkosten* t.o.v. het buitenland betreffen leidt dit volgens STREAM op termijn tot 5 (papierindustrie) à 10% (staalindustrie) productieverlies<sup>32</sup>. Vanwege de toenemende internationalisering van het milieubeleid (EU, maar ook mondiaal) is het overigens niet erg waarschijnlijk dat er een dergelijke 'scheefgroei' van de Nederlandse milieukosten ten opzichte van het buitenland zal optreden.

---

<sup>31</sup> Het betreft de kosten van 'huidig beleid' (dit zijn met name herinvesteringen op bestaande milieutechnieken), kosten van NOx emissiehandel (zie paragraaf 5.3), en –beperkt- energiebesparingskosten (die pas bij terugverdiendtijd > 3 jaar als milieukosten worden gerekend).

<sup>32</sup> Nu bedragen de milieukosten ca. 1-2% van de productiekosten voor zowel Nederland en West Europa. Bij een verhoging met 75% van de Nederlandse milieukosten wordt het aandeel in de productiekosten maximaal 3,5%, wanneer dit meerkosten t.o.v. de rest van Europa zijn ontstaat een kostprijsverschil van 1,5% met het buitenland, dit leidt volgens STREAM tot 5-10% productieverlies.

## 5.3 Vier ‘energie-gerelateerde’ beleidsinstrumenten

### 5.3.1 Energieheffing

Door een energieheffing stijgt de kostprijs van energie. De bedoeling van het instrument is onder meer dat de gebruiker door de hogere prijs geprikkeld wordt tot het nemen van energiebesparende maatregelen. De heffing kan gedifferentieerd zijn t.a.v. het type energiedrager, sectoren, groot-/kleinverbruikers etc. Hier is als voorbeeld een heffing (vanaf 2001, *alleen* in Nederland) op de prijzen voor steenkool, olie, gas en elektriciteit voor staal- en aluminiumproducenten beschouwd. Er zijn 4 varianten doorgerekend waarbij onder invloed van de heffing de brandstofprijs met 0%, 20%, 50% en 100% toeneemt. De elektriciteitsprijs stijgt minder, namelijk van 0% naar uiteindelijk 30%, omdat de primaire energiekosten slechts 35 à 40 % (1997) van de totale productiekosten van elektriciteit uitmaken (kolencentrale) en er bovendien nog efficiëntieverbetering zal plaatsvinden.

Om de effecten van een energiekostenstijging op productie en handel zo duidelijk mogelijk voor het voetlicht te brengen, wordt hier geabstraheerd van het terugsluizen van de heffingsopbrengst naar de bedrijven (zoals wel gebeurt bij de huidige Regulerende Energiebelasting). Evenmin worden de economische effecten van een andere bestemming van de heffingsopbrengst (via overheidsbestedingen) op de economie in beeld gebracht. In CPB (2001) wordt wel uitvoerig op deze aspecten ingegaan.

*Voorbeeld 7: Bij een aandeel van ca 15% van de energiekosten in de totale productiekosten voor primaire staalproductie (Tabel 3-3) leidt een 20% verhoging van de energieprij maximaal tot 3% kostprijsverhoging. 3% kostprijsverhoging leidt via de export- en importelasticiteiten (Tabel 3-11, voorbeeld 5) op den duur tot circa 18% exportdaling en 6% importstijging. Per saldo daalt de productie in Nederland met 22% (Tabel3-10)*

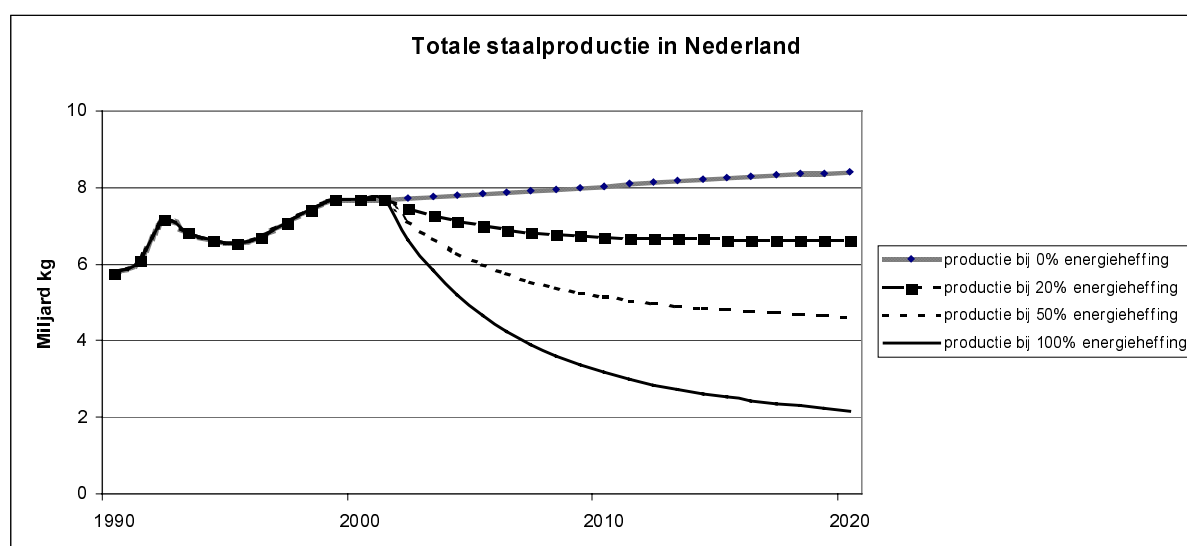
#### **Resultaten staal**

Uit de STREAM berekeningen blijkt dat een energieheffing een sterke invloed kan hebben op de toekomstige productieomvang, de in- en uitvoer, het aantal arbeidsplaatsen, het energiegebruik en het kapitaalverbruik per ton staal. De Nederlandse vraag naar staal wordt niet beïnvloed, omdat de staalprijs wordt bepaald op de internationale staalmarkt. In Tabel 5-4 zijn de resultaten (voor 2020) weergegeven van een heffing met resp. 20% (elektriciteit 6%) en 100 % (elektriciteit 30%) voor producenten van staal in Nederland. In Figuur 5.3 is voor alle vier varianten weergegeven hoe de totale staalproductie zich ontwikkelt in de periode 1960-2020.

Tabel 5-4 Effecten van een Nederlandse energieheffing (EH) vanaf 2001 voor staal.

	EFFECT IN 2020 (%)	
	brandstoffen +20%; elektr. +6%	brandstoffen +100%; elektr. +30%
productie van staal totaal	-21	-74
productie van staal primair	-22	-76
productie van staal secundair	-3	-12
toename kostprijs staal (primair + secundair)	+3	+17
totaal energiegebruik per ton primair <sup>1</sup>	-4.7	-14.7
totaal energiegebruik per ton secundair <sup>1</sup>	-8.4	-30.4
export van staal	-16	-51
import van staal	8	38
vraag NL staal	0	0
arbeidsplaatsen per ton primair staal	-1.3	-6.5
arbeidsplaatsen per ton secundair staal	-0,3	-0,8
kapitaalverbruik per ton primair staal	3.8	22

<sup>1</sup>Inclusief de 'minimaal benodigde energiebehoefte'. Deze behoefte wordt niet beïnvloed door heffingen.



Figuur 5.3 Productie van staal (totaal) bij toenemende energieheffing (vanaf 2001)

Uit Tabel 5.4 blijkt dat hogere energieprijzen inderdaad op termijn leiden tot een verbetering van de energie-efficiency (daling van het energiegebruik per ton product). Ook de arbeidsefficiency neemt toe, zij het in mindere mate. De verbetering van de energie-efficiency wordt bereikt door besparingsinvesteringen waardoor het kapitaalverbruik per ton staal hoger wordt. De productiekosten veranderen op drie manieren: i) de kosten dalen door verbetering van de energie-efficiency, ii) de kosten stijgen door de extra kapitaallasten iii) en de kosten stijgen door de heffing. Bij een energieheffing van 20% stijgen de productiekosten van staal met ongeveer 3%. Dit effect is gelijk aan de eerste orde inschatting in voorbeeld 7. Ook het berekende effect op productie, import en export ligt in lijn met de in het voorbeeld genoemde waarden.

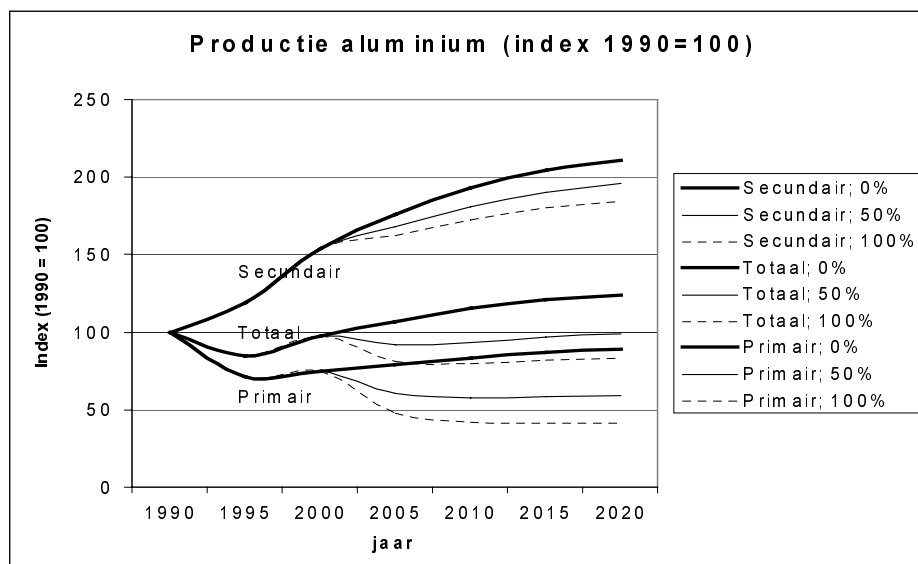
Het effect op de productie van primair staal is groter dan op die van secundair staal omdat voor secundair staal relatief minder energie per ton staal nodig is.

### Resultaten aluminium

Voor aluminiumproductie is eenzelfde analyse als voor staal uitgevoerd. Bij de primaire aluminiumproductie wordt voornamelijk elektriciteit gebruikt. Evenals bij staal, bedraagt de maximale stijging van de elektriciteitsprijs die is doorgerekend 30% (Tabel 5-5).

Tabel 5-5. Effecten van hogere energieprijzen op aluminium (totaal, primair en secundair)

	EFFECT IN 2020 (%)	
	brandstoffen +20%; elektr. +6%	brandstoffen +100%; elektr. +30%
productie totaal	-11	-33
productie primair	-18	-53
productie secundair	-3	-13
energiegebruik per ton totaal	-11	-37
energiegebruik per ton primair	-4	-15
energiegebruik per ton secundair	-6	-19
arbeidsplaatsen per ton totaal	-5	-19
arbeidsplaatsen per ton primair	-2	-7
arbeidsplaatsen per ton secundair	-1	-2
kapitaalgebruik per ton totaal	+0	-4
kapitaalgebruik per ton primair	+3	+9
kapitaalgebruik per ton secundair	+1	+5
export aluminium totaal	-11	-34
export aluminium primair	-18	-55
export aluminium secundair	-3	-13
import aluminium totaal	+1	+4
import aluminium primair	+4	+15
import aluminium secundair	+0	+1
vraag NL aluminium totaal	+0	+0



Figuur 5.4 Productie aluminium (totaal) bij toenemende energieprijzen (heffing vanaf 2001)

In Figuur 5.4 is te zien hoe de totale productie, onderscheiden naar primair en secundaire productie, zich ontwikkelt in de periode 1990-2020 bij toenemende energieprijzen. De secundaire productie wordt minder sterk beïnvloed door de toenemende energieprijzen dan die van de primaire productie. De verklaring hiervoor is dat het aandeel energiekosten in de productiekosten in het primaire productieproces veel hoger is.

**Trouw 3-10 2000.** "grootverbruikers in de metallurgische industrie moeten 50% meer betalen voor hun elektriciteit dan hun concurrenten in België en Duitsland".

*Voorbeeld 8: Hier is sprake van een dreigend prijsverschil, doordat individuele energiecontracten van grootverbruikers met de Nederlandse overheid aflopen, en de liberalisatie van de energiemarkt onvoldoende vlot (a.d. 2000). De STREAM berekeningen laten zien dat wanneer deze situatie zich voor gaat doen, en gehandhaafd blijft, de primaire aluminium productie in Nederland meer dan gehalveerd wordt.*

### **Conclusies**

Het nastreven van energiebesparing door middel van energieheffingen kan als neveneffect hebben dat de concurrentiepositie van energie-intensieve sectoren wordt aangetast. Hierbij moet echter worden opgemerkt dat in de hier berekende varianten er van uit is gegaan dat alle energieverbruik belast wordt en er geen directe terugsluizing van gelden naar de belaste bedrijven plaatsvindt in de vorm van belastingverlaging of subsidies. Naarmate de energieheffing voor afzonderlijke bedrijven beter wordt teruggesluisd, des te minder zullen er verdelingseffecten optreden. In dat geval heeft de energieheffing alleen effect op de marginale energieprijzen en daarmee op de ontwikkeling van de energie-intensiteit van de bedrijven.

### 5.3.2 Taakstelling voor energie efficiency

Het is ook mogelijk om de in Tabel 5-4 vermelde energie-efficiency te realiseren door aan de staalproducenten i.p.v. een energieheffing een *taakstelling* voor energie-efficiency op te leggen. Met STREAM is ook voor dit instrument nagegaan wat de economische gevolgen zijn.

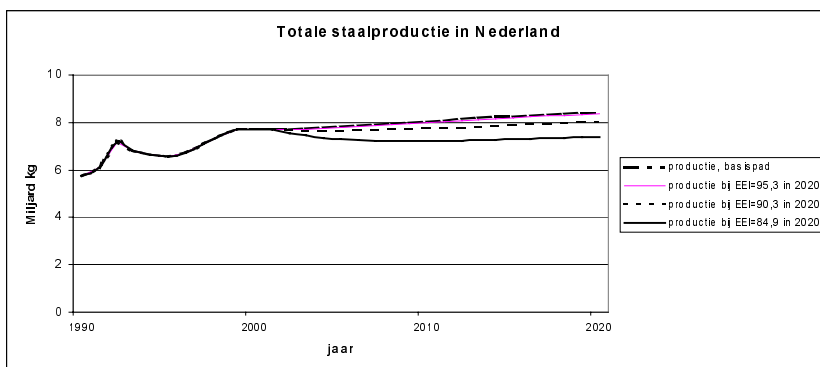
#### Resultaten.

Uit deze STREAM berekeningen (vier varianten, vier verschillende taakstellingen) blijkt dat de taakstelling – evenals een energieheffing - effect heeft op de toekomstige productieomvang, de in- en uitvoer, het aantal arbeidsplaatsen, het energiegebruik en het kapitaalverbruik. Ook bij dit instrument wordt de Nederlandse vraag naar staal niet beïnvloed. Als voorbeeld zijn in Tabel 5-6 de resultaten (voor 2020) weergegeven van twee energietaakstellingen die overeenkomen met de energiebesparing per ton die bereikt wordt door energieheffingen van respectievelijk 20 en 100% (zie Tabel 5-4)<sup>33</sup>. In Figuur 5.5 is voor alle vier varianten weergegeven hoe de totale staalproductie zich ontwikkelt in de periode 1990-2020.

Tabel 5-6 Effecten van taakstelling voor energiegebruik in 2020 voor staal

	EFFECT IN 2020 (%)	
	Taakstelling -4.7% (primair) en -8.4% (secundair)	Taakstelling -14.7% (primair) en -30.4% (secundair)
productie van staal totaal	-0.8	-12.2
productie van staal primair	-0.8	-12.5
productie van staal secundair	0	-1.0
export van staal	-0.6	-9.7
import van staal	0.3	4.2
vraag NL naar staal	0	0
arbeidsplaatsen per ton staal	-0.2	-1.8
kapitaalverbruik per ton primair staal	2.7	11.2
totaal energiegebruik per ton primair <sup>1</sup>	-4.7	-14.7
totaal energiegebruik per ton secundair <sup>1</sup>	-8.0	-27.0

<sup>1</sup>Inclusief de 'minimaal benodigde energiebehoefte'. Deze behoefte wordt niet beïnvloed door taakstellingen.



Figuur 5.5 De productieontwikkeling van staal wanneer energie-efficiencyverbetering via taakstellingen wordt opgelegd.

<sup>33</sup> Een gevolg van deze methodiek is dat de taakstelling voor de primaire productie afwijkt (lager is) dan die voor de secundaire productie.



Uit Tabel 5-6 blijkt dat de negatieve effecten van een taakstelling op de productie en de export van staal veel kleiner zijn dan die van een energieheffing *zonder terugsluis* (Tabel 5-4), terwijl dezelfde verbetering van de energie-efficiency (energiegebruik per ton) wordt bereikt. De verklaring hiervoor is dat in de taakstellingsvariant de energiekosten alleen bepaald worden door de toename van de energie-efficiency en de kapitaalkosten. De energieprijzen stijgt in de taakstellingsvariant niet.

Hoewel de kosten lager zijn dan van een energieheffing zonder terugsluis, zijn ze aanzienlijk hoger dan die van het gevoerde MJA-beleid. Daarom is het onwaarschijnlijk dat de hier doorgerekende taakstellingsvariant net als de MJA's op basis van vrijwilligheid tot stand kan komen. De energiebesparing die in de MJA-periode (1989-2000) is gerealiseerd, is hoofdzakelijk gebaseerd op maatregelen die in de loop van de tijd rendabel zijn geworden door de voortschrijdende technologische ontwikkeling. Deze maatregelen leiden dus ook tot een financiële besparing:

*Uit Milieubalans 2000 (RIVM, 2000b)* “Centraal in het energiebesparingsbeleid in de periode 1989-2000 staan de Meerjarenaafspraken Energie-efficiency (MJA's). Onderzoek naar de werking van deze convenanten in verschillende industriële sectoren laat zien dat de gerealiseerde energiebesparing voor 30-50% kan worden toegeschreven aan de MJA's (Rietbergen & Blok, 1999; 2000). Onder invloed van de MJA's is de aandacht voor (rendabele) energiebesparingsmaatregelen en de motivatie voor het verbeteren van de energie-efficiënte vergroot. Ondernemingen zijn energievraagstukken actiever en gestructureerder gaan aanpakken. Kostenbesparing is de dominante drijfveer voor het treffen van energiebesparingsmaatregelen.”.

*Uit onderzoek van het CPB (2000) blijkt dat van de gerealiseerde verbetering in de energie-efficiëntie maximaal een-derde kan worden toegerekend aan de MJA's en dat de rest verklaard wordt door autonome (niet aan het beleid toe te schrijven) ontwikkelingen.*

De hier beschreven STREAM-berekeningen voor 2001-2020 laten zien dat de benodigde investeringen kostprijsverhogend werken, hetgeen het enthousiasme van de industrie om een hoge taakstellingen te accepteren op zijn minst zal temperen. In (Mannaerts, 2000b) wordt een variant bekeken waar heffingen worden gecombineerd met een relatieve taakstelling: er moet alleen een heffing worden betaald voor zover het energiegebruik 'boven' de taakstellings-efficiency ligt. Hierdoor blijft, sterker dan middels een convenant, de economische impuls tot besparing behouden.

### **Conclusie**

Een taakstelling voor bedrijven zal minder kostenverhogend werken dan een integrale heffing waarbij de terugsluis niet goed is vormgegeven. Ook een taakstelling kan tot een aanzienlijke kostenverhoging leiden, namelijk wanneer een hoge taakstelling wordt opgelegd of overeengekomen. Deze kostenverhoging kan voor de bedrijven een probleem zijn wanneer deze substantieel hoger is dan die in het buitenland. De ervaringen die met de MJA's zijn opgedaan zijn wat dat betreft niet maatgevend, aangezien de daarin overeengekomen taakstellingen in de meeste gevallen op basis van rendabele maatregelen gerealiseerd konden worden. Bij convenanten hangt de effectiviteit sterk af van de monitoring en handhaving door de overheid, en eventuele aanvullende normstelling die het convenant moeten ondersteunen (zoals de BEES normen bij de verzuringsconvenanten), terwijl bij de energieheffing (met een adequate terugsluis) de transactiekosten beduidend lager zullen zijn.

### 5.3.3 Benchmarking energie-efficiency

#### *Beschrijving van het instrument*

Benchmarken is in het algemeen het vergelijken van de eigen prestaties van een bedrijf met die van andere bedrijven. Dit kan betrekking hebben op energie-efficiency, maar ook op andere aspecten zoals arbeidproductiviteit of winstgevendheid. Voor de industrie is benchmarking een bekend begrip dat al geruime tijd wordt toegepast als managementinstrument, met name in de petrochemische industrie en aardolieraffinage.

Benchmarking als beleidsinstrument is nieuw. In 1999 hebben VROM, EZ en de grote energie-intensieve bedrijven het convenant Benchmarken afgesloten. Bijna alle betrokken bedrijven hadden een MJA die liep tot eind 2000. Benchmarking wordt voor deze bedrijven de opvolger van de MJA. Dit convenant is een uitwerking van het boegbeeld Benchmarking uit de Nota Milieu en Economie en is gericht op inrichtingen met een energiegebruik van meer dan 0,5 PJ per jaar. Verwacht wordt dat ca. 80% van het industrieel energiegebruik onder het convenant zal vallen. Het convenant beschrijft de benchmarkprocedure voor het vaststellen van energie efficiency en de verplichtingen van de deelnemers aan het convenant<sup>34</sup>.

Het doel van het convenant Benchmarken is dat de procesinstallaties van de deelnemende bedrijven zo snel mogelijk, maar uiterlijk in 2012, wat betreft de energie-efficiency blijvend tot de wereldtop behoren.

Voor Benchmarking<sup>35</sup> is een breed draagvlak bij de chemie, basismetaal, raffinaderijen, papier en de SEP. De vaststelling van de besparingsnorm (wereldtop) blijkt echter nog veel interpretatieruimte te bieden. Mede daardoor is deze norm nog (steeds) niet vastgesteld. Eind 2001, een jaar later dan gepland, zal de voorgenomen besparing tot met 2004 bekend moeten zijn (RIVM, 2001). In het jaar 2004 zal het convenant worden geëvalueerd. Deelnemende bedrijven worden niet geconfronteerd met extra specifieke nationale maatregelen gericht op energiebesparing of CO<sub>2</sub> reductie. Ze worden ook niet rechtstreeks aangeslagen voor de kosten die voortkomen uit verplichtingen die de Nederlandse overheid aangaat in het kader van Joint Implementation, Clean Development Mechanism en emissiehandel.

Het instrument is van belang voor het realiseren van energiebesparing en daarmee van CO<sub>2</sub>-reductie. Door NW&S (1998, 1999) wordt verwacht dat dit instrument zal leiden tot een jaarlijkse energiebesparing van 60 – 130 PJ in 2012, ofwel 5 – 9 Mton CO<sub>2</sub>. Een belangrijk deel van deze besparing, namelijk 87 PJ, wordt volgens deze studie geleverd door de elektriciteitsproductiesector, doordat nieuwe gasgestookte centrales een hogere efficiency hebben (57%, het gemiddelde rendement bedraagt momenteel ca. 44%). Bij de chemische industrie is energiewinst te behalen bij de productie van ammoniak (ca 4 PJ), chloor (ca 2 PJ) en de naftakrakers (ca 20 PJ). De energiewinst bij de papierindustrie is ca 5 PJ, bij de aluminiumindustrie ca. 1 PJ en bij de aardolieraffinaderijen ca 8 PJ. Bij de ijzer- en staalindustrie wordt geen extra energiewinst als gevolg van het instrument Benchmarking verwacht. Vergeleken met de 164 PJ die in de industrie in de periode 1989 - 1999 is

<sup>34</sup> Naast de industrie en raffinaderijen zijn dit ook de elektriciteitscentrales.

<sup>35</sup> Voor bedrijven met een energieverbruik van meer dan 0,5 PJ, die niet meedoen met benchmarking of onvoldoende invulling geven aan de verplichtingen van het convenant geldt dat zij een gelijkwaardige inspanning moeten leveren. Dit gebeurt dan op basis van de Wet Milieubeheer (direct maatregelen voorschrijven in de vergunning, onderzoeksverplichting opnemen naar het potentieel van energiebesparende maatregelen die tot een gelijkwaardige inspanning leiden). Eisen kunnen b.v. worden gesteld aan de opwekking van energie of aan de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die per geproduceerde kWh wordt gemiddeld, maar ook kan op grond van het stand-still principe het

gerealiseerd (EZ, 2000) is dit aan de lage kant. Daaruit kan geconcludeerd worden dat het besparingstempo in de industrie in de komende 10 jaar lager zal zijn dan in de MJA-periode.

### ***Kosten***

Bovengenoemde bedrijfstakken kunnen de energiewinst halen door enerzijds bij nieuwbouw (centrales, naftakrakers) de meest efficiënte installaties te plaatsen en anderzijds door bestaande installaties aan te passen (ammoniak, chloor en naftakrakers).

Aan het gebruik van de meest of meer efficiënte installaties zijn hogere kosten verbonden dan aan installaties die vanuit bedrijfseconomisch oogpunt optimaal zijn: d.w.z. installaties met minimale over-all kosten. De hogere kosten leiden tot een lager intern rendement ofwel een langere terugverdientijd. Over de mate waarin benchmarking deze beïnvloedt is weinig bekend. Een indicatie is dat bedrijven, om aan de benchmark te voldoen, in de eerste fase (tot 2006) geacht worden maatregelen te nemen met een interne rentevoet van 15% (ofwel een terugverdientijd van ca. 5 jaar)<sup>36</sup>. Deze worden als bedrijfseconomisch rendabel beschouwd, althans in de convenanttekst. Indien de rendabele maatregelen niet volstaan om aan de benchmark te voldoen, dienen vanaf 2006 ook 'bedrijfseconomisch minder rendabele' maatregelen worden getroffen. Hier worden maatregelen onder verstaan die niet voldoen aan de minimale rentabiliteitseis van de desbetreffende onderneming, maar wel aan de verwachte gemiddelde vermogenskostenvoet voor vreemd vermogen van de sector.

In deze variant is er van uitgegaan dat benchmarking niet gepaard gaat met een verhoging van de kostprijs van energie, maar dat bedrijven wel versneld zullen gaan investeren in efficiëntere installaties.

### ***Gebruik van STREAM om de effecten van dit instrument te analyseren***

Benchmarking is een instrument dat betrekking heeft op Nederlandse bedrijven. De STREAM analyse kan worden uitgevoerd voor petrochemie, kunstmest, staal, aluminium en papier. In deze paragraaf wordt alleen ingegaan op de petrochemie.

### ***Manier waarop de analyses zijn uitgevoerd***

In deze variant verplicht de basisindustrie zich tot de implementatie van energie besparende maatregelen met een terugverdientijd van 5 jaar en minder. Deze verplichting leidt tot een restrictie op de energie-intensiteit van de materiaalproductie, die daardoor lager wordt dan de intensiteit die autonoom tot stand zou komen. De hierdoor te bereiken extra verbetering van de energie-efficiency (zie studie NW&S) voor de basis-industrieën is ongeveer: Staal: 0%, Aluminium: 20%, Petrochemie: 20%, Papier: 10%, Kunstmest: 11% en Elektriciteitsproductie: 20%.

De elektriciteitsproductie is nog geen onderdeel van STREAM. Een benchmark-restrictie voor het energieverbruik bij de elektriciteitsproductie veroorzaakt een kostprijsstijging van elektriciteit. Deze zal echter weinig effect hebben op de inkooprijzen van elektriciteit van de basis-industrieën. Vanwege de internationale concurrentie kunnen de extra kosten niet doorberekend worden.

In STREAM kunnen bovengenoemde efficiëntieverbeteringen voor de basis-industrieën opgelegd worden door het energiegebruik per ton van nieuwe jaargangen aan te passen.

---

energiegebruik en de CO<sub>2</sub>-emissie worden vastgelegd op het huidige niveau. Er komt een nieuwe circulaire energie in de milieuvergunning waarin de mogelijkheden voor het opnemen van voorschriften in de milieuvergunning m.b.t. energiebesparing aan de orde komen.

<sup>36</sup> Ter vergelijking: in de 1e generatie MJA was de door het beleid verlangde terugverdientijd nog ca 3 jaar.

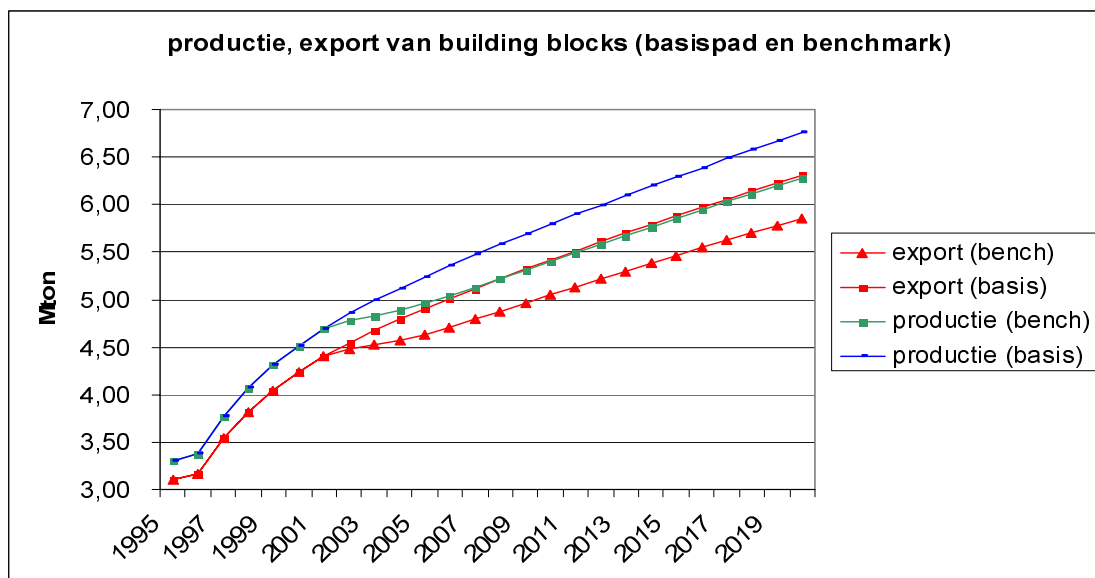
## Resultaten

Tabel 5-7 toont de effecten van de introductie van de benchmarkverplichting van 20% extra energie-efficiëntie op de productiekosten en de afzet van de Nederlandse petrochemie.

Tabel 5-7 Effecten van benchmarking energiegebruik op de productie in 2020 ten opzichte van basispad voor petrochemische monomeren (MM) en polymeren (PL)

	EFFECT IN 2020 (%)	
	MONOMEREN	POLYMEREN
energetisch energiegebruik per ton output	-17	-20
totaal energiegebruik per ton output	-8	-20
kapitaalverbruik per ton output (volledige bezetting)	12	3
arbeidsplaatsen per ton output	0	0
gemiddelde kostprijs per ton	3	1
vraag (MM2000 = 2,23 Mton; PL2000 = 1,96 Mton)	-1	0
productie (MM2000 = 4,52 Mton; PL2000 = 2,09 Mton)	-7	-1
export (MM2000 = 4,23 Mton; PL2000 = 1,35 Mton)	-7	-1
import (MM2000 = 1,95 Mton; PL2000 = 1,21 Mton)	0	0

Het (energetische) energiegebruik per ton output van zowel monomeren als polymeren is in 2020 in de benchmark-variant ca. 20% lager dan in de basisvariant. De extra besparingsinvesteringen leiden vooral bij de monomeren tot een niet te verwaarlozen verhoging van het kapitaalverbruik (ca. 12% hoger dan in basispad). Deze hogere kosten worden slechts gedeeltelijk gecompenseerd door lagere energiekosten, getuige het feit dat de productiekosten in de benchmark-variant ca. 3% hoger zijn dan in de basis-variant. Deze kostprijsverhoging leidt uiteindelijk tot een 7% lagere export, en een eveneens 7% lagere productie. Uit Figuur 5.6 kan worden afgeleid dat het relatieve verlies aan export en productie vooral optreedt in de periode 2000 - 2008 en daarna niet verder oploopt (er is aan de andere kant ook geen sprake van herstel).



Figuur 5.6 De productie- en exportontwikkeling van monomeren (building blocks genoemd) (basispad en benchmark)

***Conclusie***

Het STREAM model kan gebruikt worden om de economische effecten van Benchmarking in de basis-industrieën door te rekenen. De effecten van dit instrument stemmen overeen met de resultaten van een taakstelling. Het voordeel van Benchmarking boven een taakstelling is dat de doelstelling wordt bepaald op grond van technieken die zich in de praktijk bewezen hebben, en dat de doelstelling automatisch stringenter wordt als de besparingsmogelijkheden door technologische vooruitgang groter worden. Een nadeel van Benchmarking is dat het problematisch kan zijn, zoals nu ook blijkt (RIVM, 2001), om de benchmark vast te stellen. Het gaat daarbij niet alleen om het vaststellen van de diverse normen voor de verschillende processen, maar ook om het toepasbaar verklaren van een bepaalde norm voor een bepaald proces in een bepaalde onderneming.

### 5.3.4 NO<sub>x</sub>-Emissiehandel (EH)

#### *Beschrijving van het instrument*

EH is gericht op het beperken van de NO<sub>x</sub>-uitstoot door de sectoren elektriciteitscentrales, raffinaderijen en de grote industrie. Onder grote industrie wordt verstaan inrichtingen met een opgesteld thermisch vermogen van tenminste 20 MW. Deze drie sectoren dienen in 2010 hun NO<sub>x</sub>-emissie te hebben beperkt tot maximaal 55 kton. Deze taakstelling komt neer op een reductie van ca. 50% ten opzichte van 1995.

#### *Werking*

De taakstelling (ca 55 kton) wordt vertaald naar een uniforme inrichtings-eis van 50 gram NO<sub>x</sub>/GJ, althans voor stookinstallaties (BEES-achtige bronnen). Gemiddeld bedroeg de emissiefactor van dit type installaties in 1995 ca. 100 gram NO<sub>x</sub>/GJ. Voor 'bijzondere bronnen'<sup>37</sup> zal een minder stringente eis gaan gelden, aangezien de emissiefactor in de uitgangssituatie i.h.a. aanmerkelijk hoger ligt dan 100 gram NO<sub>x</sub>/GJ. Voor bijzondere bronnen wordt een reductie van 40% geëist ten opzichte van de uitstoot per eenheid productie in 1995 (dit wordt gezien als een vergelijkbare inspanning).

Bedrijven die de eis overschrijden zijn verplicht voor het 'overschreden deel' rechten te kopen van bedrijven die de eis onderschrijden. Dit zal waarschijnlijk niet rechtstreeks gebeuren, maar via een beurs. Hier vindt prijsvorming plaats doordat vraag en aanbod bij elkaar worden gebracht. Potentiële (ver)kopers geven aan hoeveel NO<sub>x</sub> ze tegen welke prijs willen (ver)kopen - dit kan ook voor een toekomstig jaar zijn. Door deze procedure een aantal keren te doorlopen, ontstaat een evenwichtsprijs. De deelnemers worden namelijk na elke ronde geïnformeerd over de (virtuele) prijs die op dat moment zou gelden, en worden zo in staat gesteld hun prijs daaraan aan te passen. De eindprijs wordt bepaald door de marginale kosten van reductiemaatregelen van de marginale aanbieder.

De genoemde inrichtings-eis moet in 2010 gerealiseerd zijn. Voor de jaren tussen het startjaar (2003) en 2010 worden echter ook eisen gesteld: in het begin soepel, gaandeweg steeds strenger. Het is namelijk nadrukkelijk de bedoeling dat van meet af aan handel gaat plaatsvinden.

#### *Kosten*

De kostenberekeningen die Stork (Stork, 1998) heeft gedaan t.b.v. de ondersteuning van de discussies tussen beleid en industrie zijn alleen gebaseerd op de feitelijke kosten van maatregelen<sup>38</sup>. De uitkomst hiervan is dat handel zal plaatsvinden tegen fl. 8,5/kg NO<sub>x</sub>. Dit is de marginale kostprijs van de duurste maatregelen die nodig zijn om het emissieplafond van 55 kton NO<sub>x</sub> te realiseren.

#### *Gebruik van STREAM om de effecten van dit instrument te analyseren*

Het model omvat niet alle sectoren die betrokken zijn bij het voorgestelde systeem van emissiehandel. De emissiehandelsprijs moet dus buiten het model om bepaald worden. In het model is verondersteld dat de marktprijs een niveau bereikt van fl. 8500/ton NO<sub>x</sub>. Hierdoor stijgen de kosten voor het verbruik van de energie waarbij de NO<sub>x</sub> wordt uitgestoten: 20% voor kolen, 11% voor ruwe olie, 9%

<sup>37</sup> Dit zijn installaties waarin de NO<sub>x</sub>-emissies a) weliswaar zijn gerelateerd aan het gebruik van brandstoffen, maar waarbij sprake is van sterk afwijkende condities (glasovens, cementovens, cokesovens en hoogovens), of b) rechtstreeks uit het proces afkomstig zijn (salpeterzuur- en zwavelzuurfabrieken).

<sup>38</sup> De mogelijke invloed van marktmechanismen op de prijsvorming zijn dus buiten beschouwing gelaten.

voor gas<sup>39</sup>. Deze kostenstijging kan in het model enigszins gereduceerd worden door te investeren in NOx-reducerende maatregelen. Verder kan in het model door energiebesparing het effect op de kostprijs van de productie nog verder verminderd worden. Deze kosten gelden alleen in zoverre de ondernemer meer uitstoot dan de norm. Blijft een ondernemer beneden de norm dan kan deze het verschil in de vorm van emissierechten verkopen op de markt en daarmee zijn opbrengsten vergroten. Hier is een reductienorm van 50% gehanteerd.

### Resultaten

Tabel 5-8 toont de effecten van de maatregel op o.a. de productie, het energiegebruik en de NOx-uitstoot van de Nederlandse Petrochemie.

*Tabel 5-8 Effecten van NOx-emissiehandel in 2020 ten opzichte van basispad voor petrochemische monomeren (MM) en polymeren (PL, plastics)*

	EFFECT IN 2020 (%)	
	MONOMEREN	POLYMEREN
Energetisch energiegebruik per ton output	-4	-2
totaal energiegebruik per ton output	-2	-2
kapitaalverbruik per ton output (volledige bezetting)	2	0
arbeidsplaatsen per ton output	0	0
NOx per eenheid energie	-47	n.b.
NOx per eenheid fysiek product	-50	n.b.
totale NOx-uitstoot	-51	-50
NOx kosten bovenop de energieprijis	7	n.b.
Gemiddelde kostprijs per ton	1	0
vraag (MM2000 = 2,23 Mton; PL2000 = 1,96 Mton)	0	0
productie (MM2000 = 4,52 Mton; PL2000 = 2,09 Mton)	-4	-1
export (MM2000 = 4,23 Mton; PL2000 = 1,35 Mton)	-4	-1
import (MM2000 = 1,95 Mton; PL2000 = 1,21 Mton)	0	0

Als gevolg van NOx-emissiehandel is de NOx-uitstoot per eenheid fysiek product voor zowel monomeren als polymeren gehalveerd ten opzichte van het basispad. Bij polymeren is dit nagenoeg volledig het resultaat van end-of-pipe maatregelen; bij de monomeren draagt ook energiebesparing (t.a.v. energetisch gebruik) hieraan bij. Bij de monomeren zijn de 'NOx kosten bovenop de energieprijis' 7% hoger dan in de basisvariant. Omdat deze prijsverhoging alleen geldt voor de NOx uitstoot boven de norm, is de gemiddelde toename van de energieverbruiksprijs slechts 2%. Daarom nemen de productiekosten met nog geen 1% toe. Deze kostprijsverhoging leidt uiteindelijk tot een 4% lagere export, en een eveneens 4% lagere productie.

### Conclusie

Met STREAM zijn ook de economische effecten op de ontwikkeling van de basis-industrieën van een systeem van NOx emissiehandel door te rekenen, mits exogeen de marktprijs van emissierechten worden ingebracht. Daarbij kan rekening gehouden worden met de mogelijkheden van NOx reductie door "end of pipe solutions", met de effecten van energiebesparing en met het marktverlies ten gevolge van de gestegen productiekosten.

Het voordeel van dit beleidsinstrument waarbij handel gekoppeld wordt aan een prestatienorm is dat de marginale energieverbruiksprijs weliswaar hoog kan zijn en daardoor NOx-reducties stimuleert, maar de gemiddelde energieverbruiksprijs laag blijft zodat de stijging van productiekosten beperkt is en weinig verplaatsing van productiecapaciteit zal veroorzaken. Een vergelijkbaar resultaat

<sup>39</sup> Daarbij is uitgegaan van een olieprijs van 25\$ per barrel en een dollarkoers van 2.15.

kan overigens worden verkregen door een heffing te koppelen aan een prestatienorm. Een voordeel daarvan boven handel zou de geringere transactiekosten kunnen zijn.



## 6. Synthese

### 6.1 STREAM: resultaten

De productie van basismaterialen geeft een hoge druk op het milieu. Met STREAM kan voor een aantal basismaterialen geanalyseerd worden hoe en waar (Nederland, West Europa, rest van de wereld) de fysieke productie van basismaterialen uit ruwe en gerecyclede grondstoffen reageert op economische ontwikkelingen en (milieu)beleid. Daarmee is STREAM een belangrijke schakel tussen economische verkenningen en milieuverkenningen

#### *Trends volgens STREAM*

- Op basis van een geaggregeerde modelbeschrijving wordt de komende decennia een verdere groei voorzien van de Europese vraag naar en productie van basismaterialen. De mate van groei verschilt per beschouwd materiaal. De vraag naar aardolieproducten als polymeren en oplosmiddelen groeit het sterkst, sterker dan de economie groei (in guldens), terwijl de West Europese vraag naar en productie van kunstmest stagneert.
- Onder invloed van technologische ontwikkeling vindt er een vrij continue daling plaats van de kostprijs. Deze voorziene lange-termijnkostprijsontwikkeling is derhalve eerder een stimulans dan een rem op de vraag naar energie-intensieve materialen.
- De productiegroei van basismaterialen in Nederland, grotendeels ten behoeve van de export, houdt gelijke tred met die in de rest van West Europa. De energie-efficiency van productie neemt verder toe, mede door een toenemend aandeel secundaire productie, maar blijft achter bij de productiegroei. Het totale industriële energiegebruik en daarmee samenhangende CO<sub>2</sub> emissies nemen daarom toe (zie ook RIVM, 2000a).

#### *Beleidsanalyses voor Nederland met STREAM*

Omdat de Nederlandse productie sterk op de export gericht is, is van belang hoe sterk de afnemers in het buitenland reageren op verhoging van de kostprijs van Nederlandse basismaterialen. Volgens STREAM resulteert een verhoging van de kostprijs in Nederland t.o.v. het buitenland met 1% in een afname van de export van 6-8%. Door de grote kostprijsgevoeligheid van de Nederlandse export staat het zoeken naar goedkope en toch milieu-effectieve instrumenten centraal in het industriële milieubeleid.

Op macroniveau (i.e. sectoren) zijn en blijven de milieukosten van het vastgestelde milieubeleid een kleine post op de totale productiekosten van de basisindustrie. Slechts 1-2% van de huidige en toekomstige<sup>40</sup> totale productiekosten betreft kosten voor milieumaatregelen. Zelfs wanneer dit volledig *meerkosten* zouden zijn t.o.v. het buitenland, hetgeen hoogstens ten dele waar zal zijn (zie 5.2) heeft volgens STREAM de industrie ruime mogelijkheden om deze kosten op te vangen. De modelberekeningen waarin het energiebesparingsbeleid wordt aangescherpt illustreren echter dat een scherper prijsbeleid in *Nederland*, in dit geval een *energieheffing zonder terugsluis*, een impuls is voor extra energiebesparing maar tevens, afhankelijk van de hoogte van de heffing, leidt tot verschuiving van productiecapaciteit naar het buitenland.

---

<sup>40</sup> Bij het nu vastgestelde beleid.

Dit rapport biedt overigens geen inzicht in het netto verlies of winst in milieu-efficiency die een dergelijke verplaatsing met zich mee zou brengen. Convenantafspraken, hier energie-efficiencytaakstelling en benchmarking energie-efficiency, illustreren dat *in theorie* vrijwillige energieperformance-afspraken, die dus niet gepaard gaan met een stijging van de gemiddelde kosten, de concurrentiepositie veel minder schaden, bij een zelfde milieurendement dan wanneer de gemiddelde kosten wel toenemen (zoals bij een energieheffing zonder (adequate) terugsluis). De dwingendheid van deze instrumenten is echter veel geringer; een aspect waarmee STREAM geen rekening houdt. STREAM illustreert dat daar waar emissies brandstofgerelateerd zijn, emissiehandel (hier als voorbeeld NO<sub>x</sub>-handel) tevens energiebesparing stimuleert. Bij elk van deze beleidsinstrumenten zijn er echter transactiekosten, die in het ene geval beduidend groter kunnen zijn dan in een ander geval. Deze kosten zijn in deze analyse niet beschouwd.

## 6.2 STREAM: Aandachtspunten voor verder onderzoek

### 6.2.1 Binnen het domein van het huidige STREAM

#### *Datakwaliteit*

De coëfficiënten van het huidige model zijn gebaseerd op een beperkt databestand, zowel in omvang als in kwaliteit. Het uitbouwen van een zo goed mogelijk databestand kan de onzekerheid over modelstructuur, modelspecificatie en modelparameters reduceren.

Op de eerste plaats is er grote behoefte aan meer consistente tijdreeksen van de nationale en internationale vraag, productiefactoren, productiekosten en handel van monomeren en polymeren.

Deze informatie is voornamelijk te vinden bij de chemische industrie zelf.

Ten tweede zijn er meer consistente tijdreeksen nodig van de nationale en internationale vraag, productiekosten en handel van secundaire materialen. Ook deze informatie is voornamelijk te vinden bij secundaire producenten zelf.

Ten derde zijn er meer consistente tijdreeksen nodig van de productiekosten van primaire en secundaire materialen en schroot in de ontwikkelingslanden, Australië en Japan nodig om een betere beschrijving te geven van de ontwikkelingen op de wereldmarkt voor materialen. Deze informatie is gedeeltelijk terug te vinden in de internationale statistieken van de UN en bij de materiaalproducenten zelf.

Op het Nederlandse schaalniveau spelen ook meer fundamentele onzekerheden een rol. Omdat de productie, import en export van materialen door slechts een paar bedrijven bepaald worden zijn de historische ontwikkelingen ook gekleurd door specifieke of toevallige gebeurtenissen en condities. De belangrijkste onzekerheden *en gevoeligheid* van het Nederlandse blok van het model zijn te vinden in de gehanteerde import-export elasticiteiten, die bepalen *hoe* sterk de export en de import van materialen reageert op kostprijsverhogingen.

#### *Vertaling van beleidsinstrumenten naar STREAM inputs*

De effecten van (milieu)beleid moeten in STREAM vertaald worden naar economische consequenties voor het productieproces. Het doorrekenen van energieheffingen, en eenduidige convenantafspraken, bijvoorbeeld 10% verbetering energie-efficiency, is recht-toe-recht-aan mogelijk met STREAM. STREAM rekent uit hoe dit beleid doorwerkt in de totale productiekosten, en hoe die vervolgens de concurrentiepositie beïnvloeden. Het doorrekenen van convenanten met een zwevende doelstelling, zoals het Convenant benchmarking, is lastig omdat niet bekend is wat het absolute niveau is van de te bereiken energie-efficiency ('top van de wereld') en welke kosten daaraan verbonden zijn. Door een aantal vooronderstellingen te doen, kunnen met STREAM indicatieve berekeningen worden gedaan over het (economische) effect van benchmarking. Voor het instrument emissiehandel geldt dat een marktprijs verondersteld moet worden. Door, voor NO<sub>x</sub>-emissies gerelateerd aan energie, de NO<sub>x</sub>-reductiekosten om te rekenen naar een energieprijshoging kan substitutie tussen nageschakelde technieken versus energiebesparing, ter reductie van NO<sub>x</sub> emissies, berekend worden.

Om de inzetbaarheid van STREAM bij beleidsanalyses te vergroten, zal vooral aandacht moeten worden besteed aan de wijze waarop beleidsinstrumenten doorwerken in de kosten van bedrijven.

### ***Gebruiksvriendelijkheid***

Het huidige STREAM model is ontwikkeld als onderzoeksmodel en niet direct gebruiksvriendelijk, zowel als het gaat om het gebruik van het model als het doen van modelaanpassingen. Daarom is een project gestart waarin het model zal worden omgezet van Javelin naar ISIS. Verder is het opzetten van een gezamenlijke versie-beheersstructuur tussen CPB en RIVM van belang voor het kwaliteitsgeborgde werken met STREAM.

## **6.2.2 buiten het domein van het huidige STREAM**

### ***Materiaalvraag ontwikkelingen***

Het huidige model is gebaseerd op macro-relaties voor de directe vraag naar materialen in de vorm van halfproducten. Met deze relaties kan een 30-jarige trend in materiaalvraag gefit worden. Van daaruit wordt verondersteld dat de *trend* voor de komende 30 jaar voorspeld kan worden. De geaggregeerde vraagvergelijking is niet ontwikkeld, en derhalve ook niet geschikt, om specifieke ontwikkeling te analyseren die de materiaalvraag beïnvloeden, bijvoorbeeld productbeleid. Het model zal in dit opzicht verbeteren wanneer methodes worden ontwikkeld om het finale materiaalverbruik per sector in kaart te brengen en te analyseren (zie het MUSSIM project, <http://www.econ.vu.nl/re/MUSSIM>). Anderzijds kan ook aansluiting worden gezocht bij modellen als MATTER en DIMITRI (zie paragraaf 2.4 en bijlage 3), die in groter detail de afname van materialen door verwerkende sectoren modelleren.

### ***Technologie-ontwikkelingen***

Technologie-ontwikkeling is sterk bepalend voor zowel kostenontwikkeling als milieuefficiency van productie van basismaterialen. Technologische verbetering (efficiency verhoging) van de productie van materialen is exogeen in STREAM. Dat wil zeggen, dat nieuwe jaargangen in STREAM jaarlijks een vast percentage efficiënter worden in kapitaal-, energie- en arbeidsintensiteit. Deze trendmatige efficiency verbetering is bepaald door kalibratie op 30 jaar monitoringsgegevens. STREAM bevat *niet* de drijvende krachten achter technologie-ontwikkeling, en de mogelijke aangrijpingspunten van beleid daarop. STREAM is niet ontwikkeld, en derhalve ook niet geschikt, om de effecten van beleid gericht op technologie-ontwikkeling door te rekenen. Het model zou worden verbeterd wanneer een goede kwantitatieve beschrijving van de relatie tussen de technologische en de economische ontwikkeling zou worden gevonden en ingebracht.

## Referenties

- Booij, H., J.P.M Ros en M.M.P van Oorschot. 2000. Beschrijving Model Effectiviteit Instrumenten, versie 2.0 (MEI 2.0). RIVM rapport 773401001.
- CPB, 1997. Economische verkenning voor de volgende kabinetsperiode. Centraal Planbureau/Sdu uitgevers Den Haag.
- CPB, 2000. Naar een efficiënter milieubeleid; een maatschappelijk-economische kosten-batenanalyse van vier hardnekkige milieuproblemen, SDU, Den Haag
- CPB, 2001. Fiscale vergroening en energie II; economische effecten van verhoging en verbreding van de Regulerende Energiebelasting, CPB-document 006
- Elzenga, H.E., R.F.J.M. Engelen, J.J. van Wijk en J.P.M. Ros. 2000. Energiebesparing Industrie, naar een energiebesparingsmodel. RIVM rapport 778011003.
- EZ (2000). Meerjarenafspraken energie-efficiency, resultaten 1999.
- Gerwen, O.J. van, J.A. Annema, P.M. van Egmond, M.G.M Harmelink en D. Nagelhout. Milieuontwikkelingen op de middellange termijn. RIVM rapport 25170132.
- Gielen, D.J. 1999. Materialising dematerialisation. Proefschrift . TU-Delft.
- Mannaerts, H.J.B.M. (1993) Het verbruik van non-energetische grondstoffen op lange termijn, CPB Onderzoeksmemorandum No. 109, augustus 1993.
- Mannaerts, H.J.B.M. (1995) Materiaalstromen in de Nederlandse economie: enige belangrijke economische relaties, thema nummer Milieu, jaargang 10, 1995/3.
- Mannaerts, H.J.B.M. (2000b), Regulatory taxation of large energy users reconsidered, CPB Report 00/3 p. 47-51
- Phylipsen, G.J.M., K. Blok en E. Worrell; Benchmarking the energy efficiency of the Dutch energy-intensive industry; september 1998; Vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving; Universiteit Utrecht.
- De Beer, J.G. en K. Blok; Benchmarking the energy efficiency using a dynamic approach; april 1999; Vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving; Universiteit Utrecht.
- Phylipsen, G.J.M. 2000. Benchmarking the energy efficiency of the Dutch energy-intensive industry. Proefschrift, Universiteit van Utrecht.
- RIVM (2000a). Nationale Milieuverkenning 5 2000-2030, Samson b.v. Alphen aan de Rijn
- RIVM (2000b). Milieubalans 2000, Samson b.v. Alphen aan de Rijn
- RIVM (2001). Milieubalans 2001, Samson b.v. Alphen aan de Rijn
- Stork (1998) R.J. van der Velde, Reductiepotentieel van NOx emissies bij de industrie, raffinaderijen en centrales met de samenhangende kosten, STORK Engineering Consultancy B.V., 26-10-1998.
- VROM, 1994. Methodiek Milieukosten, achtergronddocument. Publikatiereeks Milieubeheer, Rapportnr. 1994/1. Den Haag.
- Wesselink, L.G. *et al* (2001). Industrie in de MV5, RIVM rapport 773006301, Bilthoven.
- Wijk, J. van., R.F.J.M Engelen en J.P.M Ros. 2001. Model effectiviteit Instrumenten-Energiebesparing industrie (MEI-energie). RIVM rapport 778011004.
- Wilting, H.C. *et al* (2001). *DIMITRI: beschrijving en toepassing van een dynamisch input-outputmodel* RIVM rapport 778001005, Bilthoven

### **Publicaties in kader van en over STREAM**

- Dam van J. en W.F. Blom. 1998. Modellerings van hergebruik van kunststof als bouwsteen voor STREAM. RIVM rapport nr. 778001001.

Elzenga, H. en R. Smit. 1995. Dominante factoren voor inzet van staalschroot bij de productie van ijzer en staal. Notitie RIVM/LAE.

Mannaerts, H.J.B.M. (2000a), STREAM. CPB Onderzoeksmemorandum No 165, CPB Den Haag mei 2000-11-24

Mannaerts, H.J.B.M. (1996) STREAM, deel 1: Een staalmodel voor Nederland binnen de West-europese economie, Interne Notitie CPB No: 96/IV/02.

Mannaerts, H.J.B.M. (2001), Specificatie van Milieukosten in STREAM , interne notitie

Feber, de. M.A.P.C. TNO. 1998. Factoren van invloed op oudpapierinzet in Nederland – Een parameterstudie t.b.v. CPB/RIVM model ‘STREAM’ TNO rapport 98/010653-1/MF

Thomas, R. 2000. Milieukosten voor bedrijven in Nederland en omliggende landen. Onderzoek i.h.k. van het project Milieu en Economie. RIVM, Interne notitie maart 2000.

## Bijlage 1: van STREAM versie 0 naar 1.02

Nadat de lange termijn ontwikkeling van de mondiale en West-Europese materiaalvraag reeds in 1993 door het CPB (Mannaerts, 1993) was onderzocht, is het CPB – in samenwerking met het RIVM – in 1995 begonnen met het maken van STREAM (Mannaerts, 1995). In 1996 was de staalmodule gereed voor Nederland en West-Europa (Mannaerts, 1996). Bij het opstellen van de Lange Termijn Verkenning van 1997 (LT97) is deze module toegepast (CPB, 199x). Die toenmalige staalmodule week overigens op een aantal punten af van het huidige STREAM-versie (Tabel B.1) Het belangrijkste verschil was dat alleen de Nederlandse en West-Europese macro *vraag*vergelijkingen zijn gebruikt en niet de *aanbod*vergelijkingen.

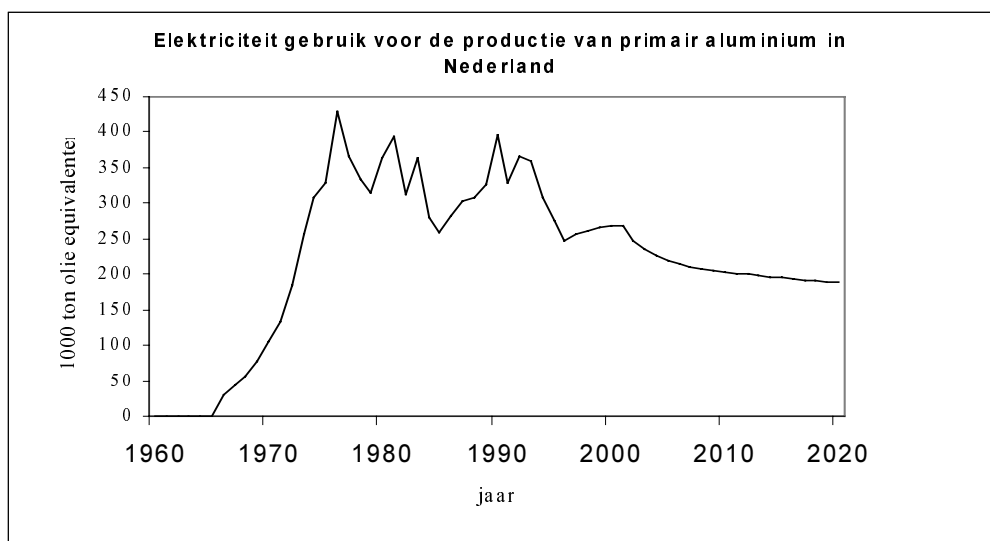
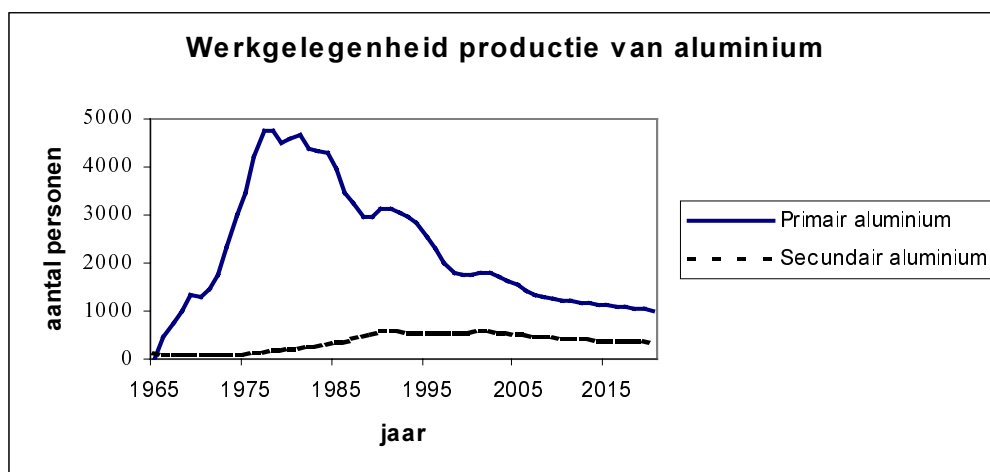
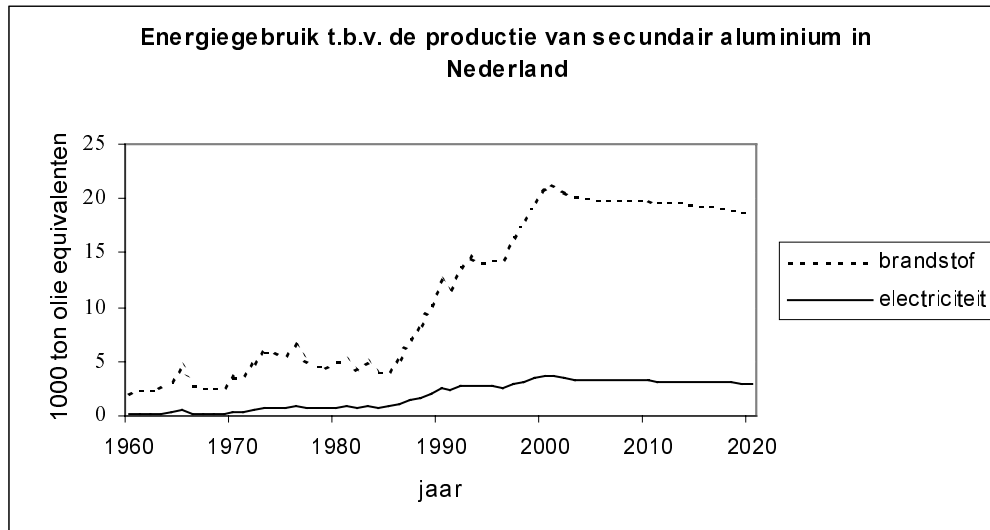
Tabel B.1 Belangrijkste verschillen tussen de LT97 staalmodule en de huidige STREAM modules.

LT 97 VERSIE	VERSIE 1.02 (DEC 2000)
Alleen vraagvergelijkingen	Ook aanbodvergelijkingen
Exogene verdeling primair en secundaire productie	Endogene (op grond van prijzen en structuurveranderingen) verdeling primaire en secundaire productie
Exogene verdeling van de vraag over binnenlands en buitenlands aanbod	Endogene (op grond van prijzen en structuurveranderingen) verdeling van de vraag over binnenlands en buitenlands aanbod
Trendmatige prijsontwikkelingen van materialen	Prijsontwikkelingen van grondstoffen, materialen en schroot komen tot stand door vraag en aanbod ontwikkelingen.

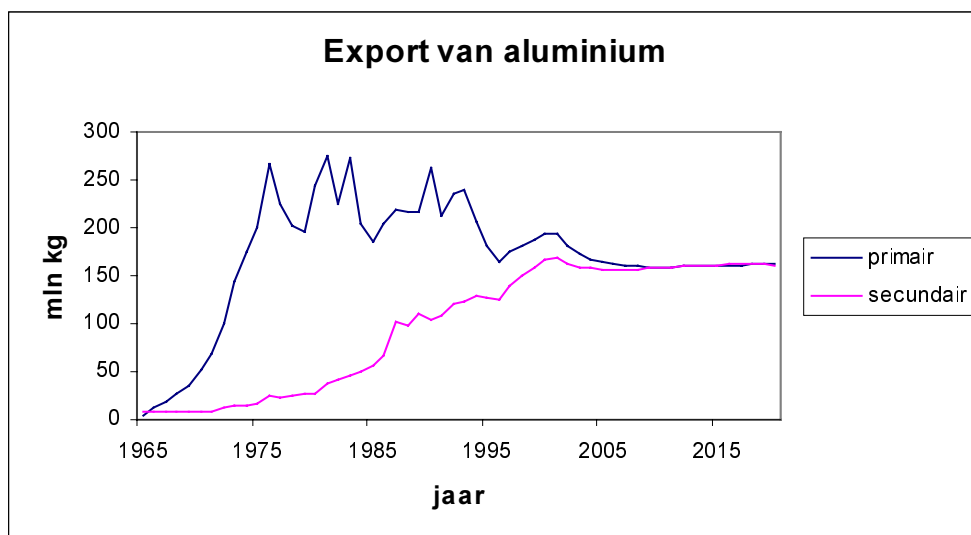
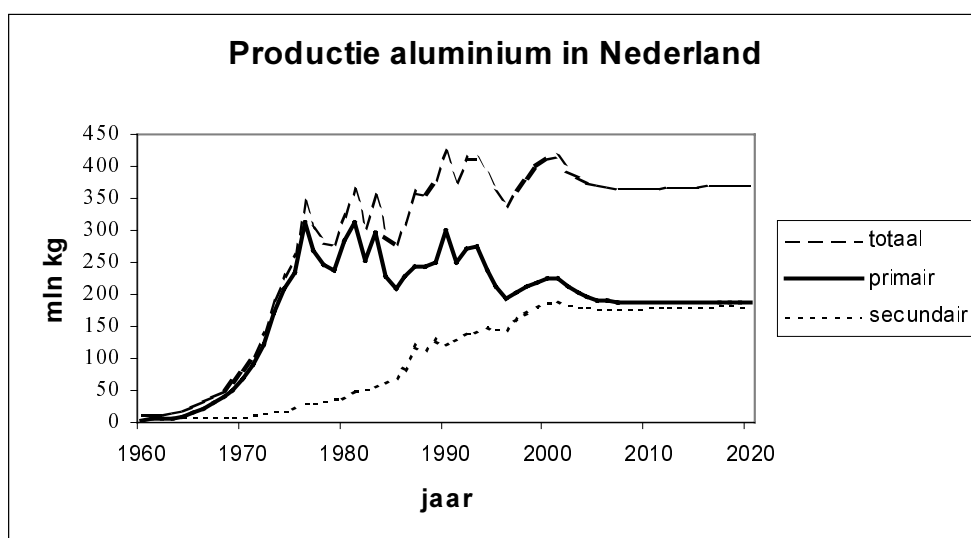
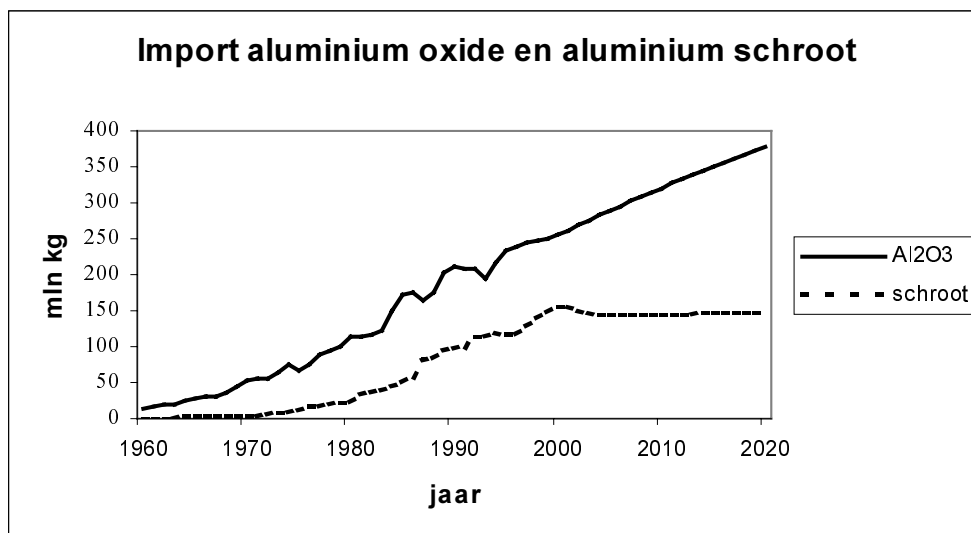
Na 1996 is STREAM uitgebreid met modules voor andere basismaterialen, aluminium, papier, petrochemische producten (monomeren, polymeren en oplosmiddelen) en kunstmest (stikstof, fosfaat en kalium). De opbouw en werking van deze modules is dezelfde als van de staalmodule.

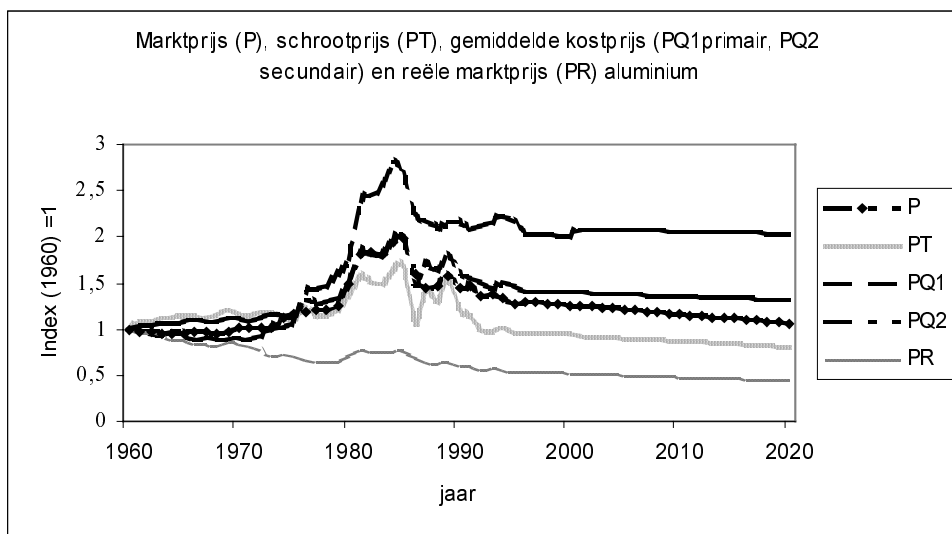
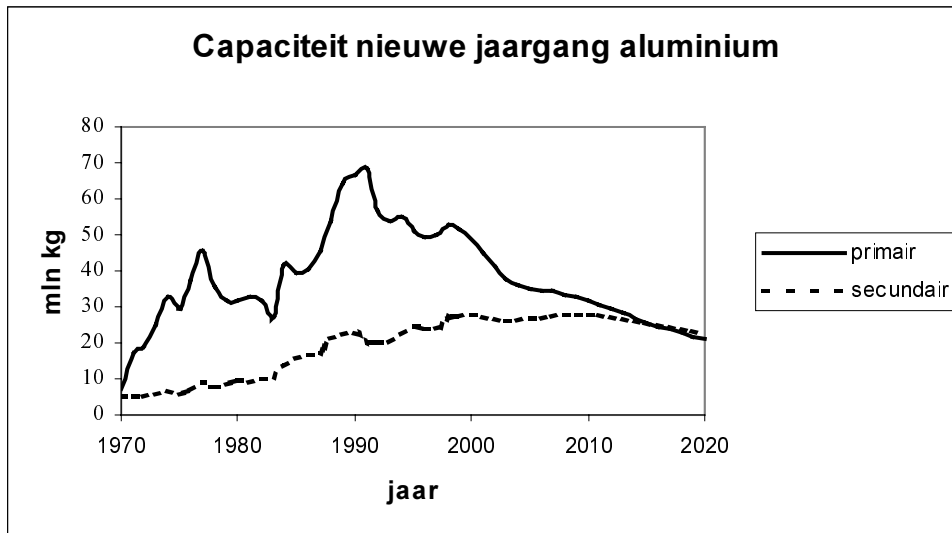
## Bijlage 2 Output van STREAM

In deze bijlage zijn -in de vorm van een aantal figuren- voorbeelden gegeven van resultaten die met STREAM kunnen worden gegenereerd. Dit is geen volledig overzicht en de figuren zijn niet gerelateerd aan de in dit rapport vermelde varianten.









## Bijlage 3 STREAM, MATTER en DIMITRI

Hoe verhoudt STREAM zich tot andere modellen die ook (fysieke) materiaalstromen beschrijven? In het navolgende wordt een kort overzicht gegeven.

### MATTER

MATTER (a Markal materials and energy systems model) (Gielen, 1999) koppelt de productie van materialen (136!) aan de consumptie van materialen in 54 productcategorieën. (bijvoorbeeld personenauto's, vrachtauto's, huizen). Aan de productie van deze materialen en aan het gebruik daarvan (vervoer, wonen, etc.) zijn energie- en CO<sub>2</sub> factoren gekoppeld, alsmede technologische verbeteropties en kosten daarvan. MATTER is een jaargangenmodel dat de autonome 'traagheid' in de vervanging van bestaande door nieuwe technologieën modelleert. MATTER is een optimalisatiemodel dat bijvoorbeeld berekent hoe een Europees CO<sub>2</sub> plafond zo kosteneffectief mogelijk kan worden bereikt, niet alleen door energiebesparing o.i.v. procesverbetering, maar ook door bijvoorbeeld verschuiving naar gebruik van energie-extensievere materialen in producten.

Zowel MATTER als STREAM beschrijven de ontwikkeling van fysieke materiaalstromen door de economie, d.w.z. van producenten naar consumenten, en evt. weer terug via recycling. Tabel B2 geeft de belangrijkste verschillen en overeenkomsten tussen beide modellen.

*Tabel B 2 vergelijking STREAM, MATTER en DIMITRI*

	STREAM	MATTER	DIMITRI
Berekent vraag en productie van materialen?	Ja (fysiek)	Ja (fysiek)	Ja (monetair)
Detailniveau vraagvergelijking	Globaal	Detail	Detail
Vraagtrend	Exogeen	Exogeen	Exogeen
<i>Economische mechanismen</i>	<i>Gedetailleerd</i>	<i>Globaal</i>	<i>Globaal</i>
<i>Technologische ontwikkelingen (opties)</i>	<i>Globaal</i>	<i>Detail</i>	<i>Detail</i>
Allocatie van productie over regio's (aantal)	Ja (3)	Nee	Ja (3)
Beschouwd substitutie tussen materialen	Nee	Ja	Nee <sup>1)</sup>
Beschouwd hergebruik van materiaal	Ja	Ja	Nee <sup>2)</sup>
Jaargangenmodel	Ja	Ja	Ja
Optimalisatiemodel	Ja	Ja	Nee

1) wordt t.z.t wel als technologische optie opgenomen

2) hergebruik is niet expliciet zichtbaar, maar impliciet wel omdat alle financiële stromen, dus bijvoorbeeld ook die van de schroothandel naar de aluminiumindustrie, zijn opgenomen

### DIMITRI

DIMITRI (Dynamic Input/Output model to study the impact of Technology Related Innovations), is een Input/Output model ontwikkeld door het RIVM (Wilting *et al*, 2001). In DIMITRI worden geldstromen tussen economische sectoren, in Nederland en tussen Nederland en het buitenland, beschreven. Deze geldstromen komen overeen met leveringen van goederen en diensten. Door het koppelen van energie en emissie-intensiteiten aan deze geldstromen kunnen directe en indirecte effecten van productie (ook wel *voetafdruk* genoemd) en indirecte effecten van consumptie in NEDERLAND worden berekend. Onder indirecte effecten wordt verstaan, de milieueffecten die 'vroeger' in de keten plaatsvinden. Als voorbeeld, DIMITRI bevat de transportsector, de totale milieudruk t.g.v. de transportsector wordt berekend als de som van indirecte milieudruk t.g.v.

ertswinning, staalproductie en automontage en de directe milieudruk door brandstofverbruik tijdens het rijden. DIMITRI heeft een jaargangenstructuur, waarmee de implementatie van nieuwe technologieën kan worden doorgerekend. DIMITRI is in tegenstelling tot STREAM en MATTER geen optimalisatiemodel. DIMITRI berekent ‘what if’ scenario’s betreffende, i) veranderingen in de finale vraag naar goederen en diensten en ii) veranderingen in technologie en productiestructuur.

## Verzendlijst

1. prof. ir. N.D. van Egmond	RIVM
2. ir. F. Langeweg	RIVM
3. drs. R.J.M. Maas	RIVM
4. dr. J.A. Hoekstra	RIVM
5. dr. ir. B. Metz	RIVM
6. dr. S. Kruitwagen	RIVM
7. dr. A. de Moor	RIVM
8. dr M.M.P van Oorschot	RIVM
9. dr. M. Kuijpers-Linde	RIVM
10. dr. ir. A.M. Idenburg	RIVM
11. ir. H. Westhoek	RIVM
12. dr. T. Aalbers	RIVM
13. drs. A.H. Hanemaaijer	RIVM
14. dr. E. Drissen	RIVM
15. drs. R.A. van den Wijngaart	RIVM
16. drs. J.A. Oude Lohuis	RIVM
17. drs. J.P.M. Ros	RIVM
18. ir. J. van Dam	RIVM
19. ir. R.F.J.M Engelen	RIVM
20. dr. H. Wilting	RIVM
21. drs. D.P. van Vuuren	RIVM
22. dr. F.J.H. Don	CPB
23. drs. B. Minne	CPB
24. T.H.J. Dissler	CPB
25. drs. C.J.J. Eijgenraam	CPB
26. drs. M.G. Lijesen	CPB
27. drs. H.G.A. Noordman	CPB
28. drs. V.R. Okker	CPB
29. drs. M. J. Stoffers	CPB
30. drs. T.H. van Hoek	CPB
31. dr. D. Kingma	CPB
32. dr. C.C. Koopmans	CPB
33. dr. P.J.G. Tang	CPB
34. drs. P.J.J. Veenendaal	CPB
35. drs. M.W.A.M. Vromans	CPB
36. mr. C.M. Zwartepoorte	DGM/KVI
37. drs. M. Allessie	DGM/KVI
38. drs. M.M. de Hoog	DGM/KvI
39. drs. P. Hofmeier	DGM/KvI
40. drs. J. Vis	DGM/KvI
41. drs. J.H.M Pieters	DGM
42. drs. K.J. Koops	EZ
43. drs. R. M. van der Linden	EZ

- 44. drs. P. Aubert EZ
- 45. prof. Dr. K .Blok UU/NW&S
- 46. prof. dr. W.C. Turkenburg UU/NW&S
- 47. prof. dr. H. Verbruggen VU
- 48. dr. H.L.F. de Groot VU/Ruimtelijke economie
- 49. dr. P.J.H van Beukering VU
- 50. ir. R. Ybema ECN
- 51. drs. Ir. A.W.N. van Dril ECN
- 52. dr. D.J. Gielen ECN
- 53. Auteurs
- 54. Depot Nederlandse publikaties en Nederlandse bibliografie
- 55. SBD/Voorlichting & Public Relations
- 56. Bureau Rapportenregistratie
- 57. Bibliotheek RIVM
- 58. Bureau Rapportenbeheer
- 59. 24 Reserve exemplaren
- 60. Totaal aantal rapporten 90