

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Minder meten, meer weten!

De toepassing van indicatoren voor
dematerialisatiebeleid

Rapport

Delft, februari 2003

Opgesteld door: Sander de Bruyn
Jan Vroonhof
Berend Potjer
Anne Schwencke
Jan Paul van Soest



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

Bruyn, Sander de, Jan Vroonhof, Berend Potjer, Anne Schwencke, Jan Paul van Soest

Minder meten, meer weten!

De toepassing van indicatoren voor dematerialisatiebeleid

Delft, CE, februari 2003

Productie / Grondstoffen / Afname / Meetmethoden / Indicatoren / Uitgangspunten (milieubeleid)

Publicatienummer: 03.7159.03

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE

Oude Delft 180

2611 HH Delft

Tel: 015-2150150

Fax: 015-2150151

E-mail: publicatie@ce.nl

Opdrachtgever: Ministerie van VROM

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Sander de Bruyn.

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

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

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

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

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

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	7
1.1 Dematerialisatie en duurzame ontwikkeling	7
1.2 Dematerialisatie en indicatoren: aanleiding voor dit onderzoek	7
1.3 Visie achter het onderzoek	8
1.4 Opzet van het onderzoek en leeswijzer van het rapport	10
1.5 Relatie met andere onderzoeken	10
2 Dematerialisatie en indicatoren	13
2.1 Definities van dematerialisatie	13
2.2 Een indicator voor dematerialisatie	13
2.2.1 De materialen die worden meegenomen	14
2.2.2 De systeemgrenzen van de materiaalstroom	15
2.2.3 Weging van materiaalstromen	17
2.2.4 Het nut van materiaalstromen	17
2.3 Conclusies	18
3 Beleid voor dematerialisatie	19
3.1 Een kort historisch overzicht van dematerialisatie	19
3.2 Dematerialisatiebeleid in Nederland en Europa	20
3.3 Een visie op dematerialisatie als aanvullend beleid	22
3.4 Het opstellen van een indicator	24
3.4.1 Energie-efficiëntie en transformatieratio's	25
3.4.2 Een indicator voor dematerialisatie en het moment van meten	26
3.4.3 Materiaalstromen die moeten worden meegenomen	27
3.4.4 Weging	28
3.5 Conclusies	29
4 Een analyse van 10 materialenstromen	31
4.1 Selectie van materiaalstromen	31
4.2 Ontwikkelingen in het materiaalverbruik	32
4.2.1 Nafta	32
4.2.2 Staal	33
4.2.3 Aluminium	33
4.2.4 Koper	34
4.2.5 Hout	35
4.2.6 Papier	35
4.2.7 Cement	36
4.2.8 Zand	37
4.2.9 Chloor	37
4.2.10 Soja	38
4.3 Vaststelling van de milieudruk van materialen	38
4.3.1 Milieuthema's	38
4.3.2 Milieueffecten over de gehele keten	39
4.3.3 Klimaatverandering	40
4.3.4 Finaal afval	41
4.3.5 Ruimtegebruik	43
4.3.6 Overzichtstabel gehanteerde milieueffecten	44

5	Dematerialisatie-indicatoren	45
5.1	Keuzes tussen verschillende indicatoren	45
5.2	Vier visies op een dematerialisatie-indicator	46
5.2.1	Totale materiaalstroom verminderen	46
5.2.2	Nieuwe materiaalstroom verminderen	48
5.2.3	Bijdrage aan het milieubeleid	50
5.2.4	Milieueffecten Nederlandse consumptie	53
5.3	Evaluatie en keuze tussen indicatoren	56
5.3.1	Inhoudelijke keuzes	56
5.3.2	Statistische keuze	57
5.3.3	Een keuze voor de indicatoren	60
5.4	Enkele slotopmerkingen	60
6	Dematerialisatie-indicatoren nader beschouwd	63
6.1	Indicatoren in verhouding tot de economie	63
6.2	Ontwikkelingen tot 2010: CPB verwacht forse trendbreuken	65
6.3	Scenario analyses	68
6.3.1	Verplaatsing basisactiviteiten naar het buitenland	68
6.3.2	Verschuivingen in de vraagkant	69
7	Conclusies en aanbevelingen	73
7.1	Beleidsafbakening	73
7.2	Indicatoren voor dematerialisatie	74
7.3	Aanbevelingen	76
	Literatuurlijst	79
A	Gegevens materialen	85
B	Databeschikbaarheid	101
C	Andere invalshoeken	105
D	Gegevens over prijzen	111
E	Berekeningen scenarios bouwstop	113

Samenvatting

1 Inleiding

In diverse – vooral uit Duitstalige landen afkomstige – studies wordt hoog opgegeven van de mogelijkheden van ‘dematerialisatie’: minder materialen gebruiken terwijl de welvaart gelijk blijft of zelfs toeneemt. De gangbare redenering luidt dat dematerialisatie de milieuvervuiling bij de bron aanpakt. Minder materialen betekent immers minder milieuvervuiling en een geringere aanslag op het gebruik van natuurlijke hulpbronnen.

Via de motie Van der Steenhoven/Augusteijn-Esser (1999) is het onderwerp dematerialisatie ook op de politieke agenda gekomen. Dit heeft – onder meer in het NMP4 - geleid tot vragen als: hoe kan een dematerialisatiebeleid eruit gaan zien en hoe (met welke indicatoren) meten we de voortgang van zo’n beleid? Een indicator dient informatie te verschaffen aan beleidsmakers en doelgroepen over de voortgang van dematerialisatie, op de landelijke schaal en voor specifieke bedrijfsprocessen.

In dit onderzoek staat de vraag naar indicatoren centraal: indien een dematerialisatiebeleid zou worden gevoerd, welke indicatoren zijn dan geschikt om de voortgang te meten?

Deze vraag kan niet beantwoord worden zonder vooraf een beeld te vormen van wat een zinvol dematerialisatiebeleid zou kunnen zijn. Zo’n beleid bestaat nu nog niet. Daarvan blijken nog verschillende invullingen mogelijk; de vormgeving van dematerialisatiebeleid heeft invloed op de keuze van de indicatoren voor dematerialisatie. Een dematerialisatie-indicator gericht op het besparen van uitputbare grondstoffen ziet er bijvoorbeeld fundamenteel anders uit dan een indicator die een bijdrage aan de klimaatdoelstellingen probeert te leveren. In het eerste geval zal recycling, bijvoorbeeld, een zinvolle strategie zijn voor dematerialisatie, in het tweede geval is recycling alleen zinvol als daarmee een netto CO₂-besparing wordt gerealiseerd.

Om op een goede wijze minder materiaalgebruik te kunnen meten, is het nodig meer te weten over beleid, indicatoren en data van materiaalgebruik. Kortom: minder meten, meer weten.

2 Aanpak

We hebben de vraag naar indicatoren voor een – nu nog niet bestaand – dematerialisatiebeleid als volgt benaderd.

Allereerst is gekeken of dematerialisatiebeleid in principe een zinvolle rol in het bredere milieubeleid zou kunnen vervullen. De conclusie is dat een denkbare rol voor dematerialisatiebeleid is weggelegd, mits:

- a Dit aanvullend is ten opzichte van het bestaande milieubeleid (zoals effectgericht beleid, energiebeleid, productbeleid e.d.).
- b Dematerialisatiebeleid ook gericht is op het achterliggende doel van het verminderen van de milieubelasting (door materiaalgebruik).
- c Gekeken wordt naar het *verbruik* van materialen door een gebied of land (en niet zozeer naar de *instroom* van materialen).

Op basis van deze redenering zijn eisen aan de indicator(en) ontwikkeld, en is een set van ca. 10 *pilot-indicatoren* ontwikkeld, waarmee een tijdreeks-analyse is gedaan.

Een nadere beschouwing van deze pilot-indicatoren leert dat een tweetal indicatoren in beginsel geschikt is om voortgang te meten van een zinvol dematerialisatiebeleid (dat voldoet aan de drie voorwaarden hierboven vermeld). Daarnaast gaf de tijdreeksanalyse met de pilot-indicatoren aanwijzingen dat het ontwikkelen van een dematerialisatiebeleid inderdaad nodig zou kunnen zijn.

3 Dematerialisatiebeleid aanvullend op ander milieubeleid

Het NMP4 ziet de rol van dematerialisatie in het milieubeleid vooral als aanvullend: beleid gericht op het verminderen van specifieke vormen milieudruk is effectiever en meestal ook economisch verstandiger dan het beperken van de gehele materiaalstroom. Dematerialisatie is aldus een extra oplossingsrichting voor het milieubeleid. Een aanvullende rol van dematerialisatiebeleid kan worden gevonden via een analogie met het energiebeleid. In het energiebeleid, dat een bredere doelstelling kent dan alleen milieu, staan de volgende oplossingsrichtingen centraal om de milieudruk door energiegebruik te verminderen:

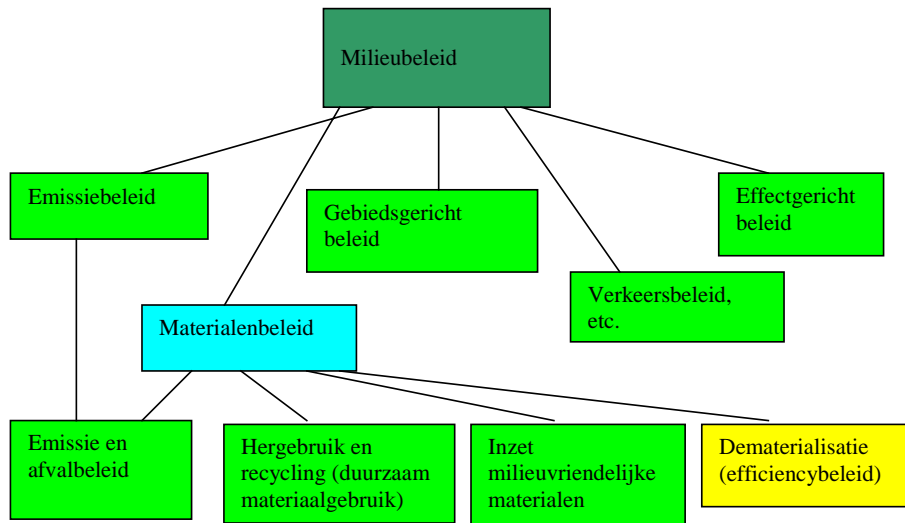
- substitutie van fossiele brandstoffen door duurzame energiebronnen;
- de inzet van schonere (bijvoorbeeld koolstofarme) fossiele energiebronnen;
- het toepassen van procesgeïntegreerde en end-of-pipe technologieën om emissies te reduceren;
- het verhogen van de energie-efficiëntie (energiebesparing).

Het materialenbeleid heeft tot doel om de milieubelasting die samenhangt met materiaalgebruik te verminderen. Hoewel dit beleid minder samenhang heeft dan het energiebeleid, zijn de mogelijke oplossingsrichtingen van het materialenbeleid vergelijkbaar:

- inzet van hergebruik, recycling en vernieuwbare materialen (duurzaam materiaalgebruik);
- inzet van milieuvriendelijke materialen (productbeleid);
- emissie- en afvalreductie per materiaalsoort;
- verhogen van de materiaalefficiëntie (dematerialisatie).

Terwijl op de eerste drie terreinen van het materialenbeleid een min of meer consistent beleid wordt gevoerd, ontbreekt direct beleid op het verhogen van de materiaalefficiëntie. Hoewel deze constatering los staat van de vraag of het ook daadwerkelijk nodig is dematerialisatiebeleid te voeren, zou een aanvullende rol voor een dergelijk beleid kunnen worden gevonden in de bovenstaande inperking. Dematerialisatiebeleid heeft dan tot doel om de milieubelasting te verminderen door het verhogen van de efficiency van het gebruik van de in omloop zijnde materialen, oftewel het verhogen van de materiaalproductiviteit.

Figuur 1 Plaats van dematerialisatiebeleid in het milieubeleid



Er zijn echter aarzelingen een dematerialisatiebeleid te ontwikkelen. Die lijken met name ingegeven door het accent dat (internationaal) tot nu toe vooral is gelegd op materiaalgebruik in kilo's of tonnen, zonder op het achterliggende doel van vermindering van milieubelasting te letten. Botweg sturen op kilo's zonder aanzien des materiaals of des milieubelasting zou zo tot een aanzienlijke 'verdomming' van het milieubeleid kunnen leiden.

Het is echter wel mogelijk een *sophisticated* dematerialisatiebeleid uit te denken waarbij materialenefficiëntie slechts wordt nagestreefd voor zover dit daadwerkelijk bijdraagt aan vermindering van de milieubelasting door materialen.

4 Eisen aan de indicator

Deze beleidsafbakening van dematerialisatie stelt eisen aan een indicator voor dematerialisatie. Terwijl in de traditionele literatuur rond dematerialisatie vooral aandacht wordt besteed aan het terugdringen van de totale materiaalinstroom in een land (zoals door de indicatoren die een indicatie geven van de *Total Material Requirement (TMR)* en *Direct Material Input (DMI)*), kijkt een indicator die dematerialisatie als een efficiency-vraagstuk ziet veel meer naar het *verbruik* van materialen.

In deze visie geeft een dematerialisatie-indicator informatie over het verbruik van materialen in verhouding tot het nut of inkomen dat aan die materiaalstromen wordt ontleend. Daarnaast zou de indicator inzicht moeten verschaffen of veranderingen in de materiaalproductiviteit wel gunstig zijn voor het milieu. Er stromen immers honderden materialen en materiaalverbindingen door de economie en substitutie-effecten kunnen in theorie de materiaalproductiviteit verhogen maar nadelige milieugevolgen hebben. De relatie tussen milieuverbeteringen en materialenefficiëntie is kortom veel minder doorzichtig dan bij het energieverbruik. Een dematerialisatie-indicator die gebruikt kan worden in het milieubeleid zou, idealiter, informatie moeten verschaffen over de relatie materiaalefficiëntie en milieuverbetering.

Een dergelijke indicator kan op nationaal niveau, op sectorniveau of bedrijfstakniveau worden ontwikkeld. In deze studie is ervoor gekozen om de invulling allereerst op nationaal niveau vorm te geven omdat op dat niveau thans de meeste voorstellen voor indicatoren worden gedaan en de beleids-

discussie zich juist toespitst op dit niveau. In een later stadium zouden dan afgeleide indicatoren voor sectoren en bedrijven kunnen worden ontwikkeld, die bijvoorbeeld zouden kunnen worden meegenomen in de vaststelling van meerjarenafspraken of bedrijfsmilieuplannen.

In die indicator lijkt het vooralsnog niet opportuun om het energetisch gebruik van fossiele brandstoffen mee te nemen, omdat fossiele brandstoffen door hun omvang de indicator zullen domineren en omdat er al beleid wordt gevoerd gericht op het verhogen van de energie-efficiency. Wel zouden op de langere termijn beide terreinen in elkaar kunnen inschuiven en worden bediend met één indicator.

5 Pilot-indicatoren

In deze studie is een aantal pilot-indicatoren opgesteld die de materiaalproductiviteit op nationale schaal proberen te meten. Doel daarbij was enerzijds om te kijken of de thans beschikbare statistische databestanden voldoende waren om een dematerialisatie-indicator op te stellen en anderzijds om te onderzoeken hoe de verschillende materiaalstromen bij elkaar konden worden 'opgeteld' (geaggregeerd) om een uniforme indicator te verkrijgen.

Daartoe zijn de gegevens verzameld over een tiental materiaalstromen:

- 1 Nafta.
- 2 Staal.
- 3 Aluminium.
- 4 Koper.
- 5 Hout.
- 6 Papier/Karton.
- 7 Cement.
- 8 Zand.
- 9 Chloor.
- 10 Soja.

Van deze materiaalstromen zijn de volgende gegevens bepaald:

- productie;
- import;
- export;
- aandeel hergebruikte materialen in de productie;
- milieueffecten in termen van CO₂-equivalenten, finaal afval en ruimtegebruik;
- prijzen.

Met deze gegevens hebben we een aantal dematerialisatie-indicatoren opgesteld, en daarmee een tijdreeksanalyse uitgevoerd. Daarbij bleek de uiteindelijke aggregatie van de materiaalstromen een kritieke factor te zijn voor de indicator. Binnen deze studie is aggregatie beproefd naar gewicht, op basis van een statistische index en op basis van milieueffecten.

6 Conclusies en aanbevelingen

De uiteindelijke conclusies en aanbevelingen van deze studie luiden als volgt:

1 De beste indicator(en)

Op basis van deze studie komen we tot twee indicatoren die volgens ons het meest geschikt zijn om een zinvol dematerialisatiebeleid te kunnen meten:

- A Een indicator van de consumptie van basismaterialen waarbij hergebruik wordt gezien als een vorm van dematerialisatie en waarbij de diverse



materiaalstromen worden gewogen middels een statistische techniek (*Indicator 2B, Figuur 17, pag. 50*).

- B Een indicator van de consumptie van basismaterialen waarbij zowel de primaire als secundaire materiaalstromen worden gewogen op basis van hun effecten op de uitstoot van broeikasgassen (*Indicator 4A, Figuur 21, zie pag. 54*).

Van de ca. 10 ontwikkelde pilot-indicatoren voldoen bovenstaande twee indicatoren het beste aan de eisen: beide indicatoren geven een voldoende compleet beeld van dematerialisatie, gemeten als verbeteringen in de efficiëntie waarmee materialen worden verbruikt in de economie waarvan positieve milieueffecten kunnen worden verwacht. Deze indicatoren zullen in de toekomst moeten worden aangevuld met meer materialen. Daarnaast kan ook de bepaling van de milieueffecten worden verbeterd en kunnen verfijningen worden aangebracht in de statistische wegingstechniek, bijvoorbeeld met factoranalyse.

Welk van de twee indicatoren uiteindelijk zal worden gekozen hangt af van het accent dat de beleidsmaker in het dematerialisatiebeleid wil leggen. Indien het wenselijk wordt geacht de effecten van broeikasgassen bij materialenverbruik mee te wegen zal de tweede indicator worden gekozen. Indien dematerialisatiebeleid niet mede bedoeld is als invulling van klimaatbeleid ligt een keuze voor de eerste indicator voor de hand.

De aggregatie naar gewicht, gebruikelijk in veel studies, bleek uiteindelijk niet veel te zeggen over de milieu-impact van de materiaalstromen.

2 De Europese oriëntatie op de indicatoren DMI en TMR voor dematerialisatie zou met de inzichten uit deze studie ter discussie moeten worden gesteld

De indicatoren DMI (Direct Material Input) en TMR (Total Material Requirement) die in Europees verband een grote rol spelen zijn een minder geschikte maatstaf voor dematerialisatiebeleid. Er zijn drie belangrijke problemen met deze indicatoren.

Ten eerste: ze meten de *instroom* van materialen in de economie. Met een dergelijke indicator is het onmogelijk om iets zinnigs te zeggen over de efficiëntie waarmee materialen worden gebruikt, omdat de instroom van materialen nog niets zegt over het verbruik van materialen. Specifiek voor Nederland is dit ook van belang omdat de DMI en TMR in Nederland hoog zijn ten opzichte van het verbruik van materialen. De grote nadruk op basisindustrieën in de Nederlandse economie en onze positie als doorvoerland maakt dat we relatief veel fossiele brandstoffen en ertsen importeren, die we vervolgens exporteren in ruwe en bewerkte vorm, zoals nafta bestemd voor kunststoffen of metalen.

Ten tweede: de aggregatie vindt plaats naar *gewicht* en daarmee is de relatie met de milieubelasting door de materialen in kwestie zoek. In deze studie is aangetoond dat dit vooral resulteert in de dominantie van niet-milieurelevante materialen in de totale indicator.

Ten derde: de hoeveelheden fossiele brandstoffen spelen een belangrijke rol bij het totale verloop van de DMI en de TMR. Het lijkt ons beter om energiebeleid deze stromen te laten reguleren en ze buiten het materialenbeleid te houden.

3 De grote stijging in het materiaalverbruik is een aanwijzing dat dematerialisatiebeleid wenselijk is

Een nevenconclusie van dit onderzoek is dat de tijdreeksanalyses met de pilot-indicatoren aanwijzingen geven dat er een reden kan bestaan om de-

materialisatiebeleid te voeren. Alle onderzochte mogelijke varianten van indicatoren geven aan dat het materiaalverbruik in de Nederlandse economie fors is gestegen gedurende de jaren '90, soms zelfs meer dan de groei van het BBP. In onze schatting is het gebruik van de tien meest belangrijke materialen, van wieg tot graf, verantwoordelijk voor ongeveer 15% van de landelijke emissie van CO₂-equivalenten, dat is ongeveer twee maal zo hoog als de verwachte bijdrage die in het NMP4 staat vermeld. De groei in het materiaalverbruik laat zien dat deze bron thans onvoldoende wordt aangepakt middels beleid.

Daarnaast verwachtte het CPB in 1997, in de nota *Economie en fysieke omgeving*, dat er een fors dematerialisatie-effect zou optreden. Deze voorspellingen vormen de basis voor de toekomstvoorspellingen van de milieukwaliteit door het RIVM (*Nationale Milieuverkenningen*). Vooralsnog blijkt daar geen sprake van. Met name tussen 1996 en 2000 is het materiaalverbruik vaak harder gestegen dan de economische groei, afhankelijk van de gekozen indicator. Tussen 1990 en 2000 was de gemiddelde stijging van alle tien indicatoren tezamen 24% - de economische groei bedroeg in dat tijdvak 33%.

Indien een dematerialisatiebeleid wordt ontwikkeld, dan zal dat uiteraard in lijn van dit rapport een sophisticated dematerialisatiebeleid moeten zijn, geen 'bot' beleid gericht op kilogrammen. Gelet op de resultaten van deze studie lijkt dat ook mogelijk. Aanvullend onderzoek zal nodig zijn om de verstaalslag te maken van de hier ontwikkelde indicatoren naar transformatieratio's, of efficiencyratio's voor specifieke bedrijfstakken. Op basis daarvan zouden, bijvoorbeeld, richtlijnen voor het materiaalgebruik kunnen worden opgenomen in meerjarenafspraken (MJA's) en bedrijfsmilieuplannen.



1 Inleiding

1.1 Dematerialisatie en duurzame ontwikkeling

Materiaal- en energiegebruik vormen een belangrijke schakel tussen de economie en het milieu. Alle door de mens veroorzaakte milieuvuiling is immers te herleiden tot het gebruik van energie en materialen in de economie. De materiaal- en energiestromen door de economie zijn wel vergeleken met het industriële of sociale metabolisme van onze maatschappelijke ordening. Anders dan in natuurlijke ecosystemen is het metabolisme van de economie niet gesloten: productie en consumptie onttrekken materialen uit de natuur en brengen die in getransformeerde vorm (afval of kooldioxidegas) terug naar de natuur. Daarmee legt het economisch systeem een beslag op het ecosysteem. Het verminderen van dat beslag wordt gezien als een belangrijke voorwaarde voor een duurzame maatschappelijke ontwikkeling.

Dematerialisatie kan daarbij een rol vervullen. Dematerialisatie staat in de meest ruime zin voor de afname van materiaal- en energiestromen. Hierdoor verloopt de uitputting van natuurlijke hulpbronnen trager en wordt de milieuvuiling verminderd.

Er zijn vele aansprekende voorbeelden van dematerialisatie te verzinnen. Zo zijn automobielen en bierblikjes door de jaren heen lichter geworden; zijn de grondstoffen benodigd voor een computer per eenheid rekenkracht sinds de jaren '50 met een factor 16 miljoen verminderd en heeft de komst van e-mail veel papieren post overbodig gemaakt. Maar terwijl dit rapport zich typisch leent voor overdracht in de vorm van materieleze enen en nullen, heeft u het omwille van de leesbaarheid waarschijnlijk toch uitgeprint. Dus het gebruik van materialen dient een bepaalde functie. Daarnaast is, hetzelfde voorbeeld volgend, de vraag of werkelijk sprake is van vooruitgang op milieugebied, als u dit rapport vanaf uw scherm zou lezen. Daarvoor is immers energie nodig, waarvan het gebruik ook de nodige milieubelasting met zich mee brengt. Met andere woorden: dematerialisatie als doel op zich dient wel te registreren of sprake is van werkelijke vooruitgang in milieutermen.

Daarmee geven we al gelijk een paar knelpunten aan die bij de toepassing van dematerialisatie in het milieubeleid zullen gaan spelen. Dergelijke knelpunten hebben het karakter dat ze de discussie over het nut en noodzaak van dematerialisatie verwarrend maken, met name als het gaat om het vormgeven van indicatoren die een dergelijk beleid cijfermatig moeten onderbouwen. Maar laten we eerst helderheid scheppen over de motieven achter dit onderzoek.

1.2 Dematerialisatie en indicatoren: aanleiding voor dit onderzoek

In het NMP4 staat dat Nederland een dematerialisatiebeleid wil gaan voeren. De Tweede Kamermotie - Van Steenhoven/Augusteijn-Esser in 1999 is daarvoor een aanleiding geweest. In deze motie wordt verzocht om een materialenbeleid uit te werken, inclusief analyse, een set van doelstellingen en voorstellen voor maatregelen. Belangrijkste reden voor deze motie was het idee dat in Nederland de winning van grondstoffen daalt maar de import toeneemt en de ecologische gevolgen van onze productie en consumptie dus ook bij andere landen terechtkomen.

Eind 2001 heeft het Ministerie van VROM, directie Klimaatverandering, een onderzoeksopdracht geschreven voor het ontwikkelen van een 'dematerialisatie-indicator'. Dematerialisatiebeleid zal namelijk uiteindelijk moeten worden gemonitord, waarmee kan worden bepaald wat de ontwikkelingen in dematerialisatie voor de (Nederlandse) economie zijn.

Aan CE, dat in de afgelopen jaren veel ervaring heeft opgedaan met het ontwikkelen van indicatoren en beleidsformulering, is deze opdracht verleend. Daarbij kwam de nadruk niet alleen te liggen op de inhoudelijke kant van een dematerialisatie-indicator, maar ook de faciliterende rol die CE, en dan specifiek de business unit CE-Transform, zou kunnen spelen bij het in kaart brengen van een discussie over het nut en de noodzaak van het voeren van een dematerialisatiebeleid.

In onze optiek vloeien deze twee aspecten - ontwikkelen van indicatoren en de noodzaak van dematerialisatiebeleid - namelijk moeiteloos samen. De beleidsvraag waarin dematerialisatie voorziet zal immers bepalend zijn voor de vormgeving van de indicator. Een dematerialisatie-indicator gericht op het besparen van uitputbare grondstoffen ziet er bijvoorbeeld fundamenteel anders uit dan een indicator die een bijdrage aan de klimaatdoelstellingen probeert te leveren.

1.3 Visie achter het onderzoek

Het onderhavige onderzoek heeft tot doel om één of meer zinvolle en bruikbare dematerialisatie-indicatoren te ontwerpen die een dematerialisatiebeleid kunnen ondersteunen.

Een dematerialisatie-indicator veronderstelt een bepaalde beleidsvraag: kennelijk moet dematerialisatie een bepaald probleem oplossen. Helder krijgen van die beleidsvraag is essentieel om zinvolle indicatoren voor dematerialisatie te ontwerpen. Specifiek komen daarbij de volgende vragen naar voren:

- 1 Voor welk probleem is dematerialisatie een oplossing?
- 2 Welke rol kan dematerialisatie spelen in het huidige beleidskader?
- 3 Is het gewenst dat de overheid dematerialisatie actief stuurt middels een dematerialisatiebeleid?
- 4 Welke eisen moeten aan een indicator worden gesteld die uitgaat van antwoorden op (1), (2) en (3)?
- 5 Voor welk gebruiksdoel en op welk niveau (micro/macro) zal de indicator een rol moeten spelen?
- 6 Welke afwegingen spelen een rol bij de keuzes voor een of meer indicatoren?
- 7 Is de aanwezigheid en het gebruik van gegevensbestanden over materiaalstromen (en milieueffecten) zodanig dat de indicator daadwerkelijk kan worden gebouwd?

Uit bovenstaande vragen blijkt dat we in dit onderzoek ervoor hebben gekozen om eerst helderheid te verkrijgen over de beleidsvragen om met dat verkregen inzicht de indicator te ontwikkelen.

In een dergelijk traject liggen twee valkuilen voor de hand. De eerste is om de beleidsvragen puur vanuit een academische achtergrond in te vullen. Over dematerialisatie is enorm veel verschenen in de wetenschappelijke literatuur en er is reeds een traditie ontwikkeld van indicatoren die dematerialisatie beogen te meten. Terwijl wij van mening zijn dat deze literatuur han-

dige maatstaven en inzichten heeft ontwikkeld, moeten we tevens constateren dat deze literatuur belangrijke omissies kent als het gaat om de toepassing van de indicatoren in beleid. Dikwijls wordt verondersteld dat "minder ook altijd beter is"¹. Wellicht niet zonder reden wordt door Ter Riele et al. (2000) geconstateerd dat Europees beleid rond dematerialisatie - zowel in de EU als in de afzonderlijke lidstaten - in feite nog niet bestaat². De brug tussen beleid en wetenschap moet nog worden gebouwd.

De tweede valkuil is om het huidige beleid als gegeven te beschouwen en vanuit dat beleid indicatoren te gaan ontwikkelen. Terwijl deze benadering gangbaar is in veel beleidsstudies, moeten we constateren dat een eenduidige visie op de noodzaak van dematerialisatie en de inpasbaarheid van dematerialisatie in het huidige beleidsinstrumentarium thans ontbreekt. Uit het NMP4 zelf kan een heel scala van motieven, gebruikers en doelen van dematerialisatiebeleid worden ontleend. Toch zullen er keuzes moeten worden gemaakt als een dematerialisatiebeleid in Nederland wordt vormgegeven.

Om deze redenen hebben we besloten in de eerste fase van deze studie, vooral in overleg met beleidsbepalers en wetenschappers, te komen tot een afbakening van het doel dat dematerialisatiebeleid zou kunnen dienen. Met behulp van beleidsdocumenten en een aantal verhelderende discussies met beleidsmakers over de motieven en doelen van dematerialisatiebeleid, is onderzocht hoe de beleidsvraag scherper kan worden geformuleerd en welke consequenties dat heeft voor de ontwikkeling van een dematerialisatie-indicator.

Vervolgens is er in een tweede fase gekeken welke implicaties dit heeft voor het ontwerp van indicatoren. Daarbij is gekozen voor het opzetten van een pilotproject waarin verschillende indicatoren zijn geconstrueerd. Deze zijn vervolgens bediscussieerd in het licht van de gevonden motieven en gebruiksdoelen van dematerialisatiebeleid.

Daarmee geeft deze studie vooral een visie op de mogelijkheid van een haalbaar dematerialisatiebeleid en probeert aan de hand van een aantal ontwikkelde indicatoren inzichtelijk te maken hoe een dergelijk beleidsdoel kan uitpakken bij het monitoren middels indicatoren. Het gaat daarbij vooral om het ontwerp van indicatoren als meetinstrument, niet om de precieze invulling daarvan. Wel wordt hier gestreefd naar kwantitatieve invulling van de indicatoren maar een finale en robuuste indicator voor dematerialisatie zal in een volgende stap verder moet worden ingevuld met een uitgebreidere set van materialen dan hier is gehanteerd.

¹ De vraag is in essentie of *tonnen grondstof* als maat voor (bepaalde) milieuproblemen aanvaardbaar is, of hopeloos beperkt. Terwijl vanuit bepaalde wetenschappelijke inzichten beredeneerd kan worden dat tonnen grondstof een goede maatstaf kan zijn (zie bijvoorbeeld het werk van Georgescu-Roegen en Herman Daly, die uitgaat van het begrip entropie wat in hoofdstuk 5 behandeld wordt), zijn deze inzichten niet onomstreden. Voor een goed overzichtsartikel met alle mogelijke kritiek daarop, zie Cleveland and Ruth, 1997.

² Overigens is het doel van dematerialisatie vaak wel 'verborgen' aanwezig in andere beleidsterreinen, zoals in de Integrated Product Policy).

1.4 Opzet van het onderzoek en leeswijzer van het rapport

Dit onderzoek heeft tot doel om indicatoren te ontwerpen waarmee dematerialisatiebeleid kan worden vormgegeven. Centraal hierin staat de vraag wat onder dematerialisatiebeleid wordt verstaan. Daarom gaan we allereerst in hoofdstuk 2 in op mogelijke definities van dematerialisatie en zal er besproken worden hoe een indicator voor dematerialisatie er in meta-vorm uit zal zien. Aan de hand van deze indicator willen wij vooral de keuzes helder maken die moeten worden gemaakt indien men dematerialisatie wil gaan monitoren middels een indicator.

Vervolgens gaan we in hoofdstuk 3 in op de belangwekkende vraag welke beleidsdoelen dematerialisatie kan dienen. Het zal duidelijk worden dat de vorm die de indicator aanneemt afhangt van wat men met dematerialisatie wil. Hierbij zal de beleidscontext worden geschetst en een visie op dematerialisatie worden gepresenteerd die dematerialisatie inpast in het milieubeleid. Dit geeft bepaalde aanwijzingen aan de vormgeving van een indicator.

Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 een analyse gegeven van tien belangrijke materiaalstromen door de Nederlandse economie en wordt gekeken naar welke methodologische en praktische problemen men tegenkomt als men materiaalstromen wil gaan monitoren inclusief hun effecten op het milieu.

Deze materiaalstromen zullen worden gebruikt in een tiental dematerialisatie-indicatoren die in hoofdstuk 5 zullen worden vormgegeven. Uit deze indicatoren kiezen we er een drietal uit die we verder zullen beschouwen middels gevoeligheidsanalyses.

Het rapport wordt afgesloten met een afsluitend hoofdstuk 6 waarin conclusies vermeld staan en de verhouding tot ander dematerialisatieonderzoek aan bod komt.

In de uitgebreide bijlagen staat een overzicht van geraadpleegde literatuur, een uitgebreide beschrijving van de tien materiaalstromen door de Nederlandse economie en een bijlage waarin een aantal alternatieve invalshoeken voor dematerialisatiebeleid worden besproken.

Alle data gehanteerd in dit rapport hebben betrekking op de periode 1990-2000 voor zover dat mogelijk was. Een gedetailleerde beschrijving van de data en de databronnen kan men vinden in Bijlage B.

1.5 Relatie met andere onderzoeken

Het onderhavige onderzoek kan worden gezien als een voortzetting van onderzoeken die reeds door VROM zijn uitgezet bij diverse partijen. We hebben ervoor gekozen om de inhoud van deze studies hier niet te herhalen: de kennis van deze onderzoeken wordt bekend verondersteld bij de gebruiker van dit onderzoek³.

Hieronder zullen we de twee belangrijkste onderzoeken, die wij bekend veronderstellen, kort behandelen:

³ Dit houdt onder meer in dat begrippen als Direct Material Input (DMI), Total Material Requirement (TMR), Ecological Footprint, entropie, hier slechts in 1 zin zal worden uitgelegd zonder verwijzing naar de achterliggende literatuur of inzichten.



De ontkoppelingsindicator (Huele et al., 1999).

Dit onderzoek geeft een goed overzicht van bestaande indicatoren op het gebied van dematerialisatie specifiek en ont koppeling in het algemeen. Er wordt gekeken naar diverse manieren om informatie over materiaalstromen te aggregeren, zoals over massa, milieueffecten, expertpanels en statistische wegingstechnieken (principale componentenanalyse). De diverse maatstaven ontwikkeld in de literatuur (DMI, TRM, groen BBP, Ecological Footprint) komen hier aan bod. Voor wie geen weet heeft van deze begrippen raden we aan om dit rapport te lezen.

Het onderzoek is te downloaden vanaf:

www.leidenuniv.nl/cml/ssp/publications/wp99006.pdf

Dematerialisatie: minder helder dan het lijkt (Ter Riele et al., 2000).

Dit onderzoek behandelt de verschillende definities van dematerialisatie en identificeert onderzoeksgroepen en kijkt naar Europese inspanningen van dematerialisatiebeleid en wereldwijde inspanningen om dematerialisatie te onderzoeken.

Het onderzoek is te downloaden vanaf:

<http://www.vhk.nl/download/Dematerialisatie.pdf>

Gelijktijdig met het dit onderzoek heeft VROM ook bij de TU-Delft een onderzoek uitgezet naar de *bestuurlijke inpassing* van dematerialisatiebeleid waarbij een bestuurskundige analyse wordt gegeven van dematerialisatie en van diverse actoren actief op het gebied van dematerialisatie.



2 Dematerialisatie en indicatoren

In dit hoofdstuk behandelen we de keuzes die gemaakt moeten worden wil men een indicator voor dematerialisatie opstellen. Dit doen we aan de hand van een simpel model van een indicator dat representatief is voor alle indicatoren die dematerialisatie beogen te meten. Maar allereerst gaan we in op de definitie van dematerialisatie.

2.1 Definities van dematerialisatie

Er zijn heel veel definities van dematerialisatie in omloop. Neem eens de volgende twee voorbeelden:

- 1 Volgens het NMP4 is dematerialisatie: *“de afname van materiaalstromen per eenheid behoeftevervulling met het oog op het verminderen van uitputting van natuurlijke hulpbronnen en milieudruk”* (NMP4, blz. 126).
- 2 Stichting Natuur en Milieu hanteert de volgende definitie: *“Dematerialisatie is een strategie die gericht is op het verlagen van de input van materiaal en energie in een economisch systeem of activiteit zodat de milieueffecten van dat systeem of die activiteit wordt verlaagd”* (Blonk, 2002).

Deze twee definities geven al direct een paar conflictpunten weer:

- Gaat het alleen om materiaalstromen of ook om energiestromen?
- Gaat het om de afname per eenheid behoeftevervulling (of BBP), of gaat het om absolute reducties?
- Gaat het om uitputting, milieueffecten of om beiden?

In feite zijn er veel meer keuzes voorhanden die we inzichtelijk zullen maken middels een simpel model van een indicator voor dematerialisatie.

2.2 Een indicator voor dematerialisatie

In lijn met de definitie van dematerialisatie in het NMP4, zou men een dematerialisatie-indicator kunnen definiëren als:

Een indicator (d.w.z. een numerieke parameter) die voor geaggregeerde materiaalstromen het verloop door de tijd heen geeft in verhouding tot het nut dat aan die materiaalstromen wordt ontleend.

De aggregatie van materiaalstromen is een belangrijk punt: dit wordt vaak gedaan om te voorkomen dat substitutie van de ene materiaalstroom voor de andere kan worden gekenschetst als dematerialisatie. Het is echter geen dwangmatigheid.

Een indicator voor dematerialisatie ziet er nu in schematische vorm als volgt uit:

$$\text{Dematindicator} = \frac{\sum M_i \cdot W_i}{f(Y)}$$

De symbolen laten zich als volgt lezen:

- Subscript i ($=1 \dots n$) staat hierbij symbool voor de n materialen die worden meegenomen in de indicator;
- M_i staat voor materiaalstroom van materiaal i die wordt meegenomen in de indicator. De meting van deze materiaalstroom is naar gewicht (in kilogrammen). De plaats van de meting in de keten van de materiaalstroom heeft echter veel invloed zoals we in paragraaf 2.2.2 zullen zien;
- W_i is dan de weging die aan materiaalstroom M_i wordt toegekend bij het bepalen van de dematerialisatie-indicator. W_i geeft aan hoe zwaar materiaalstroom M_i moet worden meegewogen in de totale dematerialisatie-indicator. $W_i=1$ (voor alle i) betekent dat alle materiaalstromen even zwaar worden meegenomen en dus worden gesommeerd over hun gewicht;
- $f(Y)$ betekent tot slot het *nut* dat aan de materiaalstromen wordt toegekend. Meestal wordt voor $f(Y)$ het Bruto Binnenlands Product (BBP) genomen, maar andere keuzes zijn mogelijk.

In feite geeft deze definitie vier belangrijke keuzes aan bij de ontwikkeling van een dematerialisatie-indicator:

- 1 De materialen die worden meegenomen in de analyse.
- 2 De wijze waarop die materiaalstromen worden gemeten.
- 3 De manier waarmee die materiaalstromen worden gewogen.
- 4 De bepaling van het nut dat aan die materiaalstromen wordt ontleend.

Hieronder worden deze verder uitgewerkt.

2.2.1 De materialen die worden meegenomen

Een vaak gekozen uitgangspunt is om de materiaalstromen in onze economie op te splitsen tussen (zie Reijnders, 1999; Muilerman en Blonk, 2001)⁴.

- 1 Stromingsvoorraden zoals zonlicht en wind, waarvan gebruik niet leidt tot een vermindering van de kwaliteit of omvang van deze stromen.
- 2 Vernieuwbare biotische grondstoffen, zoals hout, gewassen en dierlijke producten die kunnen worden geoogst zolang het gebruik niet hoger is dan de (al dan niet natuurlijke) aanwas.
- 3 Vernieuwbare abiotische grondstoffen, zoals water of landgebruik, waarvan het gebruik leidt tot een kwaliteitsverlies van de aanwezige voorraad, maar die op de ietwat langere termijn regenereren (20-70 jaar).
- 4 Niet-vernieuwbare abiotische energetische grondstoffen, zoals fossiele brandstoffen, waarbij de regeneratietijd erg traag verloopt en die niet kunnen worden gerecycled.
- 5 Niet-vernieuwbare abiotische non-energetische grondstoffen, zoals metalen waarbij de regeneratietijd erg traag verloopt maar die gerecycled kunnen worden.

Terwijl de eerste categorie niet wordt meegenomen in diverse studies, spelen de materialen uit de 2^e tot en met de 5^e categorie vaak een rol bij het opstellen van een indicator die dematerialisatie probeert te meten. Traditioneel was er vooral aandacht voor de niet-vernieuwbare abiotische grondstoffen, omdat de eindigheid daarvan direct tot de verbeelding spreekt (zie Club van Rome, Meadows et.al, 1972). Tegenwoordig is het besef doorge-

⁴ Eventueel zou er nog een 6^e categorie kunnen worden toegevoegd: de niet-vernieuwbare biotische grondstoffen, waar dan met name biodiversiteit onder wordt verstaan. Hoewel biodiversiteit een belangrijk milieuthema is, is het de vraag of (en hoe!) dat onder een dematerialisatie-indicator zou moeten worden gevangen. De dierlijke producten zelf (vis, etc.) zitten al in de 2^e categorie.



drongen dat vooral het gebruik van vernieuwbare biotische en abiotische grondstoffen een probleem oplevert voor duurzaamheid wereldwijd. Met name de wereldwijde ontbossing, overbevissing en landerosie vormen de grootste milieuproblemen die met voorraden samenhangen.

Het zal duidelijk zijn dat de keuze voor de materialen die worden meegenomen, zal afhangen van praktische overwegingen (databeschikbaarheid) en de doeleinden die men voor ogen heeft met de ontwikkeling van een dematerialisatiebeleid. Immers, de verschillende categorieën van materialen zijn verantwoordelijk voor een divers scala aan milieu- en maatschappelijke problemen, zoals uit Tabel 1 kan worden afgelezen

Tabel 1 Voornaamste milieuproblemen als gevolg van materiaalstromen⁵

Materiaalstroom	Voornaamste milieuproblemen
Vernieuwbare biotische grondstoffen (hout, vis)	Oogsten boven de regeneratiegraad Aantasting biodiversiteit
Vernieuwbare abiotische grondstoffen (water, land)	Schaarste Aantasting van landschap Gebruik van ruimte Aantasting biodiversiteit
Niet-vernieuwbare abiotische energetische grondstoffen	Klimaatproblematiek Verzuring Schaarste (Uitputting)
Niet-vernieuwbare abiotische non-energetische grondstoffen	Verzuring Afval Toxiciteit Uitputting

2.2.2 De systeemgrenzen van de materiaalstroom

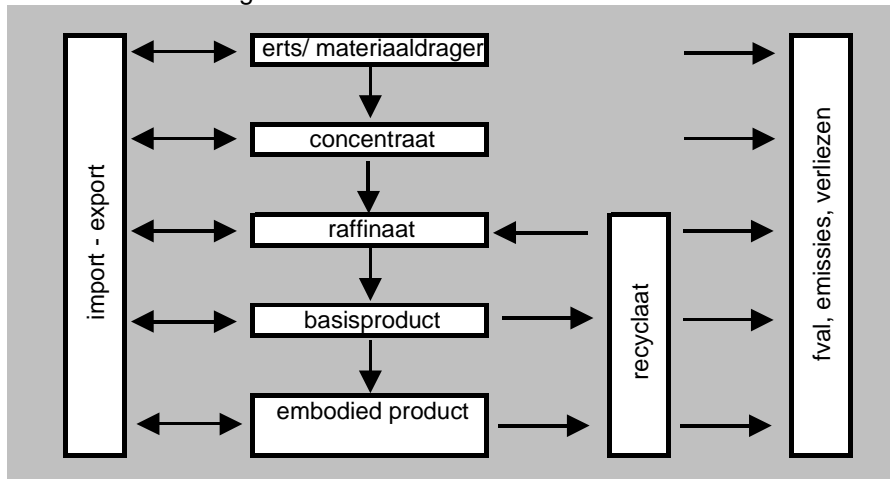
Naast de materialen zelf vormt de bepaling van waar de materiaalstroom wordt gemeten een belangrijke keuze bij de ontwikkeling van de indicator. Hierbij dienen vier keuzes te worden gemaakt:

- 1 Waar in de keten wordt de materiaalstroom gemeten?
- 2 Gaat het bij dematerialisatie om productie of consumptie van materialen?
- 3 Moeten de zogenaamde "hidden flows" -de materialen die gebruikt worden bij winning en raffinage van materialen- worden meegenomen?
- 4 Op welke manier moeten gerecyclede materialen worden meegenomen in de dematerialisatie-indicator?

Materialen worden door de hele industriële keten gebruikt, zowel in ruwe als verwerkte vorm. Koper kan bijvoorbeeld worden ingevoerd via kopererts, geraffineerd koper, gerecycled koper, koperen wire of koperbedradingen in een auto, mixer, televisie, etc. In Figuur 2 staan de diverse stappen beschreven. De vraag is *welke* materiaalstroom nu bepalend is voor de dematerialisatie-indicator: is dat het erts, het zuivere koper of de koperinhoud in consumentenproducten en machines?

⁵ Deze tabel is niet uitputtend. Daarnaast kan de vraag worden gesteld of schaarste en uitputting een milieuprobleem vormen of uitsluitend een economisch probleem. Zoals we in Box C1 beredeneren zouden wij ervoor zijn om schaarste puur als economisch probleem te bezien.

Figuur 2 Schematische weergave van een materiaalketen



Een daarmee samenhangende, maar meer fundamentele keuze is of de dematerialisatie-indicator betrekking heeft op de Nederlandse consumptie, of de Nederlandse productie. Per materiaal verschillen de handelingen over de keten die in Nederland plaatsvinden. Voor bijvoorbeeld koper vinden de eerste 3 stappen in Nederland niet plaats en wordt het basisproduct, de wire, geïmporteerd uit bijvoorbeeld België en wordt het eindproduct, de koperen elektriciteitskabel weer geëxporteerd, waarna het als bedrading in het eindproduct (zoals een auto) weer wordt geïmporteerd. Voor bijvoorbeeld staal wordt het erts geïmporteerd en wordt plaatmateriaal voor bijvoorbeeld auto's weer geëxporteerd.

Ten derde brengt de winning van met name erts en fossiele brandstoffen ook talloze materiaalstromen met zich mee, de zogenaamde "hidden flows" van mijnbouw- en industrieel afval, die in het winningsland achterblijven⁶. Een vraag is of deze "rucksacks" ook onderdeel vormen van de materiaalstroom, of niet.

Belangrijk is tot slot ook wat men gaat doen met gerecyclede materialen. Zijn dit positieve materiaalstromen, resulterend in materialisatie, negatieve materiaalstromen, resulterend in dematerialisatie of zijn ze materiaalneutraal, waardoor het toepassen van gerecyclede materialen geen invloed heeft op de indicator?

De keuze voor deze vier afbakeningingen van de materiaalstromen zal mede worden ingegeven door databeschikbaarheid. Terwijl de idealist zou pleiten voor het monitoren van de *gehele* keten (dus inclusief materialen embodied in producten), is dit in de praktijk een onmogelijk opgave. De enorme veelheid aan producten en samengestelde materialen, het verschijnen van nieuwe producten en het verdwijnen van producten maken het meten op dit niveau onmogelijk.

⁶ Dit wordt ook wel de "rucksack" genoemd en vormt een essentieel onderdeel van de analyse rond de Total Material Requirement (TMR) van een land.

In de praktijk zal daarom meestal op het niveau van het basisproduct worden gemeten⁷. Een analyse op het niveau van basisproducten, zoals gangbaar is, maakt de keuze voor productie of consumptie belangrijk. Een land dat veel basisindustrieën heeft, zoals Nederland, zal over het algemeen een hogere waarde voor de productiegerelateerde dematerialisatie-indicator hebben. Een land dat vooral consumentenproducten en machines produceert (zoals Japan), zal juist een hogere waarde hebben voor de consumptiegerichte indicator. Dit alles hoeft niets te zeggen over het daadwerkelijke beslag dat de finale consumptie op materialen en het milieu legt.

Ook bij de vier keuzes die moeten worden gemaakt bij de afbakening van materiaalstromen is de beleidsvraag essentieel. Indien bijvoorbeeld uitputting van grondstoffen het belangrijkste beleidsthema is, is recycling een zinvolle optie.

2.2.3 Weging van materiaalstromen

Als men een keuze heeft gemaakt voor de materialen en de manier waarop die worden gemeten, kan worden bepaald hoe die materiaalstromen bij elkaar worden opgeteld. Daartoe moet de wegingsfactor W worden bepaald.

Er zijn grofweg de volgende opties:

- 1 Aggregatie over massa; dit betekent dat W_i gelijk is aan 1 (voor alle i).
- 2 Aggregatie over volume (m^3) zoals o.m. bekeken in Moll (1993).
- 3 Statistische methoden, zoals beschreven in Cleveland and Ruth (1999) en Huele et al. (1999).
- 4 Milieueffecten, dus over individuele milieuthema's, zoals toxiciteit, biodiversiteit, CO_2 , ruimtebeslag of verzuring⁸.
- 5 Schaduwrijzen zoals voorgesteld in CE (1996).
- 6 Expertpanels zoals in Weegfactoren NOGEPA (Huppel et al., 1997).
- 7 Diverse andere methodes, zoals bijvoorbeeld de uitputtingsgraad.

Overigens is alleen de weging met kilogrammen en volumes vrij oncontroversieel, bij de andere methoden moeten meer of minder aannames worden gemaakt. De weegfactoren bij de laatste vier methodes zijn variabel in de tijd als gevolg van, bijvoorbeeld, veranderingen in de milieubelasting van de keten.

Het zal duidelijk zijn dat de keuze voor de weegfactor ook mede bepaald wordt door wat men met de indicator beoogt: indien dematerialisatie vooral een bijdrage moet leveren aan het terugdringen van de milieubelasting, ligt het voor de hand om de materiaalstromen met hun milieu-impact te wegen.

2.2.4 Het nut van materiaalstromen

De gewogen materiaalstromen worden uiteindelijk opgeteld om de teller van de dematerialisatie-indicator te verkrijgen. De noemer van de indicator wordt gevormd door $f(Y)$ wat gelijk staat aan de functie (of het nut) waarvoor de

⁷ Er is door het Wupperthal instituut geschat dat het totale aantal abiotische materialen dat een aanzienlijke omvang in onze economie heeft de 100 niet overschrijdt. De vraag is hierbij wel of omvang een bepalende maatstaf zou moeten zijn voor het opstellen van een dematerialisatie-indicator.

⁸ Daarnaast is het de vraag welke milieueffecten in de keten moeten worden meegenomen: alleen voor waar de materiaalstroom wordt gemeten of over de gehele keten (van wieg tot graf). Deze discussie wordt in hoofdstuk 4 gevoerd.

materiaalstromen worden gebruikt. Zo kan er op productniveau worden gekeken naar de functie die bijvoorbeeld een koelkast vervult (kilogrammen te koelen voedsel).

Als de indicator op nationale schaal wordt gebruikt, wordt voor $f(Y)$ meestal het BBP van een land gebruikt. Een alternatief is om $f(Y)$ gelijk te laten zijn aan 1, en zodoende alleen te kijken naar de materiaalstromen en niet hun relatie tot het BBP.

2.3 Conclusies

Een dematerialisatie-indicator kan alleen worden vormgegeven als bepaalde keuzes worden gemaakt. De belangrijkste keuzes omvatten naar onze mening:

- 1 Materialen: welke materialen worden meegenomen in de indicator? Wordt energie hierbij ook meegenomen of niet?
- 2 Gaat het om productie of consumptie van materialen en daarmee samenhangend: op welk moment en waar worden deze materiaalstromen gemeten? Worden milieueffecten eerder in de keten ook meegenomen en hoe wordt recycling beoordeeld?
- 3 Wegen: hoe worden deze materiaalstromen gewogen ten opzichte van elkaar?

Deze keuzes kunnen slechts dan zinvol gemaakt worden als helder is wat men met dematerialisatiebeleid beoogt. Omdat dit een cruciaal punt is, wordt dit in hoofdstuk 3 toegelicht.



3 Beleid voor dematerialisatie

In dit hoofdstuk bekijken we op welke manier het beleid thans invulling heeft gegeven aan de keuzes die in hoofdstuk 2 zijn geïdentificeerd om tot een werkbare indicator voor dematerialisatiebeleid te komen. Daartoe gaan we eerst in op de vraag hoe dematerialisatie eigenlijk in het beleid terecht is gekomen, om vervolgens het NMP4 te analyseren over de doeleinden, gebruikers en invalshoeken van dematerialisatie (par. 3.2 en 3.3). Vervolgens geven we een visie op dematerialisatiebeleid die volgens ons aansluit bij de gesignaleerde intenties in het NMP4 en die een raamwerk vormt voor de ontwikkeling van indicatoren in de volgende hoofdstukken.

Omdat we ons ervan bewust zijn dat de hier ontwikkelde visie slechts één van de mogelijkheden is, geven we in bijlage C een aantal andere mogelijke redenen weer die men kan hanteren bij het ontwikkelen van dematerialisatiebeleid.

3.1 Een kort historisch overzicht van dematerialisatie

Dematerialisatie vindt zijn oorsprong in de wetenschappelijke literatuur rond vraagstukken omtrent schaarste en natuurlijke hulpbronnen. Daarin is dematerialisatie vaak gebruikt als een puur beschrijvend fenomeen die de absolute of relatieve afname (ten opzichte van het BBP) van enkele grondstoffen door de tijd heen beschrijft. Oorspronkelijk bestudeerd vanuit het perspectief van het voorspellen van de vraag naar grondstoffen (zie o.m. Malenbaum, 1978 en Tilton, 1986), werd het begrip gedurende de late jaren '80 interessant bevonden door onderzoekers die een brede proxy zochten voor milieuvuiling in algemene zin (Jänicke et al., 1989)⁹. De gevonden dematerialisatie werd geïnterpreteerd als "a sign of hope" (von Weiszacker en Schmidt-Bleek, 1994).

Een effect van dematerialisatie is dat per eenheid materiaal input een hogere toegevoegde waarde wordt bereikt. Dit fenomeen, ook wel materiaalproductiviteit genoemd, is een gegeven dat op de langere termijn voor verscheidene grondstoffen kan worden waargenomen¹⁰. Als belangrijkste oorzaken worden de voortschrijdende technologische ontwikkelingen genoemd en de economische drijfveer die er bestaat om zuinig met materialen om te springen (materialen vormen immers kostenposten in de productie van goederen en diensten). Er is echter ook beweerd dat de waargenomen dematerialisatie in werkelijkheid vooral *materiaalsubstitutie* zou omvatten¹¹. Doordat de productiestatistieken over materiaalgebruik normaliter 'oude' en 'bekende' materialen omvatten (en niet allerhande polymeren), zou de nadruk in de analyse van dematerialisatie vaak liggen op materialen die, om redenen van procesefficiency of superieure producteigenschappen, al vervangen zijn door anderen. De Bruyn en Opschoor (1997) concludeerden dat het waarschijnlijker is om te spreken van rematerialisatie sinds de grondstofprijzen weer zijn gezakt in het begin van de jaren '80.

⁹ Die belangstelling voor een proxy voor milieuvuiling was trouwens vooral praktisch van aard: consistente tijdreeksen over milieuvuiling waren eind jaren '80 niet voorhanden.

¹⁰ Zie bijvoorbeeld Williams, Larson and Ross (1987).

¹¹ Zie Labys and Wadell (1989).

Eind jaren '90 begonnen wetenschappers en politici dematerialisatie als een norm te interpreteren om te komen tot duurzame ontwikkeling. Daaruit vloeiden Factor 10 en Factor 4 initiatieven voort. De Factor 4 is, bijvoorbeeld, onderbouwd uit een analogie met het klimaatbeleid. Ervan uitgaande dat de broeikasgassen met 50% moeten worden gereduceerd in 50 jaar en de autonome groei zou uitkomen op een verdubbeling van de huidige emissies, zal er in 50 jaar een factor 4 reductie behaald moet worden om tot de gewenste reductie van broeikasgassen te komen. Gemakshalve wordt vervolgens verondersteld dat de link tussen CO₂-emissies en 'material input' een 1 op 1 relatie is.

Box 3.1. Dematerialisatie en Factor 4

Het boek FACTOR 4 (von Weiszäcker *et al.*, 1997) geeft 7 redenen waarom dematerialisatie gewenst zou zijn:

- 1 Lichter is beter, geeft een betere kwaliteit van het leven weer.
- 2 Minder materialen betekenen minder vervuiling "Everything must go somewhere".
- 3 Minder materialen betekenen winstgevendheid omdat zowel de materialen als de vervuiling een kostenpost zijn voor bedrijven.
- 4 Daarom kan het grotendeels via de markt gebeuren als de overheid barrières wegneemt en informatieoverdracht bevordert.
- 5 De financiële besparingen kunnen worden aangewend voor andere urgente problemen.
- 6 Het verhoogt de nationale veiligheid omdat landen minder afhankelijk worden van materiaalstromen.
- 7 Een grotere rechtvaardigheid bij het verminderen van de 'resources', het herwaarderen van arbeid als productiefactor door het verminderen van de input van materialen en energie.

We zien de voornaamste bijdrage van dematerialisatie in punt (2). De andere aspecten zien we meer als nevenproducten en niet als doelstellingen op zich. We constateren hierbij dat (3) en (5) vooral economische aspecten betreffen en vermoedelijk grotendeels al vanzelf gebeuren, al kan het zijn dat, analoog met energiebesparing, nu inderdaad niet alle potentieel wordt benut, omdat er informatieachterstand is bij ondernemers en ontwerpers (punt 4). Daar gaan we in par. 3.4.5 op in.

De Factor 4-literatuur heeft veel aansprekende voorbeelden opgeleverd voor dematerialisatie op productniveau. Deze zijn wellicht voor beleidsmakers een inspiratiebron geweest om dematerialisatie ook op de politieke agenda te zetten. In de volgende paragraaf zullen we deze beleidsinitiatieven bespreken.

3.2 Dematerialisatiebeleid in Nederland en Europa

In Nederland is het dematerialisatiebeleid geïntroduceerd in het NMP4. Het is nuttig om hier precies te bepalen wat het NMP4 bedoelt met dematerialisatiebeleid. Het document zelf is redelijk summier wanneer het aankomt op de vraag waarom er dematerialisatiebeleid zou moeten worden gevoerd. Dematerialisatie komt voor het eerst ter sprake in het hoofdstuk over transitie management (p. 102). Daarin staat dat er een monitoringsysteem zal worden opgezet dat o.m. rekening houdt met uitputtingsgraad en de uitstoot van CO₂. Dat wijst erop dat de uitputtingsproblematiek en klimaatproblematiek de voornaamste redenen zijn om dematerialisatiebeleid te voeren.

Hoewel dematerialisatie ook invloed heeft op andere vormen van milieudruk, stelt het NMP4 (p. 126) dat: "de bestaande instrumenten om die milieudruk te reduceren vaak effectiever en efficiënter zijn. Brongerichte maatregelen bij productieprocessen leiden bijvoorbeeld meestal tot veel grotere reducties dan dematerialisatie. [...] Dematerialisatie is vooral aanvullend ten opzichte van reeds bestaande instrumenten. Vermindering van de materiaalinzet, gekoppeld aan de vermindering van energieverbruik, wordt via bestaande instrumenten al gestimuleerd. Dematerialisatiebeleid leidt dan vooral tot aandacht voor en tot de ontwikkeling en inzet van extra instrumenten op het gebied van materialen en energie".

Dit geeft een inperking aan het gebruik van dematerialisatie in het milieubeleid: het moet vooral een aanvullende rol hebben en leiden tot meer beleidsinstrumenten om de milieudruk omlaag te brengen.

Bij de uitvoering van dematerialisatiebeleid ziet het NMP4 (p. 143 e.v.) vooral een rol voor producenten en consumenten. "Dematerialisatie krijgt een grotere rol in het bestaande beleidsinstrumentarium, waarbij modules worden ontwikkeld gericht op vermindering van het gebruik van materialen. Hierbij wordt ook gebruik gemaakt van het instrument levenscyclusanalyse [...]. Het moet tevens duidelijk zijn welke milieuwinst met dematerialisatie te bereiken valt. Dit is niet alleen voor het bedrijfsleven van belang, maar ook voor consumenten. Alleen dan kunnen bedrijven en consumenten gemotiveerd worden om hieraan een bijdrage te leveren. Er zullen daarom ook voorwaarden worden geschapen om toegesneden kennis toegankelijker te maken voor de detailhandel met het oog op het verder verduurzamen van het productassortiment."

Aan de basis van het dematerialisatiebeleid ziet het NMP4 een monitoringsysteem dat zal moeten worden ontwikkeld, dat (p. 142)

"...rekening houdt met de uitputtingsgraad van grondstoffen en energieverbruik. Het gaat hierbij om:

- het volgen van veranderingen in materiaalgebruik, ecosystemen en de economie die leiden tot een duurzaam consumptiepatroon;
- het analyseren van de factoren die de vraag naar materialen en energie bepalen;
- het bepalen van de milieudruk van materiaalstromen en energiegebruik en dus ook de potentiële milieuwinst (met name de relatie met de CO₂-uitstoot speelt hierbij een belangrijke rol)."

De totale inspanningen van het monitoringsysteem zullen worden gevolgd met behulp van een dematerialisatie-indicator, die voor bedrijven, sectoren maar ook voor Nederland, een indicatie moet geven van de voortgang op het gebied van dematerialisatie. "De ontwikkeling van een dematerialisatie-indicator zal zijn gebaseerd op indicatoren, die het terrein van fossiele brandstoffen, hout, voedsel, water, kunststoffen, bouwmaterialen en metalen dekken. Afgeleide indicatoren op het terrein van afvalstoffen kunnen hierbij eveneens een rol spelen. Bij de ontwikkeling van een dematerialisatie-indicator sluit Nederland zoveel mogelijk aan bij de Europese ontwikkeling van een soortgelijk instrument."

Het dematerialisatiebeleid zal vervolgens worden ingezet om de milieudruk van materiaalstromen te verminderen. Dematerialisatiebeleid is volgens het NMP4 vooral ondersteunend in het klimaatbeleid, het productbeleid en het afvalstoffenbeleid en het beleid gericht op het verminderen van uitputting van natuurlijke hulpbronnen.

Ook in Europa worden plannen voorbereid om tot een dematerialisatiebeleid te komen. In het 6th Action Programme, het milieuprogramma van de EU, staat een paragraaf over dematerialisatie waarin wordt gesteld dat dematerialisatiebeleid zou moeten worden gevoerd om de uitputting van grondstoffen tegen te gaan. In het 6th Action Programme wordt daar geen verdere invulling aangegeven, wel is men bij de Europese Commissie thans bezig om te onderzoeken hoe dat beleid kan worden vormgegeven. Van belang daarbij zijn discussies in met name Duitsland, Oostenrijk en het Verenigde Koninkrijk over het belang van het terugdringen van het materiaalgebruik.

3.3 Een visie op dematerialisatie als aanvullend beleid

Het NMP4 is op hoofdlijnen duidelijk over de rol die dematerialisatie krijgt in het milieubeleid: dematerialisatie moet vooral aanvullend zijn op het bestaande beleidsinstrumentarium. Het moet dus een toevoeging zijn op het bestaande beleidsinstrumentarium. Het NMP4 noemt productbeleid, klimaatbeleid, afvalbeleid en beleid gericht op het verminderen van de uitputting van grondstoffen als voornaamste terreinen waarop dergelijk aanvullend beleid nodig wordt geacht.

Maar hoe die aanvullende rol precies moet worden afgebakend is minder helder. Een beleid gericht op het terugdringen van het gebruik van grondstoffen zal immers veel implicaties hebben met andere milieubeleidsterreinen en kan daar ook conflicten veroorzaken.

Op het niveau van individuele producten zijn veel voorbeelden te vinden van dergelijke conflicten. Zo is vanuit milieuoogpunt een kartonnen drankverpakking te prefereren boven een eenmalig gebruikte plastic fles, maar is de kartonnen verpakking wel zwaarder. En een retourneerbare statiegeldfles is zwaarder dan een wegwerpfles. Het puur inzetten op dematerialisatie kan aldus leiden tot ongewenste materialensubstitutie die het huidige product- en afvalbeleid frustreert.

Dergelijke conflicten spelen ook op de nationale schaal. Dematerialisatie kan leiden tot materialensubstitutie waarvan het netto-effect op het milieu negatief is. Een preciezere afbakening van dematerialisatie op het milieubeleids-terrein kan dan handig zijn, omdat deze afbakening in ieder geval de reikwijdte van het dematerialisatiebeleid regelt.

In diverse overleggen met (onder meer) VROM hebben we getracht om een eenduidig kader te scheppen waarbinnen de dematerialisatiebeleid past. Centraal daarbij heeft het uitgangspunt gestaan dat dematerialisatiebeleid zowel aanvullend ten opzichte van het huidige beleidsinstrumentarium moest staan, als dat het een milieuprobleem zou moeten aanpakken dat met het huidige beleidsinstrumentarium onvoldoende wordt gedekt.

Tijdens die gesprekken is een analogie gemaakt met het energiebeleid, omdat door alle betrokkenen werd ervaren dat het energiebeleid een redelijke consistentie heeft en dat daarvan kan worden geleerd voor het opzetten van een dematerialisatiebeleid.

Om de milieubelasting als gevolg energiegebruik te verminderen staan in het energiebeleid de volgende oplossingsrichtingen centraal (zie bijv. de Derde Energienota en NMP4, p86ev):

- een toename in het gebruik van duurzame energiebronnen;
- en het toepassen van schone technologie om emissies te minimaliseren;



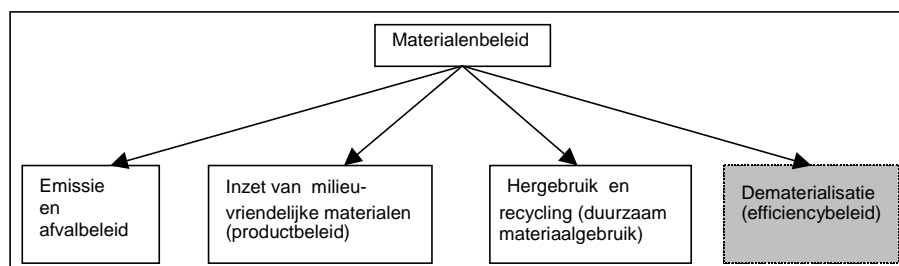
- de inzet van schonere fossiele energiebronnen;
- het verhogen van de energie-efficiëntie.

In onze visie is materialenbeleid ook een onderdeel van het milieubeleid. Het doel hiervan is om de milieubelasting die samenhangt met materiaalgebruik te verminderen. Dit beleid vertoont thans minder samenhang dan het energiebeleid, maar de mogelijke oplossingsrichtingen van het materialenbeleid zijn vergelijkbaar:

- inzet van hergebruik en recycling (duurzaam materiaalgebruik);
- emissiereductie per materiaalsoort (ketenbeleid);
- inzet van milieuvriendelijke materialen (substitutiebeleid);
- verhogen van de materiaalefficiëntie.

Terwijl de eerste drie oplossingsrichtingen thans wel onderdeel van het beleid zijn, missen we een integrale benadering gericht op het verhogen van de materiaalefficiëntie. Volgens ons zou dematerialisatie die rol kunnen vervullen. Daarmee is dematerialisatie in deze optiek vergelijkbaar met beleid rond het verhogen van de energie-efficiency. De reden voor het invoeren van een dematerialisatiebeleid is aldus het toevoegen van een extra oplossingsrichting voor het materialenbeleid dat tot doel heeft de milieubelasting terug te dringen. Dit betekent niet dat dematerialisatie altijd goed voor het milieu is. Net als bij energie-efficiency hoeft dematerialisatie door terugkoppel-effecten en gebruik van milieuonvriendelijke materialen niet noodzakelijkerwijs te leiden tot een vermindering van de milieubelasting. Al is de achterliggende gedachte wel dat grosso modo een hogere materiaalefficiëntie tot lagere milieubelasting leidt, net zoals grosso modo een hogere energie-efficiency tot lagere milieubelasting leidt. Het gaat hier echter om vuistregels, niet om wetmatigheden.

Figuur 3 Vier oplossingsrichtingen voor het materialenbeleid



Deze zienswijze, dematerialisatiebeleid als onderdeel van materiaalefficiëntie beleid komt tegemoet aan de twee belangrijkste eisen: het is aanvullend ten opzichte van het huidige beleidsinstrumentarium en het wordt thans niet direct gedekt door ander beleid. Uiteindelijk zou het concept van dematerialisatie dan ook kunnen resulteren in overheidsbeleid. Analooq met het energiebeleid, waarbij in de Derde Energienota een efficiencybesparing van 33% tussen 1995 en 2020 is voorgenomen, zou de overheid ook doelstellingen kunnen afspreken voor de toename van de materiaalproductiviteit¹². Daarvoor is het wel nodig dat dematerialisatie op een goede manier wordt gemeten.

¹² We gaan er daarbij vanuit dat materiaalproductiviteit de reciproque is van de dematerialisatie als materiaalefficiëntie. Dit is gebruikelijk in de literatuur, zie bijvoorbeeld De Bruyn en Opschoor (1997).

3.4 Het opstellen van een indicator

Nu we het dematerialisatiebeleid nader hebben ingevuld is het mogelijk om te kijken welke gevolgen dat heeft voor de indicator voor dematerialisatie. Allereerst moet daarbij de focus voor de indicator worden vastgesteld. Er zijn in principe namelijk twee ontwikkelingstrajecten voor een indicator denkbaar: een indicator die uitgaat van gegevens om microniveau, zoals aanwezig in LCA's, en die probeert te aggregeren tot een totaal voor Nederland, of een indicator die uitgaat van materiaalstromen op macroniveau en daarvan, in een later stadium, een afgeleide probeert te maken naar doelgroepen op microniveau.

Het is onduidelijk welke weg het NMP4 ziet in de ontwikkeling van een dematerialisatie-indicator: het lijkt dat het NMP4 inzet op de ontwikkeling van een indicator op macroniveau (dus voor de Nederlandse economie), die dan op microniveau kan worden ingezet. Dit wordt versterkt door de zinsnede dat Nederland aansluit bij Europese ontwikkelingen, waar de materiaalstromen juist steeds meer op het niveau van individuele landen worden geanalyseerd (zie het werk bij het Wupperthal Institut en IFF in Oostenrijk) en de levenscyclusanalyse van individuele producten minder aandacht heeft gekregen en slechts als case-study wordt gebruikt bij het beschrijven van materiaalstromen op macroniveau¹³.

Daarom kiezen we ervoor om in dit stadium, de indicator op macroniveau in te vullen en daarmee dus de materiaalefficiëntie van Nederland bepaald gaat worden. Daarmee zou het dematerialisatiebeleid kunnen worden getoetst op de nationale schaal.

Voor de daadwerkelijke bepaling van een dergelijke indicator op nationaal niveau moeten er een aantal beslissingen worden genomen. De belangrijkste daarbij zijn (zie hoofdstuk 2):

- materialen: welke materialen worden meegenomen in de indicator?
- meting: Op welk moment en hoe worden deze materiaalstromen gemeten? Worden milieueffecten eerder in de keten ook meegenomen en hoe wordt recycling beoordeeld?
- wegen: hoe worden deze materiaalstromen gewogen ten opzichte van elkaar?

In de volgende paragraaf gaan we nader in op deze vragen. Daarbij kijken we eerst naar het energieveld: wat is de verhouding tussen energie-efficiëntie op bedrijfsniveau en dat op nationale schaal. Vervolgens kijken we naar welke implicaties dat heeft voor dematerialisatie.

¹³ Daarnaast is het zo dat doelstellingen op nationale schaal het voordeel hebben van een anker waaraan initiatieven in de markt, bij bedrijven en consumenten, aan kunnen refereren. Thans zijn er veel 'eco-efficiency' initiatieven in het bedrijfsleven waar dematerialisatie prima bij zou kunnen aansluiten. Een probleem is echter dat deze initiatieven zich niet goed laten optellen tot een effect op nationaal (of regionaal) niveau (zie o.m. Hertwich, 1997). Dit leidt tot een gebrek aan transparantie waardoor wetenschappers of politici niet meer kunnen beoordelen in hoeverre dergelijke initiatieven werkelijk bijdragen aan het oplossen van milieuproblemen. Het gebrek aan democratische controle is een ander bezwaar dat hier direct uit voortvloeit.



3.4.1 Energie-efficiëntie en transformatieratio's

In het energiebeleid wordt er een onderscheid gemaakt tussen energie-efficiency van installaties, productieprocessen en de nationale economie.

Het bepalen van energie-efficiency van een apparaat of installatie is relatief simpel: men kijkt wat er aan joules binnenkomt aan energie en kijkt welke functies worden geleverd als output. Vaak gaat het hier om *energietransformatieratio's*, want zowel de inputs als de outputs zijn in energietermen te vertalen. Zo weten we dat een STEG een elektrisch rendement heeft van ongeveer 55%, een Hr-ketel een thermisch rendement van ongeveer 90%.

Bij veel bedrijven zijn de outputs echter de producten die worden verkocht, en in dat geval zijn onder de MJA-1 richtlijnen vastgesteld waaraan de diverse branches moeten voldoen. Zo gelden voor de productie van een kilogram kaas andere richtlijnen dan voor de productie van plaatstaal. Ook deze normen zijn op te vatten als transformatieratio's: ze bepalen immers hoeveel energie er nodig is om een fysiek eindproduct te leveren:

$$\text{Energie-efficiency} = \frac{\text{energie-input (gJ)}}{\text{product}}$$

Dergelijke sectorale benaderingen worden gestuurd door het macro-beleid dat in de Derde Energienota is vastgelegd. Daarin staat dat het landelijke doel is om te komen tot een efficiency-verbetering 33% in 25 jaar, ongeveer 1,1% per jaar. Een probleem van dergelijke transformatieratio's voor specifieke processen is echter dat ze niet te aggregeren zijn tot een energie-efficiency criterium op nationale schaal. Terwijl de teller voor alle transformatieratio's gelijk is (namelijk energie-input), is de noemer dat niet (namelijk diverse producten). Een mogelijkheid om toch te aggregeren is om die producten uit te drukken in de *waarde* die ze hebben, dus in geld. De totale waarde van alle in Nederland geproduceerde goederen en diensten is gelijk aan het Bruto Binnenlands Product, BBP. Daarmee is de energie-intensiteit, gedefinieerd als de hoeveelheid geconsumeerde energie gedeeld door het BBP, een maatstaf voor energie-efficiency op de nationale schaal. De energie-intensiteit wordt ook wel gezien als de energieproductiviteit: de hoeveelheid inkomen die wij genereren met een bepaalde inzet van energie.

Een veel gebruikte maatstaf is de Total Primary Energy Supply (TPES), die wordt weergegeven als:

$$\text{TPES} = \sum_{i=1}^k P_i + \sum_{i=1}^n (I_i - E_i - B_i \pm Z_i)$$

Waarbij:

i = een energiedrager,

k = het totale aantal primaire energiedragers (kolen, olie, gas, etc.),

P_i = de productie van de primaire energiedrager i ,

n = het totale aantal energiedragers, inclusief afgeleide energiedragers zoals elektriciteit, waarvan de consumptie wordt teruggerekend tot primaire energiedragers.

I_i = de import van energiedrager i

E_i = de export van energiedrager i

Bi = het gebruik van energiedrager i in internationaal scheepverkeer¹⁴
Zi = de verandering in voorraadvorming.

De TPES geeft het totaal weer aan primaire energiedragers van een economie. Het is een consumptiegerichte indicator doordat de import- en exportstromen worden opgeteld, c.q. afgetrokken van de energieproductie. TPES/BBP geeft uiteindelijk dan de energie-intensiteit weer, wat een indicatie kan zijn van de efficiëntie op nationale schaal van hoe energie wordt gebruikt ten behoeve van het creëren van inkomen. TPES/BBP ratio's worden in de literatuur vaak gebruikt om landen onderling te vergelijken in hun energie-efficiency (zie bijvoorbeeld Nilsson, 1993).

3.4.2 Een indicator voor dematerialisatie en het moment van meten

Als we nu een vergelijkbare maatstaf voor dematerialisatie proberen te ontwikkelen stuiten we op een aantal problemen bij het ontwikkelen van een indicator. Op sector- en/of bedrijfsniveau kan het mogelijk zijn een aantal transformatieratio's te bepalen. Voor iedere stap uit de keten, zoals in Figuur 2 beschreven, zijn die echter verschillend. Voor een koper smelter zal dat, bijvoorbeeld, de verhouding zijn tussen de input van kopererts en additieven en de output van geraffineerd koper. Maar voor de maker van elektrische bedradingen de hoeveelheid input van geraffineerd koper en de hoeveelheid output van draad.

Wat hierin opvalt is dat niet alleen de noemer maar ook de teller in deze transformatieratio's verschillend is: het gaat in het ene geval immers om kopererts en in het andere geval om geraffineerd koper.

Voor de constructie van een dematerialisatie-indicator hoeft dat geen probleem te zijn als men beide stromen aggregeert tot kilogrammen en men van mening is dat zoiets een zinvolle indicator oplevert voor de milieudruk die met materiaalstromen samenhangt. Maar er ontstaan problemen omdat men voor de eerste vier stappen die in Figuur 2 onderscheiden zijn ook de import en de exportstromen moet meenemen¹⁵. Bovendien moet men, om tot een vergelijkbare maatstaf te komen voor de primaire materiaal behoefte, alle import en exportstromen in de lagere stappen in de keten terugrekenen tot de primaire materiaalbehoefte van de economie, dus tot erts en materiaaldragers. Voor een materiaal, bijvoorbeeld zink, zal dit al een heel erg moeilijke klus blijken te zijn waar talloze berekeningen een rol in zullen spelen. Voor een set van 40-50 materialen zal dit onmogelijk blijken te zijn.

Daarom is de primaire materiaalbehoefte, waarbij primair staat voor de hoogste stap in de materiaalketen en dus voor erts en materiaaldragers, niet een voor de hand liggende indicator voor dematerialisatie. Een alternatief is om te kijken op het niveau van de basisproducten (of basismaterialen), dwz staal, zink, fosfaat, cement, landbouwproducten, etc., wat een zinvolle proxy voor de materiaalbehoefte van een economie kan opleveren. Dit zou betekenen dat de Total Basic Material Supply (TBMS), zou kunnen worden gedefinieerd als:

¹⁴ Daarbij wordt er meestal van uitgegaan dat de gehele consumptie van olie voor zeevaartschepen ten laste valt van buitenlandse schepen.

¹⁵ De laatste stap, die van de finale eindproducten, wordt ook bij de TPES maatstaf niet onderscheiden en kan dus worden weggelaten.

$$TBMS = \sum_{i=1}^n P_i + (I_i - E_i \pm Z_i)$$

Waarbij

i = een basis materiaal

n = het aantal materialen dat wordt meegenomen in de indicator

P_i = de productie van materiaal i

I_i = de import van materiaal i

E_i = de export van materiaal i

Z_i = de onttrekkingen en toevoegingen aan de voorraad van materiaal i .

Omdat data over voorraadvorming en –onttrekking voor materialen moeilijk zijn te bepalen, wordt de laatste term meestal weggelaten en verengd de formule tot die van de zogenaamde “apparent consumption”, de klaarblijkelijke gemeten consumptie van materiaal i : de productie + import – export.

Een paar opmerkingen zijn hier op zijn plaats:

- 1 De voornaamste reden om de analyse van materiaalstromen hier tot 1 stap te beperken, namelijk die van de basisproducten, is om te komen tot een hanteerbare indicator voor dematerialisatie.
- 2 In principe zou de TBMS ook op een ander niveau kunnen worden gemeten, bijvoorbeeld op het niveau van ruwe grondstoffen (ertsen en materiaaldragers). Een analyse van de totale consumptie van ruwe grondstoffen levert een ander beeld dan de totale consumptie van basismaterialen. In het eerste geval zal vooral worden gekeken naar de materiaalproductiviteit van de basisindustrie, in het tweede geval naar de materiaalproductiviteit van de consumenten en machinebouwindustrie.
- 3 De keuze voor het uiteindelijke niveau zal mede moeten worden vormgegeven door de verwachte milieuwinst als gevolg van dematerialisatie op de verschillende niveaus. A-priori veronderstellen we dat deze milieuwinst groter is op het gebied van de consumenten- en machinebouwindustrie omdat juist hier naast materiaalbesparing ook materiaalsubstitutie een rol kan spelen: producten kunnen uit verschillende materialen worden samengesteld en elk van die materialen zal een ander milieu-profiel hebben. Dergelijke substitutie-effecten zijn niet of nauwelijks mogelijk op het gebied van basismetaleenindustrie.
- 4 In de huidige opzet worden de stappen die gemaakt zijn voor de productie van basismaterialen niet in de indicator meegenomen. Dat wil zeggen dat import, productie en export van ertsen en andere ruwe grondstoffen niet geteld wordt als consumptie van materialen in een land. Dit lijkt ons juist omdat deze materialen *zelf* geen reden van consumptie vormen: ze worden slechts ingezet ter vervaardiging van de basismaterialen. Dit laat onverlet dat in dergelijke industrieën er wel degelijk potentieel voor dematerialisatie kan bestaan en toekomstig onderzoek zou kunnen onderzoeken of het wenselijk is om dergelijke potentiële te betrekken bij een indicator voor dematerialisatie.

3.4.3 Materiaalstromen die moeten worden meegenomen

In het NMP4 wordt melding gemaakt van een aantal grove categorieën van materiaalstromen die in de indicator terecht zouden moeten komen: fossiele brandstoffen, hout, voedsel, water, kunststoffen, bouwmaterialen en metalen. Daarmee wordt inderdaad het volledige spectrum van mogelijk milieubelastende fysieke stromen gedekt. Maar een volledige analyse van alle materialen en materiaalverbindingen die door de Nederlandse economie

gaan is praktisch gezien niet mogelijk omdat de gegevensverzameling te tijdrovend zou worden.

Bij de uiteindelijke keuze voor een subset van materialen is het daarom vooral van belang die materialen mee te nemen die het meest milieuvervuilend zijn. Een volledige analyse van de milieu-impact van alle materialen is gedeeltelijk in de LCA-literatuur te vinden, maar vaak onvolledig. Thans wordt door het CML in Leiden onderzoek gedaan naar welke materialen het meest milieuvervuilend zijn en waarmee dus een indicator kan worden vormgegeven.

De keuze voor materialen wordt ook bepaald door de aanvullende rol die dematerialisatie, als materialenefficiëntie, zou moeten vervullen in het milieubeleid. Omdat energiebeleid thans wel wordt gevoerd, lijkt het niet opportuun om fossiele brandstoffen mee te nemen in de ontwikkeling van een dematerialisatie-indicator. Een uitzondering moet worden gemaakt voor de inzet van fossiele brandstoffen bij de productie van materialen, zoals plastics, die buiten de afspraken over energie-efficiëntie valt.

In hoofdstuk 4 en 5 zullen we een tiental materialen meenemen in een voorlopige indicator voor dematerialisatie. De set van materialen zal in een later stadium moeten worden uitgebouwd om tot een volledige indicator voor dematerialisatie te komen.

3.4.4 Weging

Dematerialisatie, een verhoging van de materiaalefficiëntie, kan ook leiden tot ongewenste milieueffecten. Om dergelijke effecten te voorkomen kan het nuttig zijn om de dematerialisatie te *wegen* met de milieu-impact die samenhangt met die materiaalstromen.

De keuze om de materiaalstromen al dan niet te wegen met de milieudruk hangt mede af van welke rol dematerialisatie krijgt in het milieubeleid. Als dematerialisatie puur als onderdeel van het efficiency-beleid wordt gezien, kan een purist menen dat weging onnodig is. Want het verminderen van de milieu-impact van materialen wordt immers al door andere beleidsterreinen gedekt.

Aan de andere kant kan men beredeneren dat het verminderen van het gewicht zelf van producten een weinig zinvolle bezigheid is als daarmee niet het milieu wordt gediend. Dit speelt bij materialen sterker dan bij energie. Terwijl het verminderen van het energetisch beslag van producten vrijwel altijd goed is voor het milieu, geldt dit voor het verminderen van het gewicht veel minder.

Om meer inzicht te verkrijgen in het belang van weging, zullen we in de volgende hoofdstukken zowel ongewogen dematerialisatie-indicatoren ontwikkelen als indicatoren waarbij de materiaalstromen worden gewogen met hun milieu-impact. Zoals we in hoofdstuk 4 zullen beredeneren, gaat het daarbij om de weging van de milieu-impact over de gehele keten.

Uit dit overzicht van dematerialisatie-inspanningen rond beleidsformulering en indicatoren concluderen we het volgende:

- het NMP4 ziet dematerialisatie vooral als aanvullend beleid: beleid gericht op het verminderen van specifieke vormen milieudruk is veel effectiever dan het domweg indammen van de gehele materiaalstroom;
- de invulling van dematerialisatiebeleid als onderdeel van het materialenbeleid dat inzet op het verhogen van de efficiency van de in omloop zijnde materialen lijkt in voldoende mate aanvullend ten opzichte van het huidige beleidsinstrumentarium en wenselijk omdat een dergelijk beleid thans onvoldoende coherent wordt vormgegeven;
- dit betekent dat de materialen waarmee een dematerialisatie-indicator wordt opgesteld vooral materialen moeten omvatten waarvoor thans geen efficiencybeleid is ontwikkeld – daarmee vallen de fossiele brandstoffen bedoeld voor energieopwekking buiten de indicator;
- dematerialisatie-indicatoren moeten in eerste instantie iets zeggen over de (veranderingen in de) materiaalstromen op nationale schaal. In een later stadium zou er kunnen worden gewerkt aan de nadere invulling van dematerialisatiebeleid op bedrijfsniveau middels, bijvoorbeeld, LCA's;
- de materiaalstromen moeten vooral worden bepaald op het niveau van de basisproducten volgens het NMP4. Dit wordt door ons ondersteund door middel van een analyse van mogelijkheden van een dematerialisatie-indicator met verwijzing naar de praktijk bij energie-indicatoren;
- efficiency-indicatoren impliceren dat de basis van een dematerialisatie-indicator de consumptie van basismaterialen is. In het NMP4 lijkt het echter alsof de dematerialisatie-indicator vooral gericht zou zijn op het verminderen van de materiaalstromen bij de Nederlandse producenten. Dit wordt versterkt door de nadruk te leggen op de rol die dematerialisatie zou moeten vervullen rond het halen van doelstellingen in het klimaatbeleid: de Kyoto-afspraken gaan immers over de CO₂ van de in Nederland geproduceerde goederen. We kiezen er in de volgende hoofdstukken voor om beide benaderingen uit te werken;
- de vraag of de materiaalstromen moeten worden gewogen met hun milieueffecten is niet eenduidig te beantwoorden. Daarom gaan we in de rest van deze studie zowel gewogen als ongewogen indicatoren ontwikkelen om aan de hand van praktijkvoorbeelden een keuze te kunnen rechtvaardigen.



4 Een analyse van 10 materialenstromen

In het vorige hoofdstuk hebben we de keuzes beargumenteerd waarmee een dematerialisatie-indicator kan worden vormgegeven. In dit hoofdstuk willen we een eerste aanzet geven tot het komen van een dematerialisatie-indicator door de ontwikkelingen in de materiaalstromen van een selecte groep materialen te beschrijven. Tevens zullen we een analyse geven van de milieudruk die met het gebruik van die materialen samenhangt.

4.1 Selectie van materiaalstromen

Om tot een dematerialisatie-indicator te komen hebben we, in overleg met de opdrachtgever, besloten om tien grote materiaalstromen te selecteren.

Dit zijn:

- 1 Nafta.
- 2 Staal.
- 3 Aluminium.
- 4 Koper.
- 5 Hout.
- 6 Papier/Karton.
- 7 Cement.
- 8 Zand.
- 9 Chloor.
- 10 Soja.

Deze materialen zijn geselecteerd enerzijds op hun omvang en anderzijds omdat zij representatief zouden zijn voor een breed scala aan milieuproblemen, variërend van klimaatverandering, verzuring, aantasting van landschap en afval. Daarnaast verwachten we dat deze set een aardig beeld geeft van de problematiek die we tegen komen bij de ontwikkeling van een dematerialisatie-indicator.

De tien materiaalstromen zijn verdeeld over verschillende materiaalgroepen, te weten:

- metalen: staal, aluminium en koper zijn daarvan de belangrijkste in omvang;
- industriële mineralen: zand en cement, belangrijk in omvang;
- organisch kortcyclisch: hout, papier/karton en soja zijn daarvan belangrijke vertegenwoordigers;
- chemisch: chloor en nafta zijn daarvan belangrijke vertegenwoordigers.

Daarnaast bieden deze materialen tevens een goede mogelijkheid voor de verkenning van de problematiek op het gebied van import en export. Soja en koper worden niet in Nederland geproduceerd en exclusief uit het buitenland geïmporteerd. Nederland is daarentegen een groot exporteur van nafta, aluminium en staal.

Zoals in hoofdstuk 3 is beredeneerd, gaan we uit van de apparent consumption: de productie *plus* de import *minus* de export van de basismaterialen¹⁶. Deze benadering geeft voor de gekozen materialen vooral een *indicatie* van

¹⁶ Het begrip basismateriaal betreft hier zowel het niveau van de basisproducten en de halfabrikaten. Voor staal gaat het bijvoorbeeld om plaatstaal, folie, blokken, buizen en pijpen.

het materialengebruik in de Nederlandse industrie en bouwnijverheid. Daarbij moet worden opgemerkt dat bij de apparent consumption voorraadvorming wordt geteld als extra consumptie en onttrekking als een vermindering in consumptie.

Voor al deze materialen zijn de stromen van productie-, import-, export- en hergebruik in kaart gebracht¹⁷. Daarnaast zijn voor elk materiaal gegevens verzameld over de milieu-impact op het thema klimaat, waaraan de CO₂ emissie de belangrijkste bijdrage levert, finaal afval en landgebruik. Hiermee willen we bestuderen wat er gebeurt als we de materiaalstromen wegen naar milieu-impact.

Voor het databestand zijn verschillende bronnen geraadpleegd, variërend van statistische instanties zoals Centraal Bureau voor de Statistiek, International Trade Commodity Statistics (ICTS), International Energy Agency (IEA), verschillende brancheorganisaties en contacten uit het bedrijfsleven (Shell, Akzo Nobel, Corus, Nedstaal). In bijlage B kan een overzicht worden gevonden van de geraadpleegde bronnen.

4.2 Ontwikkelingen in het materiaalverbruik

Hieronder wordt op hoofdlijnen geschetst hoe het materiaalverbruik in de Nederlandse economie zich heeft ontwikkeld voor de tien materiaalstromen. Voor een precieze beschrijving van het materiaalverbruik verwijzen we naar bijlage A.

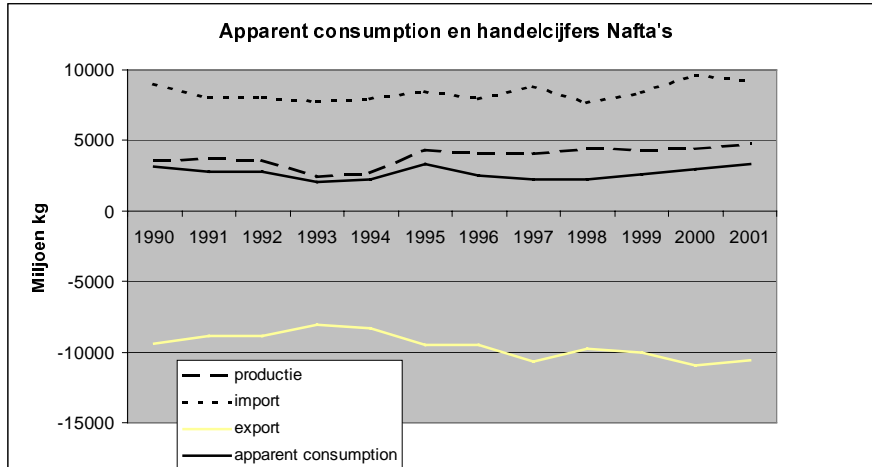
4.2.1 Nafta

Nafta is een productfractie van aardolie. Het wordt in naftakrakers afgebroken tot basischemicaliën als propyleen en ethyleen, waarvan vervolgens kunststoffen, oplosmiddelen en andere chemicaliën gemaakt worden.

Opvallend bij nafta zijn de grote import en exportstromen in relatie tot de productie en consumptie. Qua omvang zijn ze echter vrijwel gelijk. Mogelijk gaat het hier om vooral om doorvoer. De apparent consumption vertoont een U-vormig beeld door de jaren heen.

¹⁷ Zoals we in hoofdstuk 5 zullen zien, zijn er verschillende visies mogelijk op hoe deze hergebruikte stromen in de indicator moeten worden vertegenwoordigd.

Figuur 4 Apparent consumption van nafta

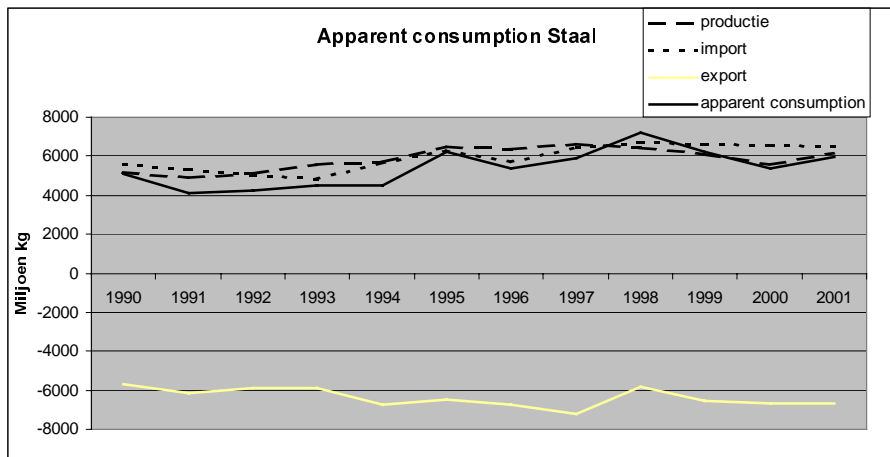


4.2.2 Staal

Staal omvat ruw staal verwerkt in walsproducten zoals plaatstaal, staal-draad, buizen en blokken.

De productie en apparent consumption van ruw staal vertonen een stijgende tendens. De relatief grote fluctuaties in de binnenlandse vraag (apparent consumptie) betreffen de vooral schommelingen in voorraadvorming en ont-trekking aan voorraden die worden gemeten als consumptie.

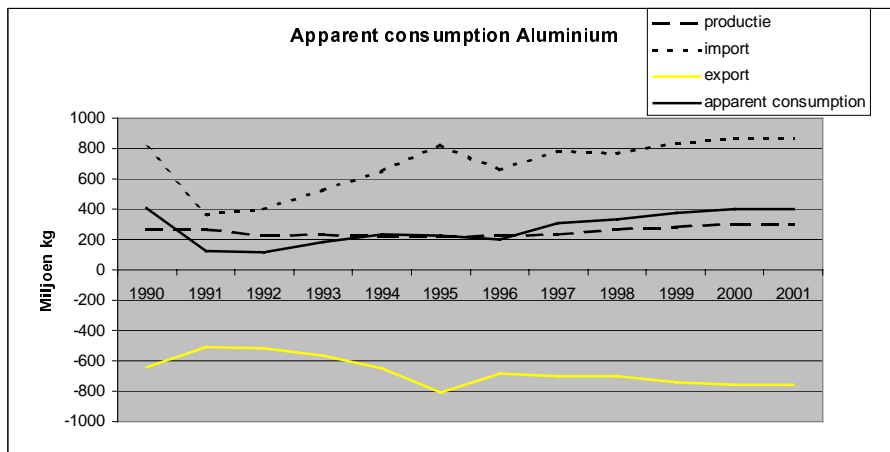
Figuur 5 Apparent consumption van staal



4.2.3 Aluminium

Aluminium wordt in toenemende mate toegepast in de bouw, transport- en verpakkingsindustrie.

Figuur 6 Apparent consumption van aluminium

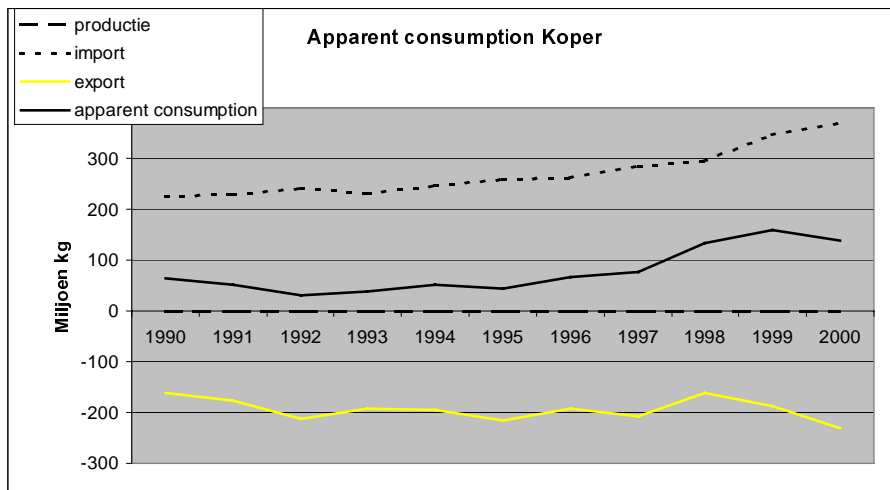


Onduidelijk is waarom de apparent consumptie in 1990 een duidelijke afwijking vertoont met het consistente stijgende beeld vanaf 1991. Opvallend zijn voorts de fluctuaties in de handelsstromen, hoofdzakelijk een gevolg van fluctuaties in de wereldmarkt en het belang van Rotterdam als doorvoerhaven.

4.2.4 Koper

Koperproducten worden toegepast in de woningbouw (elektrische bedrading en waterleiding), grondkabels en allerlei huishoudelijke apparaten. Koper wordt niet in Nederland geproduceerd, maar uitsluitend geïmporteerd.

Figuur 7 Apparent consumption van koper



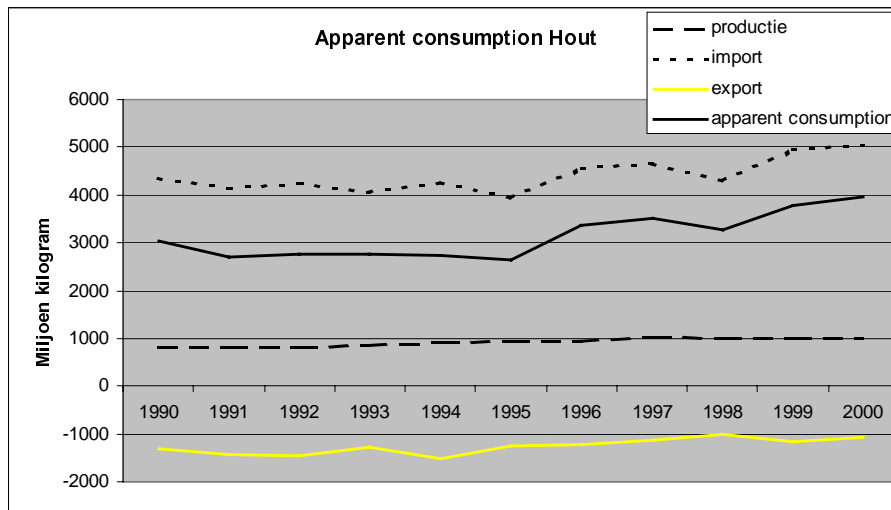
De consumptie is vanaf 1997 sterk toegenomen. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan een toename van de woningbouw (koperen bedrading en waterleidingen).



4.2.5 Hout

Slechts een klein deel van de houtverwerkende bedrijven in Nederland is ingesteld op hout uit Nederlands bos. De meeste bedrijven gebruiken geïmporteerd hout. De handel in bewerkt hout is daardoor het grootst. Het Nederlandse hout wordt merendeels geëxporteerd naar de Belgische platenindustrie.

Figuur 8 Apparent consumption van hout

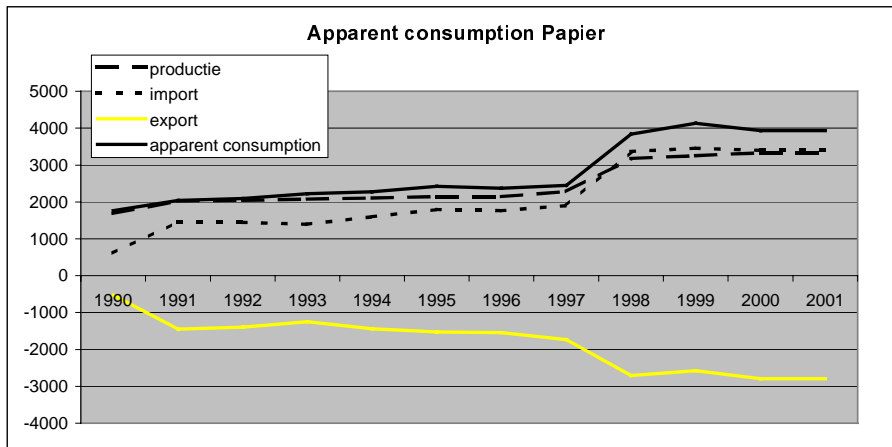


In 1996 is een toename zichtbaar van de import. Dit betreft een stijging van eenvoudig bewerkt rondhout (treinbielzen). Het is niet duidelijk of dit een feitelijk toename betreft of dat dit het gevolg is van een wijziging in het statistische registratiesysteem; vanaf 1996 zijn de handelscijfers voor deze categorieën opgegeven in volume-eenheden in plaats van tonnage.

4.2.6 Papier

Een van de belangrijkste grondstoffen voor de papierindustrie is oud papier. Hergebruik is dan ook bepalend voor deze materiaalstroom. Daarnaast gebruikt men ook nieuwe vezels afkomstig van hout (pulp). Houtpulp wordt vrijwel uitsluitend geïmporteerd uit Finland, Zweden en Duitsland.

Figuur 9 Apparent consumption van papier

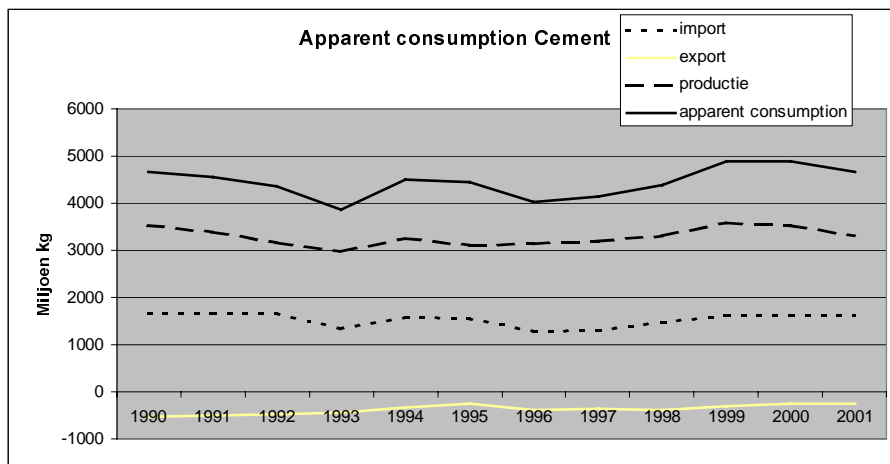


Er is een grote stijging zichtbaar van de papierconsumptie vanaf 1998. Dit betreft voornamelijk grafisch papier. In 1990 vormde grafisch papier slechts 13% van de totale papierconsumptie, in 2001 is dat opgelopen tot ruim 50%. De stijging in 1998 valt samen met de uitbreiding van de productiecapaciteit voor grafisch papier bij een papierfabrikant.

4.2.7 Cement

Cement wordt in Nederland in drie grote cementfabrieken geproduceerd.

Figuur 10 Apparent consumption van cement



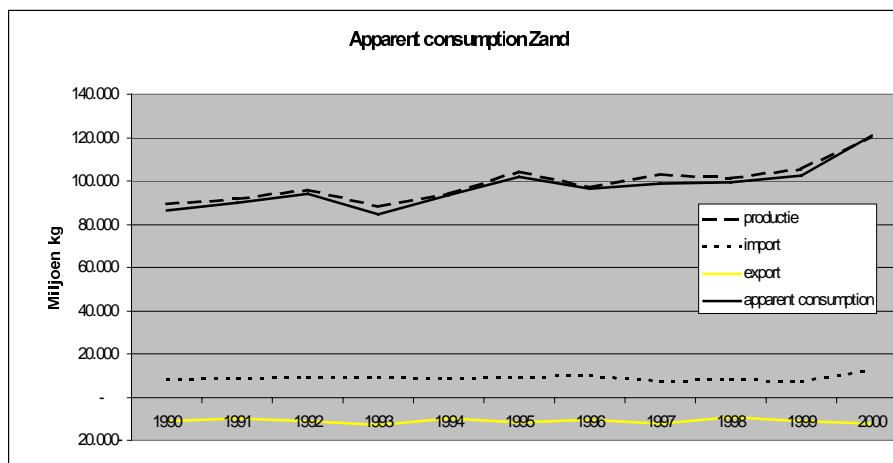
Vermoedelijk hebben ook hier de relatief grote fluctuaties in de apparent consumption te maken met voorraadvorming en onttrekking. Vanaf 1993 is een stijgende tendens te ontdekken in de consumptie en productie van cement. De export vormt een dalende tendens door de jaren heen.



4.2.8 Zand

Zand vormt in hoeveelheden de grootste materiaalstroom in Nederland. Door het bulkkarakter van het materiaal zijn import en export relatief beperkt ten opzichte van de productie.

Figuur 11 Apparent consumption van zand

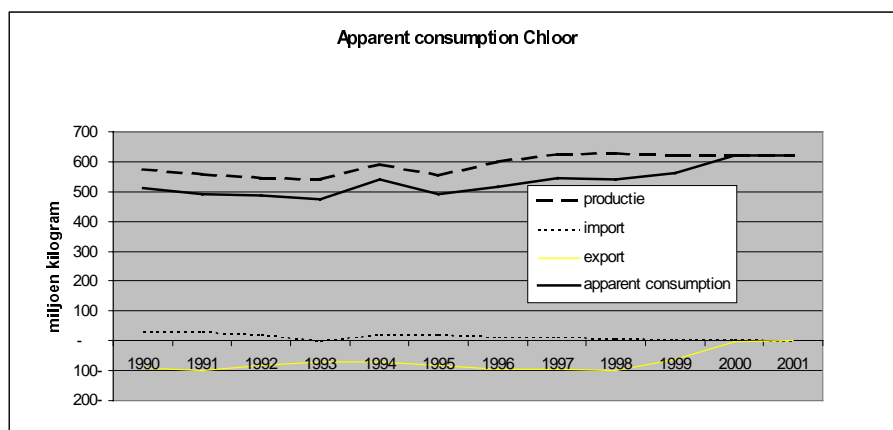


In 1999-2000 is een substantiële toename van het gebruik aan ophoogzand waarneembaar als gevolg van de werkzaamheden in IJburg.

4.2.9 Chloor

Chloor staat aan de basis van een scala aan stoffen, uiteenlopend van kunststoffen tot medicijnen en van verf tot anti-aanbaklaag. Tweederde van alle chemische producten wordt met chloor bereid. Bij medicijnen is dat zelfs meer.

Figuur 12 Apparent consumption van chloor



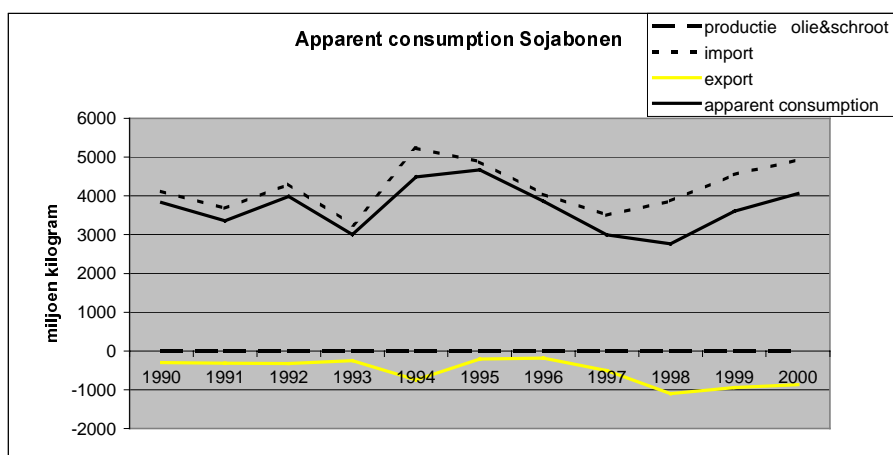
De consumptie van chloor kent een stijgende tendens. Opvallend is dat de import en export relatief klein zijn en in de loop der jaren sterk zijn afgeno-

men. De export is zelfs stil komen te liggen, mogelijk als gevolg van aanscherping van regels m.b.t. transport van gevaarlijke stoffen.

4.2.10 Soja

Nederland gebruikt grote hoeveelheden soja voor zowel menselijke consumptie als voor de diermengvoederindustrie. Sojabonen zijn daarin de belangrijkste basisgrondstof van waaruit sojaolie en sojaschroot wordt geproduceerd. In Nederland vindt geen landbouwproductie van sojabonen plaats. De verwerking van sojaolie en -schroot vindt wel plaats in Nederland.

Figuur 13 Apparent consumption van soja



De import (en export) van sojabonen vertoont enorme fluctuaties over de periode 1990-2000. Dit zou te maken kunnen hebben met prijsfluctuaties op de wereldmarkt. In 1995 tot 1997 is de prijs relatief hoog geweest, hetgeen de relatieve afname van de import zou kunnen verklaren. Bij hoge sojaprijzen zullen oliegebruikende producenten uitwijken naar gebruik van alternatieven als koolzaad, lijnzaad olie e.a.

4.3 Vaststelling van de milieudruk van materialen

Om een beeld te kunnen vormen van de milieueffecten van dematerialisatie zal worden bekeken of de milieudruk van deze 10 materialen opgenomen kan worden in de indicator. Deze analyse wordt beperkt gehouden, omdat dit een complexe discussie betreft die niet in het kader van dit project beslecht kan worden. In deze paragraaf beargumenteren we enkele keuzes en afbakeningen.

4.3.1 Milieuthema's

Gebruik en productie van materialen heeft een breed scala van milieueffecten tot gevolg. Als mogelijk relevante milieuthema's voor een dematerialisatie indicator werden in discussie met de opdrachtgever de volgende genoemd:

- klimaatverandering;
- verzuring;
- verdroging;

- ruimtegebruik;
- biodiversiteit;
- toxiciteit;
- finaal afval.

Van deze thema's zijn er drie voor verdere uitwerking geselecteerd, te weten: klimaatverandering, finaal afval en ruimtegebruik. Klimaatverandering is geselecteerd omdat het NMP4 dat als een belangrijk motief noemt voor het voeren van dematerialisatiebeleid. Finaal afval en ruimtegebruik spelen vaak een belangrijke rol in de discussie rond dematerialisatie: er zou immers sprake zijn van substantiële effecten op finaal afval en ruimtegebruik als gevolg van zogenaamde "hidden flows". Daarom willen we mede onderzoeken of deze thema's op een andere manier dan normaliter in de TMR gebeurd, kunnen worden meegenomen in de analyse.

De overige thema's worden in deze fase van uitwerking van de dematerialisatie indicator derhalve niet beschouwd. Per thema zal kort de reden daarvan worden aangegeven.

- verzuring. Voor een groot deel lopen verzurende emissies parallel aan emissies die bijdragen aan klimaatverandering;
- verdroging. Dit thema is te zeer locatieafhankelijk om er goede gegevens over te krijgen;
- biodiversiteit. Dit thema staat sterk in de belangstelling, maar vooralsnog ontbreekt het aan een goede mogelijkheid tot kwantificering. Daarnaast verwachten we a-priori dat dit thema enige verwantschap heeft met het wel geselecteerde thema van het ruimtegebruik;
- toxiciteit. Dit thema betreft emissies van relatief kleine stromen van toxische stoffen met grote impact op de menselijke gezondheid. Dematerialisatie is volgens ons hier niet het geëigende middel om toxische emissies terug te dringen, daar deze strenger zouden moeten worden gereguleerd¹⁸.

Hieronder worden de methodologische keuzes verhelderd die we hebben gebruikt bij het bepalen van de milieubelasting van de tien geselecteerde materialen op de thema's klimaatverandering, finaal afval en ruimtegebruik. De specifieke waarden voor de gevonden milieubelasting op deze thema's worden in bijlage A nader gespecificeerd.

4.3.2 Milieueffecten over de gehele keten

Materialen doorlopen een aantal stadia op hun weg door de economie (zie Figuur 1). De productie van het basismateriaal is er daar maar één van. Een belangrijke vraag is of bij de bepaling van de milieueffecten alleen rekening moet worden gehouden met de productie van het basismateriaal of dat alle effecten daarvoor en daarna erbij betrokken zouden moeten worden.

¹⁸ Een argument voor dematerialisatiebeleid ten aanzien van toxische risico's vormt het voorzorgsprincipe. De effecten van DDT, PCP's en zware metalen werden bijvoorbeeld pas vele decennia (of eeuwen) bekend na hun introductie in de economie. Dematerialisatie zou kunnen bijdragen aan het verminderen van toxische effecten van de huidige materiaalstromen en risico's op toekomstige calamiteiten met nu veilig gewaande stoffen kunnen verkleinen. Als het gaat om een voorzorgsprincipe voor eventueel toekomstig toxische materialen is het de vraag of dematerialisatie daar substantieel aan kan bijdragen. Het lijkt beter in dat geval om de introductie van nieuwe (chemische) stoffen aan uitgebreide controle te onderwerpen dan proberen de totale stroom van alle materialen in te dammen.

We kiezen er hier voor om de milieubelasting zoveel mogelijk over de gehele keten mee te nemen. De reden is dat het onnodig beperkend zou zijn om de milieubelasting van het gebruik van die materialen te beperken tot de productie van het basismateriaal alleen: veel milieueffecten doen zich immers voor bij de winnings- en concentratiefase. Daarnaast heeft het gebruik van bepaalde materialen ook consequenties voor de afvalfase: het ene materiaal is moeilijker te verwerken dan het andere. Ook deze effecten worden meegenomen. De productiefase van het consumentenproduct (bijvoorbeeld: de auto) en het gebruik ervan laten we echter buiten beschouwing. Ook hier is het duidelijk dat het door schier eindeloze aantal producten op de markt onmogelijk is de daadwerkelijke milieubelasting van elk product te bepalen.

De volgende schakels zijn voor de vaststelling van de miliedruk derhalve meegenomen:

- de schakels vóór de productfabricage, te weten de winning, concentratie en halffabriekproductie¹⁹;
- de schakels na het gebruik van het product, te weten afvalverwerking en hergebruik.

Voor de afvalfase wordt uitgegaan van verbranding in een Nederlandse afvalverbrandingsinstallatie. Weliswaar wordt in Nederland nog een deel van het afval gestort in plaats van verbrand, maar dit is niet toe te schrijven aan materiaalketens. Het storten is de resultante van het afvalbeleid waarop een materiaalketen geen enkele invloed heeft. Anders is dit met de verbrandingsresten en verbrandingsemissies. Deze zijn wel toe te schrijven aan materialen. Verderop wordt hierop nader ingegaan.

4.3.3 Klimaatverandering

Klimaatverandering betreft vooral emissies van CO₂, hoofdzakelijk gerelateerd aan het energieverbruik van de verschillende processen in de materiaalketen. Bij enkele materialen kan naast de CO₂-emissie van het energieverbruik een belangrijke bijdrage aan klimaatverandering worden geleverd door andere emissies. Bij aluminium is dit bijvoorbeeld de emissie van perfluorkoolwaterstoffen (PFC) bij de primaire productie van aluminium uit erts. Bij cement ontstaat een extra emissie van CO₂ als gevolg van een chemische reactie²⁰. Deze emissies worden eveneens meegenomen.

Aandacht verdient voorts de CO₂-emissie van de afvalverwijdering. Indien organisch materiaal, zoals papier of hout na hergebruik uiteindelijk worden verbrand, geeft dit een emissie van CO₂. Dit betreft kort cyclisch CO₂: dit wordt niet meegenomen in de bepaling van het milieueffect daar het CO₂ in een recent verleden door de bomen is opgenomen uit de atmosfeer en bij de afvalverbranding weer vrijkomt²¹. Nafta daarentegen is gefabriceerd uit een fossiele energiedrager (aardolie) en de verbranding van kunststof die uit de nafta wordt gemaakt geeft een bijdrage aan de klimaatverandering. Deze CO₂-emissie is eigen aan het materiaal en wordt dan ook toegerekend als bij het materiaal behorende miliedruk.

¹⁹ Van deze productieroutes tot en met het halffabriekproduct verschilt de milieubelasting afhankelijk van het land van herkomst. Hierom wordt zo veel mogelijk een gemiddelde milieubelasting gebruikt. Per materiaal zal dit (in de bijlage) worden aangegeven.

²⁰ $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 + \text{warmte} \rightarrow \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$

²¹ De CO₂ die tijdens de groei van organische materialen als hout en soja uit de atmosfeer wordt opgenomen nemen we om dezelfde reden niet mee; het betreft ook hier kortcyclisch CO₂.

Een methodologisch aspect van de afvalverbranding is dat energie uit het afval wordt opgewekt en dat daarmee de winning en productie van fossiele energiedragers en de daarmee samenhangende CO₂-emissie wordt vermeden. Deze vermeden CO₂-emissie wordt niet meegenomen in de analyse omdat dit wordt gezien als een effect als gevolg van het gebruik van een materiaal in een bepaalde toepassing: dergelijke indirecte effecten worden niet meegenomen

4.3.4 Finaal afval

Finaal afval is gedefinieerd als het afval dat na alle mogelijke bewerkingen uiteindelijk op een stortplaats wordt gestort. Het gaat dus om de te storten fractie in de totale afvalcomponent.

Finaal afval is een begrip dat tot spraakverwarring kan leiden, omdat het verward wordt met andere soorten afval. Bijvoorbeeld met:

- 1 Productieafval: dit ontstaat bij de winning en bewerking van de grondstoffen en bij de productie van energiedragers. Dit wordt aangeboden voor verdere verwerking en is niet noodzakelijkerwijs finaal te storten afval.
- 2 Afvalresten van afvalverbranding: bij verbranding ontstaat restafval (bodemassen, vliegassen, slakken & assen) dat vervolgens nuttig wordt toegepast of wordt gestort op een deponie. Alleen de te storten fractie is finaal afval.

De beoordeling of een bepaalde afvalstroom wel of niet tot finaal afval moet worden gerekend is niet altijd eenduidig te maken. In de milieuliteratuur bestaan verschillende categorieën en subcategorieën afval, waarvan niet zondermeer duidelijk is of dit finaal, te storten afval is. Bijvoorbeeld: voor kunststoffen bestaat er discussie over de 'status' van het mijnbouwafval dat ontstaat als productieafval bij de winning van energiedragers (kolen, olie, gas). In de praktijk wordt dit type afval gebruikt voor de herinrichting van het landschap na sluiting van een mijn. Dit kan gezien worden als een vorm van hergebruik en de vraag is of dit dus finaal, te storten afval is. Omdat het grote hoeveelheden betreft, beïnvloedt deze categorie het eindresultaat sterk²².

In de onderstaande tabel zijn de verschillende soorten afval opgenomen waarbij wordt vermeldt welk soort afval als finaal afval wordt aangemerkt. Onder de tabel worden deze soorten toegelicht.

²² Daarnaast speelt de herkomst van het land een grote rol bij de bepaling van de milieueffecten van finaal afval. Als gevolg van milieuwetgeving worden in de meeste westerse landen eisen gesteld aan afvalstromen met als gevolg dat verschillende afvalstromen nuttig kunnen worden toegepast en dus niet tot finaal afval behoeven te worden gerekend. In enkele (niet-westerse) landen wordt het afval niet bewerkt en wordt het gestort. Dit zou dan wel als finaal afval moeten worden aangemerkt. De verdeling naar herkomst is in veel gevallen niet eenvoudig en zou voor deze studie te ver voeren. Daarom wordt bij de bepaling van de milieudruk uitgegaan van de milieuregimes die in westerse landen worden gebruikt. Overigens zou bij een verdere verfijning van de dematerialisatie-indicator daar wel naar gekeken kunnen worden.

Tabel 2 Wel of geen finaal afval van de verschillende categorieën afval

	Soort afval	Wel/geen finaal afval
1	Mineraal afval	Geen finaal afval
2	Slak en as als gevolg van materiaalproductie	Indien nuttig toegepast geen finaal afval
3	Gevaarlijk afval	Finaal afval indien geen opwerking plaatsvindt
4	Industrieel afval gelijkend op huishoudelijk afval	Geen finaal afval
5	Vliegias van afvalverbranding in Nederland	50% Finaal afval
6	Slakken van afvalverbranding in Nederland	Geen finaal afval
7	Rookgasreinigingsresidu van afvalverbranding in NL	Finaal afval

Toelichting:

Ad 1

Mineraal afval betreft aarde en rots die bij de mijnbouwlocatie vrijkomen. Deze worden meestal weer teruggebracht op hun oorspronkelijke plaats nadat de mijn is uitgeput.

Ad 2

Slak en as als gevolg van verbrandingsprocessen bij de productie van materialen en de productie van de energie die daarvoor nodig is. In veel gevallen wordt slak en as verkregen met een glasachtige structuur. Aangezien dan (vrijwel) geen uitloging plaatsvindt, wordt dit nuttig toegepast in de wegenbouw. Het betreft dan geen finaal afval. Indien geen glasachtige structuur wordt verkregen, wordt het afval op een deponie gestort. Dan is het finaal afval.

Ad 3

Indien gevaarlijk afval wordt opgewerkt wordt het hergebruikt of nuttig toegepast, dan is het geen finaal afval. Indien het derhalve niet wordt opgewerkt, is het wel finaal afval.

Ad 4

Industrieel afval gelijkend op huishoudelijk afval betreft het afval van kantoren en kantines op de industriële locatie. Voor dit soort afval geldt hetzelfde als voor huishoudelijk afval, namelijk dat het wordt verbrand in een AVI.

Ad 5

De vliegias van afvalverbrandingsinstallaties wordt voor 50% nuttig toegepast. De overige 50% wordt gestort. Van papier komt 3,3% van de input van de AVI in het vliegias terecht, van hout is dit 1%, van chloor 20% en van kunststoffen 5%. Van de overige materialen komt niets in het vliegias terecht.

Ad 6

Slakken van een AVI worden nuttig toegepast in de wegenbouw. Het betreft dus geen finaal afval.

Ad 7

Het rookgasreinigingsresidu (RGR) van een AVI wordt gestort. Van de chloorinput input in een AVI komt 70% in het RGR terecht.

4.3.5 Ruimtegebruik

Het bepalen van het ruimtegebruik van materialen is verre van eenvoudig. Er bestaan verschillende methodieken en visies op het ruimtebeslag van materialen. Een bekende hiervan is de *Ecological Footprint*, (zie Wackernagel en Rees, 1996) een indicator die de totale milieubelasting (van materialen) omrekent in vierkante meters. Bij het huidige project wordt echter de andere milieubelasting, zoals emissies van energiegebruik, apart bepaald en is ruimtebeslag niet bedoeld als indicator voor de totale milieubelasting. Als zodanig is de Ecological Footprint dan ook geen geschikte methode voor ruimtebeslag in dit project.

Buiten de *Ecological Footprint* zijn er geen theorieën met klinkende namen, maar zijn wel diverse pogingen gedaan ruimtebeslag te kwantificeren zodat deze binnen de LCA methodiek gebruikt kan worden²³ of binnen de systematiek van sleutelvoorraden. Hierbij spelen een tweetal methodologische dilemma's:

- 1 Hoe om te gaan met het temporale aspect van ruimtegebruik.
- 2 Hoe om te gaan met de verandering in de "kwaliteit" van de ruimte.

Deze dilemma's zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden, er gaat immers geen ruimte verloren, deze wordt slechts in meer of mindere mate tijdelijk onttrokken aan ander gebruik. Hier willen we niet al te diep op de discussie ingaan, maar willen we gebruik maken van de beschikbare gegevens.

Er bestaan diverse databases waar wordt ingegaan op ruimtegebruik (land use), zoals bij CBS, CORINE en IMAGE. Deze databases gaan echter uit van het beschikbare land en hoe dit voor diverse activiteiten wordt gebruikt. Een vertaling hiervan naar het landgebruik voor materialen vergt echter nog een additionele berekeningen en aannamen aangezien het ruimtegebruik aan sectoren, zoals mijnbouw, recreatie, bebouwing, wordt toebedeeld. Als zodanig zijn deze databases dus niet geschikt²⁴.

Voor zand en cement is het landgebruik vrij uitgebreid uitgerekend²⁵, evenals van hout en soja en een aantal andere landbouwproducten (op basis van FAO gegevens)²⁶. Dit is relatief eenvoudig te doen omdat het gaat om direct oppervlakgebruik. Bij aluminium is ook het directe landgebruik – door winning - bekend²⁷. Deze databases verschillen echter in de gehanteerde aanpak en zijn daarom niet zonder meer vergelijkbaar. De enige bron die een consistente schatting geeft van het ruimtegebruik is het IVAM [Ewijk e.a., 2000], die zich baseren op gegevens van EcoQuantum. Deze gegevens lijken echter niet erg betrouwbaar²⁸. Bij gebrek aan beter zullen we in

²³ Lindeijer e.a. (2002) en Harjono e.a. (1996).

²⁴ Voor RIVM rekent het bureau Pré momenteel uit deze bronnen - met behulp van allocatie op basis van werkgelegenheid en toegevoegde waarde - het ruimtebeslag van een aantal materialen uit. Deze gegevens zullen binnenkort beschikbaar worden in SimaPro.

²⁵ Lindeijer e.a., (2002); Lindeijer e.a. (1998).

²⁶ www.faostat.com Ros e.a., *Voetafdrukken van Nederlanders*, RIVM, Bilthoven, 2000; Elzenga e.a., *Het ruimtebeslag van Nederlanders, 1995-2030*, RIVM, Bilthoven, 2000 Lindeijer e.a., 2002; en Pre, 2002.

²⁷ www.aluminiumcentrum.nl.

²⁸ Chloor, cement, papier en staal hebben een exact gelijk ruimtegebruik evenals nafta, aluminium en koper. Bovendien zijn de cijfers bij hout niet consistent: "spruce logs" hebben een ruimtebeslag van 6,17 m²/kg, terwijl "spruce profile", dat uit 4,13 kg logs per kg wordt gemaakt, slechts 0,00514 m²/kg beslaat.

het volgende hoofdstuk toch echter deze gegevens hanteren bij het opstellen van een dematerialisatie-indicator.

4.3.6 Overzichtstabel gehanteerde milieueffecten

Hieronder worden de gekozen waarde voor de milieubelasting van de verschillende materialen gepresenteerd.

Tabel 3 Overzicht milieueffecten

	CO ₂ (gram per kilo-gram)	Finaal afval (gram per kilo-gram)	Landgebruik (m ² jaar per ton)
Nafta	3.427	3	1,26
Staal primair, 0% schroot	3.070	86	5,54
Staal secundair, 100% schroot	1.180	10	0
Staal gemiddeld 20% schroot	2.690	71	
Aluminium primair (0% schroot)	12.833	1403	1,26
Aluminium secundair (100% schroot)	791	5	0
Aluminium gemiddeld (30% secundair)	9.220	983	
Koper primair (0% schroot)	3.258	1.022	1,26
Koper secundair (100% schroot)	712	5	0
Koper gemiddeld (50% secundair)	1.985	514	
Hout	170	0	5,54-6170 (gekozen is voor 3000 als gemiddelde)
Grafisch papier (druk- en schrijf: 0% oud papier)	464	205	
Verpakkingspapier (100% oud papier)	615	1,3	
Sanitair papier (100% oud papier)	367	0,064	
Papier gemiddeld (o.b.v. verhouding papiersoorten en gemiddelde 10 jaar)	539	45	5,54
Cement (gemiddeld 25% portlandcement)	446	0,005	5,54
Zand (25% Beton-, 75% Ophoogzand)	3,5	Nvt	0,0018
Chloor	1200	1391	5,54
Soja	1002	70	4004

5 Dematerialisatie-indicatoren

Met de in dit project ontwikkelde database van tien materiaalstromen, kunnen we nu overgaan tot het formuleren van een aantal dematerialisatie-indicatoren. Het doel van dit hoofdstuk is vooral om een illustratie te geven van welk soort indicatoren er mogelijk zijn (paragraaf 5.1), hoe die indicatoren zich ontwikkelen door de tijd heen en uit welke componenten deze indicatoren zijn opgebouwd (paragrafen 5.2). Vervolgens zullen we het verloop in die indicatoren met elkaar vergelijken en een aantal voor- en nadelen van de diverse indicatoren weergeven waarbij we ook een link maken met de analyse in hoofdstuk 3 (paragraaf 5.3).

5.1 Keuzes tussen verschillende indicatoren

De in het vorige hoofdstuk omschreven database kent per materiaal gegevens over:

- productie;
- import;
- export;
- hergebruik;
- milieueffecten (klimaat, finaal afval en ruimtegebruik).

Daarmee zijn in principe heel veel indicatoren te construeren. De belangrijkste keuzes zijn evenwel:

- 1 Gaat het om de productie of (apparent) consumptie van materiaalstromen?
- 2 Wordt de totale materiaalstroom gemeten, of alleen de nieuwe materiaalstroom waarbij hergebruik niet als een materiaalstroom telt (Nieuwe materiaalstroom = Totale materiaalstroom – Hergebruik)?
- 3 Worden de materiaalstroom bij elkaar opgeteld (gewogen) naar: gewicht, milieu-impact of een statistische wegingstechniek?

In hoofdstuk 3 hebben we betoogd dat een dematerialisatie-indicator vooral zou moeten uitgaan van een materialenbeleid dat tot doel heeft om de materiaalefficiëntie te verhogen. Zoals daar beredeneerd zou dit impliceren dat er wordt uitgegaan van de consumptie van materialen: de productie van materialen zegt immers niet veel over de efficiency waarmee die materialen worden verwerkt. Aan de andere kant wordt in het NMP4 vooral aansluiting gezocht bij de productiekant van materialen in Nederland. Daarom zullen we hieronder beide indicatoren uitwerken.

Als we puur uitgaan van het verhogen van materialenefficiëntie, zou hergebruik niet moeten worden meegenomen in de indicator. Immers, voor het efficiënt aanwenden van materialen in het productieproces zou het niet mogen uitmaken of die materialen nieuw of hergebruikt zijn. Aan de andere kant is de vrees gegrond dat een indicator die hergebruik niet zou meenemen de verkeerde signalen kan afgeven. Immers, een verlaging van het gewicht van een product door substitutie van een gerecycled materiaal door een nieuw materiaal is voor het milieu niet altijd wenselijk. Daarom laten we hier in dit hoofdstuk de verschillen zien tussen het wel of niet meenemen van hergebruik in de analyse.

Tot slot weten we ook over de weging niet welke weging het meest geëigend is voor een indicator voor dematerialisatie. We zullen hieronder verschillende wegingsmethoden proberen.

5.2 Vier visies op een dematerialisatie-indicator

Dematerialisatiebeleid als een efficiencybeleid gericht op het terugdringen van de milieubelasting van materialen kan op verschillende manieren worden vormgegeven. Hieronder staan vier visies op een dergelijk beleid en laten we zien hoe een dergelijke indicator eruit gaat zien. We laten eerst de teller van de dematerialisatie-indicatoren zien, dus de al dan niet gewogen bij elkaar opgetelde materiaalstromen. Vervolgens kijken we in paragraaf 5.3 ook naar de noemer, dus de efficiency van deze materiaalstromen.

5.2.1 Totale materiaalstroom verminderen

Visie

In deze visie is het noodzakelijk om de totale materiaalstromen te verminderen per eenheid BBP.

Wetenschappelijk is deze visie gebaseerd op het werk van Georgescu-Roegen (1971) en Daly (1991). Centraal in deze benadering staat het begrip "throughput" (doorstroom), dat door Daly wordt gedefinieerd als de entropische stroom van materialen en energie door de economie. Entropie is belangrijk hier: het is een wat abstract gedefinieerde maatstaf van niet-beschikbare energie en informatie. Materialen en energie kunnen niet worden vernietigd, alleen getransformeerd van een laag-entropische waarde (bijvoorbeeld geconcentreerde fossiele brandstoffen) naar een hoog entropische waarde (CO₂ en warmte). Recycling en materialensubstitutie zijn in de ogen van Georgescu-Roegen en Daly geen alternatieven voor schaarste: recycling kan alleen gebeuren door de inzet van extra energie.

Maatschappelijk heeft deze visie vooral aanhangers bij organisaties die menen dat wij hier in het Westen op te grote voet leven: onze consumptiedwang resulteert in uitputting van grondstoffen en milieuaantasting in Nederland en in de rest van de wereld. De doorstroom van materialen verminderen is de brongerichte aanpak die dergelijke problemen te lijf kan gaan.

Indicator

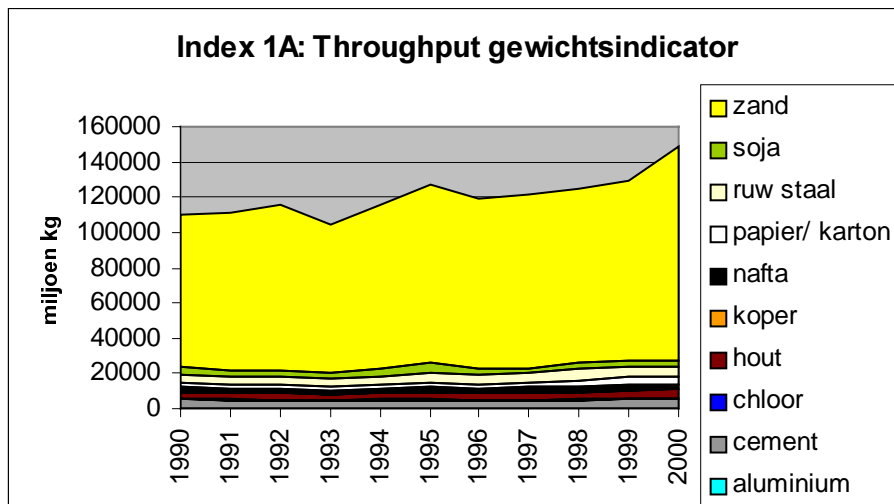
De eerste indicator die bij deze benadering hoort, gaat uit van consumptie, weegt de materialen naar gewicht en corrigeert niet voor hergebruik.

Indicator 1A: Throughput gewicht benadering

Soort		Gewogen naar		Correctie hergebruik?	
<input type="checkbox"/>	Productie	<input checked="" type="checkbox"/>	Gewicht	<input checked="" type="checkbox"/>	Nee
<input checked="" type="checkbox"/>	Consumptie	<input type="checkbox"/>	Milieu-impact	<input type="checkbox"/>	Ja
		<input type="checkbox"/>	Statistisch	<input type="checkbox"/>	Gewogen



Figuur 14 Indicator 1A: Throughput gewichtsindicator



Deze indicator laat zien dat de totale ontwikkeling van de dematerialisatie-indicator vooral door zand wordt bepaald. De materiaalstroom zand is ongeveer 5x zo groot als alle andere materiaalstromen opgeteld. Tussen 1990 en 2000 is deze indicator voor dematerialisatie met bijna 35% gegroeid, meer dan de groei van het BBP (+33%). Er is dus geen sprake geweest dematerialisatie maar juist van *dematerialisatie*, zoals eerder in De Bruyn (1998) beschreven.

De grote invloed van zand op de totale ontwikkeling van de dematerialisatie-indicator kan als ongewenst worden beschouwd. Mede daarom wordt in sommige dematerialisatie studies (zie Jänicke et al., 1989 en De Bruyn en Opschoor, 1997) de *veranderingen* in de ontwikkeling van de indicator centraal gesteld. Normaliter kan dit gebeuren met een indexmethode (bijv. 1990=100) en dan elk materiaal gelijkelijk wegen. Dit heeft echter het bezwaar dat individuele jaren vaak een vertekend beeld geven bij de weergave van de indicator. 1990 kan juist een jaar zijn waarin bijvoorbeeld grote voorraadvorming plaatsvond, veel nieuwe wegen werden aangelegd, etc., die een relatief hoge waarde voor de consumptie van een specifiek materiaal geven in dat jaar. De methode gekozen in Jänicke et al. (1989) was om de indicator te indexen niet op een specifiek beginjaar, maar op het gemiddelde van alle jaren. Dit houdt in dat extreme waarden in individuele jaren van minder invloed zijn op de totale indicator²⁹.

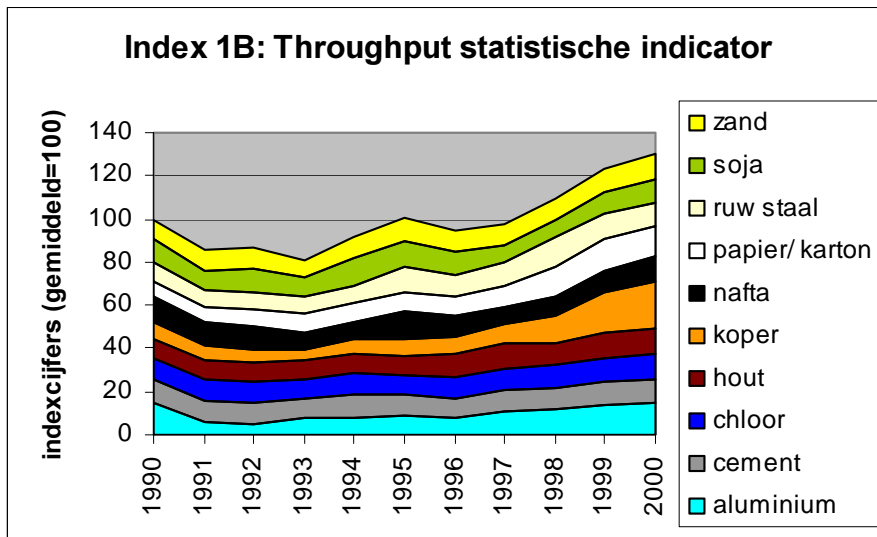
Indicator 1B: throughput statistisch gewogen indicator

Soort		Gewogen naar		Correctie hergebruik?	
<input type="checkbox"/>	Productie	<input type="checkbox"/>	Gewicht	<input checked="" type="checkbox"/>	Nee
<input checked="" type="checkbox"/>	Consumptie	<input type="checkbox"/>	Milieu-impact	<input type="checkbox"/>	Ja
		<input checked="" type="checkbox"/>	Statistisch	<input type="checkbox"/>	Gewogen

Een dergelijke indicator geeft het volgende beeld.

²⁹ Ten opzichte van een simpele indexcijfermethode betekent dit dat de weging van de materiaalstromen ten opzichte van elkaar genomen wordt over alle 10 jaren in plaats van een specifiek beginjaar, zoals 1990. Dit geeft daarom een betrouwbaarder beeld van het belang van de materialen voor de dematerialisatie-indicator.

Figuur 15 Indicator 1B: Throughput statistisch gewogen indicator



Opvallend is nu dat de indicator voor alle materiaalstromen een goed beeld geeft. Met name papier en koper lijken door de tijd heen flink te zijn toegenomen. De daling vanaf 1990 kan gedeeltelijk worden toegeschreven aan de stilvallende economie en gedeeltelijk door een afname in de consumptie van aluminium die niet direct kan worden verklaard (zie bijlage B). Opvallend is voorts de stijging in 1995. Dit is vooral te wijten aan de forse stijgingen bij de consumptie van nafta en ruw staal, mogelijk mede bepaald door voorraad-³⁰ vorming.

Tussen 1990 en 2000 is de totale throughput met 31% gegroeid. Dat is bijna gelijk met de groei van het BBP gedurende die periode (33% groei).

5.2.2 Nieuwe materiaalstroom verminderen

Visie

In deze visie gaat het vooral om de toevoer van nieuwe materialen naar de economie te verminderen. Dit heet ook wel het verminderen van het industrieel metabolisme. Het industrieel metabolisme is gedefinieerd als de stofwisseling tussen economische activiteiten en het natuurlijk systeem en is gebaseerd op een analogie met de stofwisseling van biologische organismen. Van belang is hier de onttrekking en de afvalfase van stoffen die zich door het economisch systeem begeven. Daarom wordt hergebruik in deze visie wel meegenomen: hergebruik zorgt er immers voor dat het industrieel metabolisme in evenwicht komt.

Indicatoren

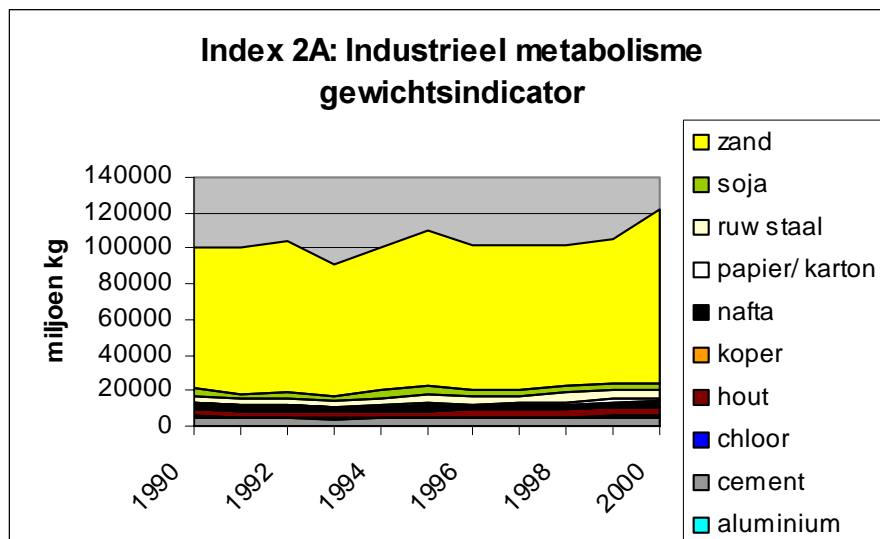
Een eerste indicator wordt verkregen door het gewicht van de materiaalstromen bij elkaar op te tellen. Daarbij wordt uitgegaan van consumptie.

³⁰ Voorraadvorming wordt statistisch gemeten als consumptie.

Indicator 2A: industrieel metabolische gewichtsindicator

Soort		Gewogen naar:		Correctie hergebruik?	
<input type="checkbox"/>	Productie	<input checked="" type="checkbox"/>	Gewicht	<input type="checkbox"/>	Nee
<input checked="" type="checkbox"/>	Consumptie	<input type="checkbox"/>	Milieu-impact	<input checked="" type="checkbox"/>	Ja
		<input type="checkbox"/>	Statistisch	<input type="checkbox"/>	Gewogen

Figuur 16 Indicator 2A: industrieel metabolische gewichtsindicator



Het blijkt dat wederom zand de totale materiaalstroom domineert. Tussen 1990 en 2000 is deze indicator met 22% toegenomen, minder dan de groei van het BBP. De lagere groei in vergelijking met indicator 1A laat zien dat het hergebruik in Nederland is toegenomen ten opzichte van 1990. Dat geldt vooral voor zand, zoals onderstaande tabel laat zien.

Tabel 4 Hergebruikpercentages van geselecteerde materialen

Hergebruikpercentages	1990	1995	2000
aluminium	23%	23%	23%
papier/ karton	70%	72%	72%
ruw staal	23%	22%	21%
zand	8%	13%	19%

Opmerking: De materialen die niet in deze tabel zijn opgenomen kennen geen hergebruik.

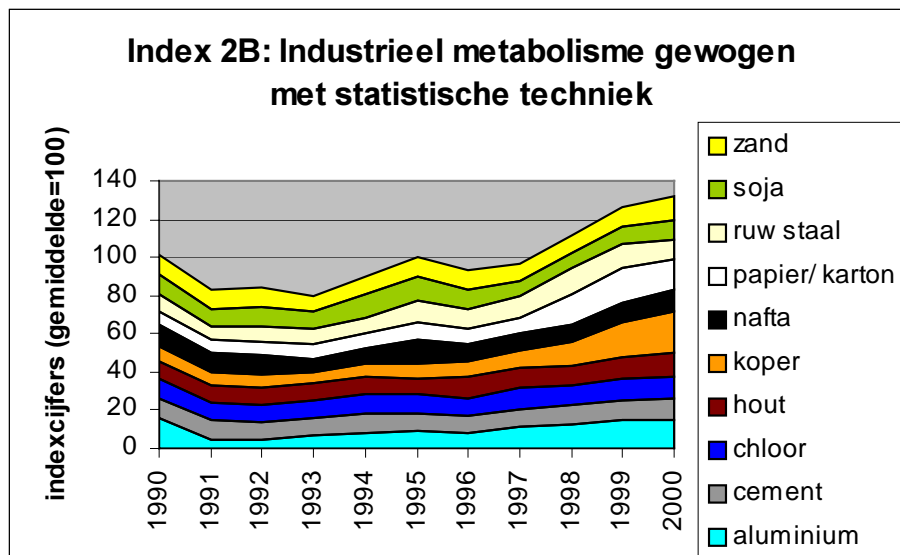
Omdat zand zo'n dominante stroom is in deze indicator lijkt het dat het hergebruik flink is toegenomen. Analoog aan de discussie rond indicator 1A, kan de dominantie van zand worden doorbroken met een statistische wendingstechniek die vooral de *veranderingen* door de tijd heen benadrukt.

Dit geeft de volgende indicator.

Indicator 2B: industrieel metabolisme gewogen met statistische techniek

Soort		Gewogen naar:		Correctie hergebruik?	
<input type="checkbox"/>	Productie	<input type="checkbox"/>	Gewicht	<input type="checkbox"/>	Nee
<input checked="" type="checkbox"/>	Consumptie	<input type="checkbox"/>	Milieu-impact	<input checked="" type="checkbox"/>	Ja
		<input checked="" type="checkbox"/>	Statistisch	<input type="checkbox"/>	Gewogen

Figuur 17 Indicator 2B: industrieel metabolisme gewogen met statistische techniek



Dit laat zien dat de dematerialisatie-indicator nu door alle materiaalstromen wordt bepaald. Met name koper blijkt substantieel te zijn toegenomen door de tijd heen. Wederom zien we de opmerkelijke pieken in 1990 en 1995 terug in de indicator.

Tussen 1990 en 2000 nam deze indicator voor dematerialisatie met bijna 31% toe, vrijwel gelijk aan de groei van het BBP. Deze stijging is identiek aan de stijging met de throughput indicator (1B). Het blijkt dat hergebruik, indien zand slechts geldt als één van de gelijkelijk gewogen materiaalstromen, nauwelijks is toegenomen.

5.2.3 Bijdrage aan het milieubeleid

Visie

In deze visie moet dematerialisatie vooral bijdragen aan het behalen van nationale milieudoelen, zoals klimaatbeleid. De focus op de nationale milieudoelen impliceert dat de dematerialisatie-indicator vooral naar de materialen die in Nederland worden geproduceerd. De meeste milieudoelstellingen (zie CO₂, verzurende stoffen, fijn stof, VOS) zijn immers afgeleid van onze manier van produceren: het gaat om de emissies die plaatsvinden op het Nederlandse grondgebied. Daarbij is het ook zo dat de milieueffecten van de geselecteerde materialen vooral bij de productiefase plaatsvinden, en minder bij de gebruiksfase.

In deze visie is het niet zinvol om te kijken naar het totale *gewicht* van de materiaalstroom. Beter is het om de materiaalstromen te wegen naar hun

bijdrage aan het milieuthema. Recycling is zinvol als het resulteert in een lagere milieubelasting. Daarom wordt bij de primaire milieudruk onderscheid gemaakt tussen primaire en secundaire materiaalstromen waarvoor elk een apart milieuprofiel is opgesteld.

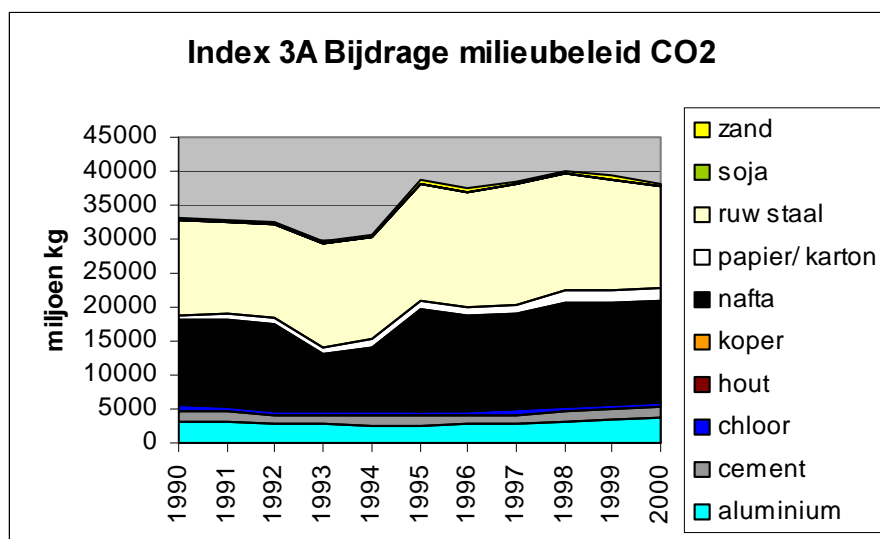
We onderscheiden hieronder achtereenvolgens de indicatoren voor klimaatbeleid, afvalbeleid en ruimtegebruik.

Indicator 3A: algemene vorm

Soort		Gewogen naar:		Correctie hergebruik?	
<input checked="" type="checkbox"/>	Productie	<input type="checkbox"/>	Gewicht	<input type="checkbox"/>	Nee
<input type="checkbox"/>	Consumptie	<input checked="" type="checkbox"/>	Milieu-impact	<input type="checkbox"/>	Ja
		<input type="checkbox"/>	Statistisch	<input checked="" type="checkbox"/>	Gewogen

Indicator 3A: CO₂-indicator (in miljoenen kilogram CO₂-equivalenten)

Figuur 18 Indicator 3A: bijdrage milieubeleid CO₂



Uit Figuur 18 blijkt dat de dematerialisatie van de Nederlandse productie, gewogen naar hun bijdrage aan de klimaatproblematiek, tussen 1990 en 2000 is gestegen met ruim 15%. Dit is meer dan de gemiddelde stijging van broeikasgassen voor Nederland over die periode (+ 8,7%). Dit zou een aanleiding kunnen zijn om te bepleiten dat het zinvol is om een dematerialisatiebeleid te voeren (de bijdrage van materialen loopt achter bij de gehele Nederlandse economie), maar daarbij moet worden opgemerkt dat de wegingsfactoren slechts voor 1 jaar zijn bepaald, en dus niet jaarlijks opnieuw. De data laten geen jaarlijkse veranderingen in CO₂-equivalenten toe. Het is dan ook een weging op een bepaald basisjaar³¹.

Voorts laat Figuur 18 zien dat slechts enkele materialen verantwoordelijk zijn voor de bijdrage van materiaalstromen aan de klimaatproblematiek: met name staal en nafta en in mindere mate aluminium.

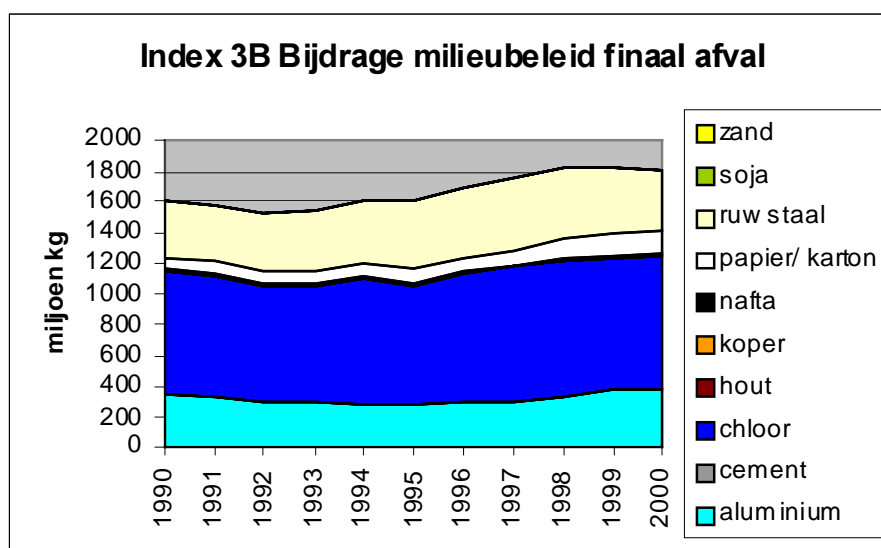
³¹ Als er zich ingrijpende wijzigingen in de manier van produceren voordoen, zou dit gewicht moeten worden aangepast.

Overigens is de bijdrage van deze 10 materialen aan de totale uitstoot van CO₂-equivalenten in Nederland ongeveer 30 Mton oftewel 15%. Dit getal is bijna een factor 2 hoger is dan in het NMP4 werd verondersteld (8%). Enerzijds kan dit wijzen op een groter belang dat moet worden toegekend aan de bijdrage die materialen leveren in de totale milieuproblematiek. Hier hebben we de milieueffecten van materialen over de gehele keten beschouwd (zie hoofdstuk 4) en niet alleen in de productiefase³².

Indicator 3B: finaal afval indicator

Indien de Nederlandse productie van de tien gekozen materialen wordt gewogen met hun bijdrage aan finaal afval, verkrijgen we de volgende dematerialisatie-indicator:

Figuur 19 Indicator 3B: bijdrage milieubeleid finaal afval



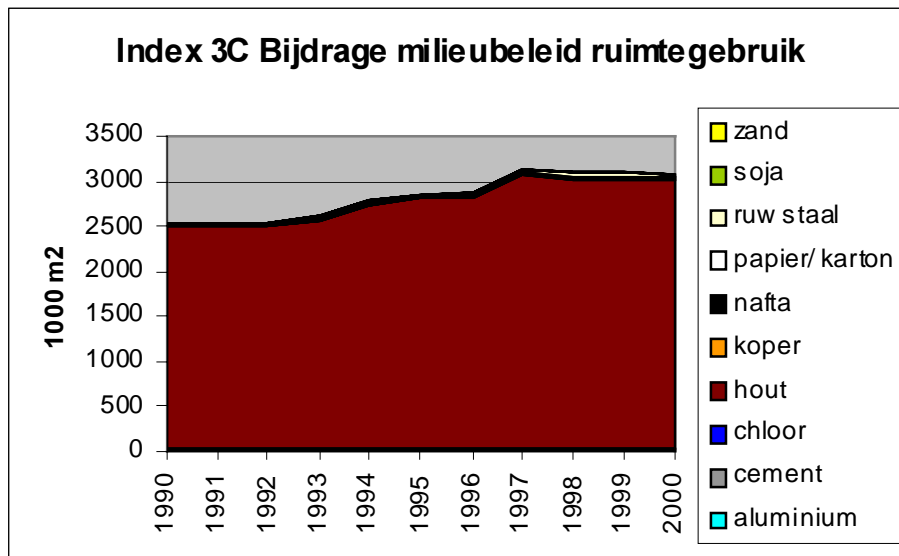
Het blijkt dat slechts 4 stromen verantwoordelijk zijn voor de ontwikkeling van de dematerialisatie-indicator gewogen naar finaal afval: ruw staal, papier/karton, chloor en aluminium. Van koper, soja en hout vind geen productie in Nederland plaats en de finaal afvaleffecten van zand, cement en nafta zijn verwaarloosbaar. Tussen 1990 en 2000 steeg deze indicator met ruim 13%, minder dan de groei van het BBP.

Indicator 3C: ruimtegebruik

De bijdrage van de Nederlandse productie van de materialen op het ruimtegebruik er als volgt uit:

³² De emissie van de totale basismetaleindustrie is volgens het CBS bijvoorbeeld geringer dan wij op grond van hun productie van aluminium, staal en koper hebben berekend. Daarnaast is er enige twijfel over met name de milieukentallen voor ruw staal zijn. Deze zijn verouderd en mogelijk overschat in de gehanteerde database (zie bijlage A).

Figuur 20 Indicator 3C: bijdrage milieubeleid ruimtegebruik



Het blijkt dat het ruimtegebruik dat samenhangt met de Nederlandse productie van de geselecteerde materialen volledig wordt gedomineerd door één materiaal: hout. Dat is niet zo verwonderlijk omdat er in Nederland geen winning van andere materialen plaatsvindt en de (blijvende) effecten van zandwinning op het ruimtegebruik beperkt zijn. Dit toont aan dat indien een doel van dematerialisatie het terugdringen van het ruimtegebruik zou zijn, men de indicator mogelijk met andere materiaalstromen zou moeten vullen.

Overigens moet hierbij worden opgemerkt dat de gehanteerde database over ruimtegebruik zeer fragmentarisch is en dat nieuwe data over ruimtegebruik het thans gepresenteerde beeld zouden kunnen doen wijzigen (zie de discussie in hoofdstuk 4).

5.2.4 Milieueffecten Nederlandse consumptie

Visie

In deze visie moet de efficiëntie van het materiaalgebruik worden verhoogd rekening houdend met de milieueffecten die de materialen consumptie veroorzaken, zowel in Nederland als het buitenland. In deze visie is het niet zinvol om materialen te aggregeren over het gewicht, omdat gewicht een slechte indicator is voor de milieueffecten die samenhangen met het materiaalverbruik. Daarnaast wordt deze visie ondersteund door hen die menen dat het gebruik van materialen in Nederland vooral milieueffecten in het buitenland heeft. De motie Augustein/Esser noemt dit als de belangrijkste reden om een dematerialisatiebeleid te voeren. Dematerialisatie kan er in deze perceptie aan bijdragen dat de milieubelasting elders door consumptie in Nederland geringer wordt.

Indicator

Deze indicator gaat uit van de (apparent) consumptie en wordt gewogen met de milieueffecten. Recycling wordt hierbij meegenomen, net als bij indicator 3, door te kijken naar het verschil in milieueffecten van primaire en secundaire materialen.

De algemene vorm van deze indicator ziet er als volgt uit.

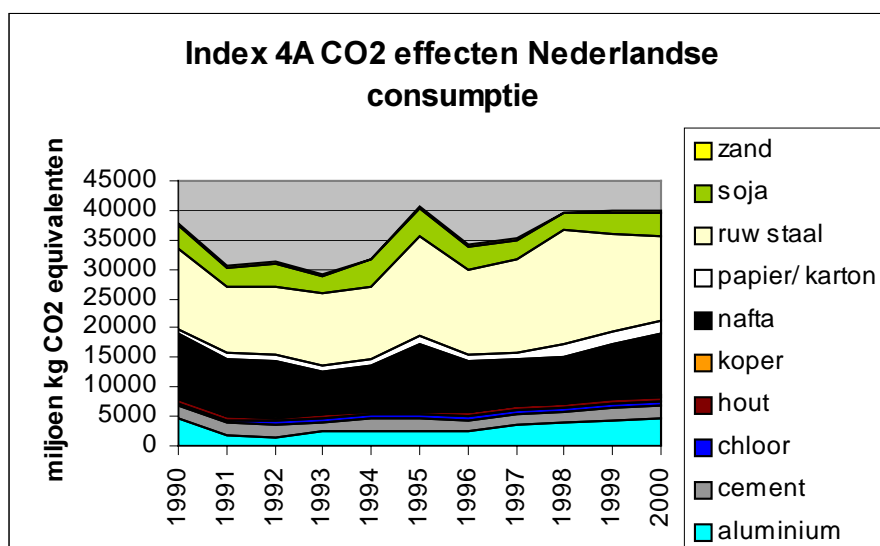
Indicator 4: milieueffecten Nederlandse consumptie

Soort		Gewogen naar:		Correctie hergebruik?	
<input type="checkbox"/>	Productie	<input type="checkbox"/>	Gewicht	<input type="checkbox"/>	Nee
<input checked="" type="checkbox"/>	Consumptie	<input checked="" type="checkbox"/>	Milieu-impact	<input type="checkbox"/>	Ja
		<input type="checkbox"/>	Statistisch	<input checked="" type="checkbox"/>	Gewogen

Indicator 4A: CO₂-indicator

Deze indicator laat zien dat de klimaateffecten van de Nederlandse materielenconsumptie tussen 1990 en 2000 met 6% is gestegen. Dit is minder dan de stijging van de Nederlandse productie (indicator 3A). Dit is een indicatie dat de productie van basismaterialen in Nederland sneller is gegroeid dan de consumptie van die materialen. Overigens lijkt de relatief geringe stijging ook veroorzaakt te worden door de keuze voor 1990 als het basisjaar. Als we 1993 als basisjaar nemen, is de dematerialisatie-indicator met maar liefst 37% gestegen, aanzienlijk meer dan de groei van het BBP.

Figuur 21 Indicator 4A: CO₂-effecten Nederlandse consumptie



Naast aluminium, nafta en ruw staal, is nu ook soja consumptie een substantiële bron van CO₂. Opvallend is voorts de piek in 1995, zoals hierboven beredeneerd waarschijnlijk door voorraadvorming bij staal en nafta.

Overigens is de CO₂ als gevolg van de Nederlandse materielenconsumptie in 2000 ongeveer 5% hoger dan die als gevolg van de productie. Daarmee is Nederland kennelijk een netto importeur van CO₂-belastende materialen voor deze set van materialen.

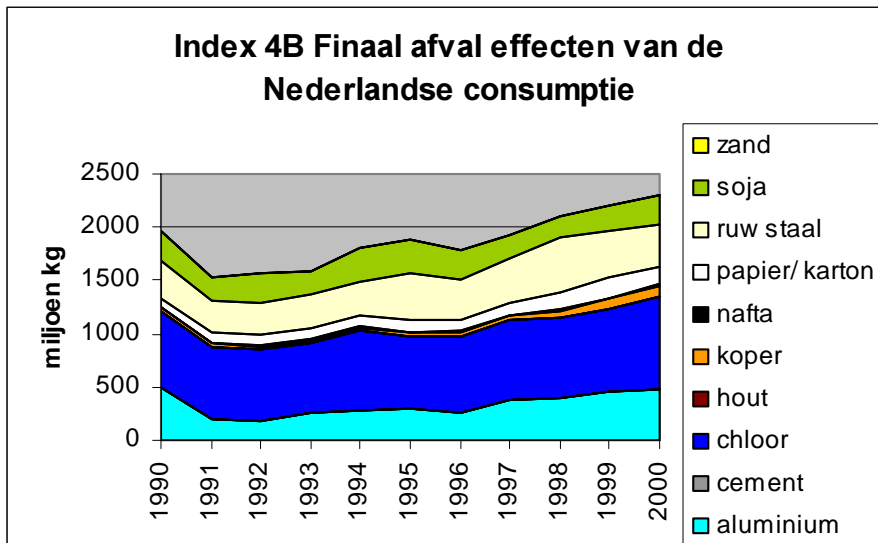
Indicator 4B: finaal afval

Indien de Nederlandse materielenconsumptie wordt gewogen naar de effecten op het finale afval, verkrijgt men het volgende beeld.

Tussen 1990 en 2000 is deze indicator met ruim 17% gestegen. De effecten op het finale afval van soja en koper, die niet in Nederland worden geproduceerd, zijn traceerbaar maar vallen in het niet tegenover de finaal afval ef-

fecten van materialen die wel in Nederland worden geproduceerd (zie indicator 3B).

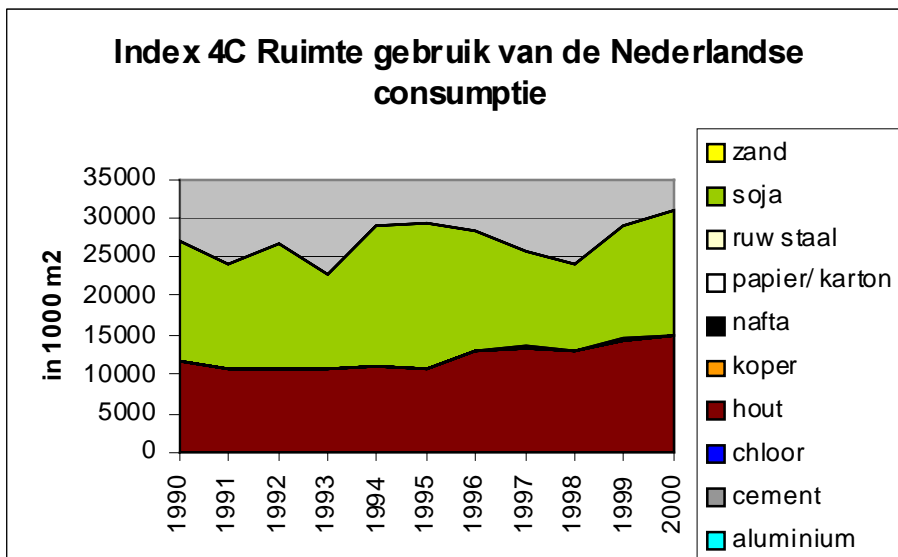
Figuur 22 Indicator 4B: finaal afvaleffecten van de Nederlandse consumptie



Indicator 4C: ruimtegebruik

Indien de Nederlandse materialenconsumptie wordt gewogen naar de effecten op het ruimtegebruik, verkrijgt men het volgende beeld.

Figuur 23 Indicator 4C: ruimtegebruik van de Nederlandse consumptie



In tegenstelling tot indicator 3C speelt nu ook de consumptie van soja een belangrijke rol. De grote fluctuaties in de indicator hangen samen met de fluctuaties in de productie van soja waarbij prijseffecten en voorraadvorming een belangrijke rol kunnen hebben gespeeld bij de consumptie (zie hoofdstuk 4).

Tussen 1990 en 2000 is deze indicator met ruim 15% gestegen.

5.3 Evaluatie en keuze tussen indicatoren

In de vorige paragraaf zijn 10 verschillende indicatoren voor dematerialisatie ontwikkeld. Op de volgende bladzijde staat het verloop van alle indicatoren nogmaals in een grafiek tegen elkaar uitgezet tezamen met het BBP. Wat opvalt is dat geen van de onderzochte indicatoren een afname van het materiaalgebruik liet zien: er is dus geen sprake van een absolute ontkoppeling van het materiaalgebruik en het BBP. Wel is er sprake van een relatieve ontkoppeling voor een aantal onderzochte indicatoren.

De uiteindelijke keuze voor een van deze indicatoren kan op basis van inhoudelijke en statistische argumenten gemaakt worden. Beide keuzes worden hieronder toegelicht.

5.3.1 Inhoudelijke keuzes

De keuze voor een indicator kan wellicht het beste op inhoudelijke gronden worden gemaakt. Maar, zoals in paragraaf 5.1 beredeneerd, geven deze inhoudelijke zaken niet direct richting aan het soort indicator dat moet worden opgezet.

Het hergebruik is bijvoorbeeld een heikel punt. Indien men ervan uit zou gaan dat dematerialisatie puur de efficiëntie meet waarmee materialen worden ingezet in de Nederlandse economie, dan kan het verstandig zijn om hergebruik buiten de analyse te laten en alleen te kijken naar de totale materiaalstroom. Daartegenover kan het bezwaar worden geuit dat hergebruik juist een enorme stimulans is voor reductie van CO₂ en finaal afval en dat het vanuit milieukundig oogpunt stompzinnig zou zijn om dat niet als dematerialisatie te laten gelden. Bovendien kan - indien in een later stadium de hier ontwikkelde indicator zou worden ingezet voor het vaststellen van transformatieratio's voor bedrijven - het een verkeerd signaal afgeven als alleen naar gewicht wordt gekeken en niet naar herkomst van materialen. Dit probleem speelt minder bij de indicatoren 3 en 4 die naar milieu-impact worden gemeten. Hier wordt het milieubeslag van gerecyclede materialen immers meegenomen en opgeteld bij het milieubeslag van primaire materiaalstromen. Dit lijkt ons veruit de beste oplossing om met hergebruik om te gaan: door het te wegen met de milieu-impact die de materiaalstromen veroorzaken.

Een ander punt is de vraag of dematerialisatie uit moet gaan van productie en consumptie. Ons lijkt het van belang dat dematerialisatie die een hogere materiaalproductiviteit beoogt te meten, uitsluitend uitgaat van consumptie. Dit zou dus de indicator 3A, 3B en 3C in onze ogen overbodig maken. Het gaat, kortom, niet om het verminderen van de productie van het materiaal, maar veeleer om het verminderen van het verbruik van dat materiaal.

Naast inhoudelijke argumenten kan men ook onderzoeken of bepaalde indicatoren niet synchroon met elkaar lopen, wat zou betekenen dat dematerialisatie in de ene indicator ook iets zegt over ontwikkelingen van de andere.

5.3.2 Statistische keuze

Bij een statistische keuze kijkt men of de gebruikte indicatoren een grote mate van samenhang met elkaar vertonen. De gedachtegang erachter is dat de indicatoren een grote mate van samenhang met elkaar vertonen en dat het daarom niet nodig is om elke indicator apart op te nemen. Als bepaalde indicatoren immers synchroon verlopen zegt de ontwikkeling van de ene indicator vrij nauwkeurig iets over de andere. Een eerste visuele inspectie van Figuur 24 geeft reeds aan dat er een vrij grote samenhang tussen de indicatoren bestaat.

Tabel 5 geeft de precieze correlatiecoëfficiënten tussen de indicatoren.

Tabel 5 Enkelvoudige correlatiecoëfficiënten tussen de indicatoren

	1A	1B	2A	2B	3A	3B	3C	4A	4B	4C	BBP
1A	1.00										
1B	0.89	1.00									
2A	0.92	0.77	1.00								
2B	0.87	1.00	0.74	1.00							
3A	0.74	0.73	0.57	0.73	1.00						
3B	0.74	0.85	0.47	0.85	0.83	1.00					
3C	0.75	0.74	0.47	0.73	0.84	0.93	1.00				
4A	0.74	0.86	0.67	0.87	0.83	0.72	0.65	1.00			
4B	0.81	0.96	0.66	0.97	0.73	0.88	0.78	0.89	1.00		
4C	0.70	0.60	0.77	0.58	0.35	0.28	0.34	0.53	0.55	1.00	
BBP	0.88	0.88	0.63	0.87	0.78	0.93	0.92	0.67	0.84	0.42	1.00

De vet gedrukte waarden geven een correlatie groter dan 85% aan. Hieruit blijkt dat er nogal wat correlatie bestaat tussen indicatoren. De correlatie tussen indicator 1B en 2B is vrijwel 100%. Dit betekent dat het niet zinvol is om beide op te nemen in een verder te ontwikkelen traject. Het verschil tussen indicator 1 en 2 is het hergebruik. Kennelijk is dat niet een bijzonder groot issue voor de uiteindelijke bepaling van de dematerialisatie-indicator.

Ook de correlatie tussen 1A en 2A is met 92% zeer groot te noemen maar deze indicatoren correleren nauwelijks met de andere indicatoren. Kennelijk komt dit doordat de beide indicatoren zeer door één materiaalstroom worden beïnvloedt: namelijk zand. Het lijkt ons onwenselijk dat het gebruik van zand feitelijk de dematerialisatie-indicator zou bepalen en daarom lijken ons deze indicatoren niet voor de hand liggen.

Voorts is ook de samenhang tussen indicator 4B en 1B/2B zeer groot te noemen. Dit toont aan dat een afzonderlijke indicator voor finaal afval wellicht niet nodig is omdat de statistisch gewogen indicator reeds voldoende van dat milieuprobleem dekt.

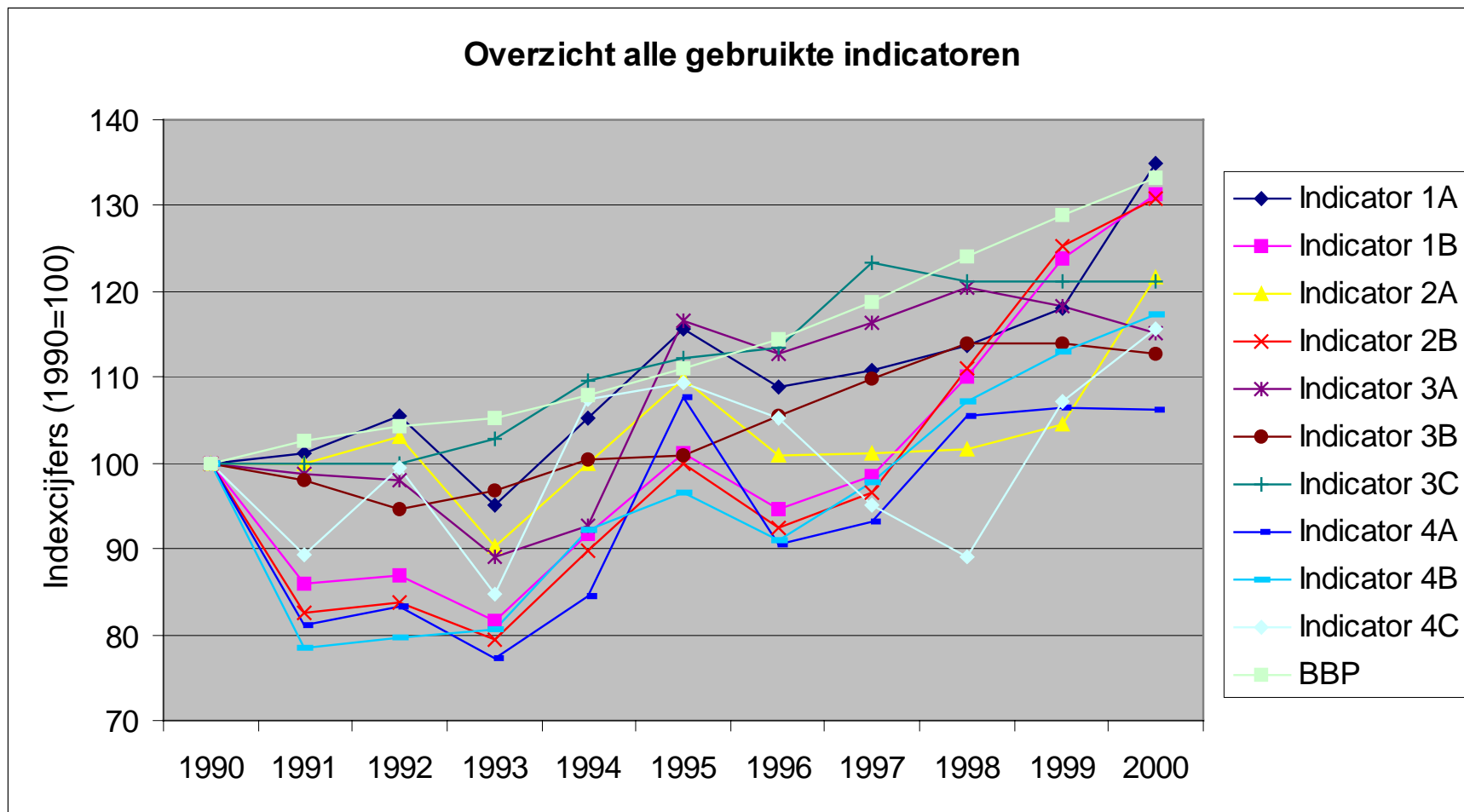
Het is ook opmerkelijk dat indicator 3A relatief weinig samenhang vertoont met de andere indicatoren en dat dus een afzonderlijke indicator voor de CO₂-effecten van de Nederlandse productie wellicht zinvol is als het dematerialisatiebeleid een bijdrage dient te leveren aan het behalen van de doelstellingen op het klimaatgebied.

Ook de indicatoren omtrent ruimtegebruik, (3C en 4C), blijken over het algemeen weinig te correleren met de andere indicatoren. Omdat de indicatoren voor ruimtegebruik slechts werden gedomineerd door 1-2 materialen, menen we hier dat men wellicht andere materialen zou willen kiezen die de ruimte-effecten beter weergeven.

Een meer geformaliseerde manier om uit de verschillende bovenliggende indicatoren een dominante indicator te kiezen kan worden verkregen door gebruik te maken van factor analyse. Door een set van kwantitatieve variabelen (de tien geselecteerde indicatoren) te herleiden tot een klein aantal factoren kan inzicht worden verkregen in de onderliggende relaties van de dematerialisatie-indicator. Met factoranalyse kan dus bijvoorbeeld worden bepaald dat indicator 1A een beter beeld geeft voor alle milieugerelateerde effecten dan indicator 1B, of omgekeerd. Het doen van factor analyse op deze dataset valt buiten het beslag van dit project, maar zou een zinvolle aanvulling in toekomstig onderzoek kunnen zijn.



Figuur 24 Overzicht alle gebruikte indicatoren



5.3.3 Een keuze voor de indicatoren

Samenvattend geeft de inhoudelijke en statistische afweging ons een keuze voor twee indicatoren die ons het meest te prefereren lijken voor verdere ontwikkeling: 2B en 4A. De keuze is gebaseerd op de volgende argumenten:

- 1 Een indicator voor dematerialisatie beoogt de efficiëntie te verhogen waarmee materialen worden gebruikt in de Nederlandse economie. Daarom lijkt ons een indicator voor consumptie (Indicatoren 1, 2 en 4) te prefereren boven een indicator die uitgaat van productie.
- 2 Indicatoren 1 en 2 (zowel A als B) kennen een grote mate van correlatie met elkaar: het lijkt onzinnig om beide indicatoren mee te nemen in de analyse.
- 3 Van de indicatoren 1 en 2 lijkt ons versie B te prefereren boven versie A, omdat in versie A zand de totale materiaalstroom domineert, terwijl zand niet een erg milieurelevant materiaal is³³.
- 4 Omdat hergebruik vanuit milieuoogpunt zinvol is, lijkt het ons aannemelijk om hergebruik ook als een mogelijkheid mee te nemen in de dematerialisatie-indicator. Dit zou voor indicator 2 pleiten. We beseffen daarmee dat dit defacto een oprekking van het dematerialisatiebeleid betekent dat in hoofdstuk 3 is geformuleerd, omdat daar hergebruik onder een ander beleidsterrein viel. Overigens maakt de keuze voor 1B of 2B statistisch gezien niet uit omdat beide indicatoren voor bijna 100% met elkaar correleren.
- 5 Een indicator die de materialen weegt naar ratio van hun milieu-impact lijkt ons te prefereren boven een indicator die alle materiaalstromen gelijkelijk weegt (zoals indicator 2B). Het probleem is echter dat er een verscheidenheid aan milieu-impacts bestaan. Daarom kan indicator 2B wel eens garant staan voor een breed scala aan milieu-impacts. De correlatiecoëfficiënten tonen inderdaad aan dat een indicator voor finaal afval afdoende wordt gedekt met indicator 2B. Een aparte indicator meenemen voor CO₂ lijkt ons echter zinvol (indicator 4A), temeer daar we de effecten van de Nederlandse materialenconsumptie in het buitenland ook een belangrijk thema vinden.

In het volgende hoofdstuk zullen we beide indicatoren, 2B en 4A, nader onderzoeken in hun relatie tot de waarde van materialen en het BBP en kijken wat er in de toekomst met beide indicatoren kan gebeuren, waarbij we ook naar een tweetal scenario's zullen kijken.

Daarbij zullen we naast indicator 2B en 4A ook indicator 3A beschouwen, niet omdat wij dat een zinvolle indicator voor dematerialisatie vinden, maar omdat met die indicator inzicht kan worden verkregen in de bijdrage die dematerialisatie kan leveren bij het nakomen van de Kyoto-verplichtingen. In het NMP4 wordt dat immers als een belangrijk doel genoemd van dematerialisatie.

5.4 Enkele slotopmerkingen

In dit hoofdstuk hebben we een tiental indicatoren opgesteld voor dematerialisatie van een tiental materiaalstromen. Het bleek dat bij indicatoren die aggregeren over gewicht, zand de totale materiaalstroom domineert. In feite zou uitsluitend het monitoren van zand voldoende zijn voor een dergelijke

³³ Indicator 1A is voor 99,3% identiek aan de ontwikkelingen in zand, en indicator 2A voor 97,7%, bepaald middels enkelvoudige correlatiecoëfficiënten.

indicator, daar het verloop van zand heel sterk correleert met de uiteindelijke gewichtsindicator. Dat achten wij echter niet het doel van dematerialisatie en daarom lijkt ons een keuze voor aggregatie over gewicht onwenselijk.

Alternatieven worden gevormd door de weging naar milieu-impact en/of statistische methoden die vooral de *veranderingen* in de materiaalstroom in kaart proberen te brengen. Beide zijn in feite aanvaardbaar: de weging naar milieueffecten heeft als groot voordeel dat dematerialisatie op dat moment ook iets zegt over de eventuele milieuwinst die er te halen valt met minder materiaalgebruik. Het bleek dat zulks in principe mogelijk is met gegevens over bekende milieuproblemen, zoals CO₂ of finaal afval. De data daarvoor zijn veelal bepaald in LCA's en deze kunnen worden toegepast in het bepalen van een dematerialisatie-indicator.

Een probleem echter bij de bepaling van de milieueffecten is dat er een veelvoud van milieueffecten bestaat die niet allemaal even duidelijk in kaart zijn gebracht. Hier bleek dat het moeilijk was om precies de ruimte-effecten in te schatten van de materiaalstromen en dat de totale indicator zwaar gedomineerd werd door hout, door bossen dus. Daarmee is niets gezegd over de landschappelijke kwaliteit die bossen kennen. Het lijkt ons wat bevreemdend om meer bossen te beschouwen als rematerialisatie.

Uiteindelijk hebben we twee indicatoren voor dematerialisatie gekozen die we in het volgende hoofdstuk verder gaan onderzoeken:

- 1 Een indicator voor het industrieel metabolisme: een statistisch gewogen indicator die het verloop in geconsumeerde hoeveelheid van alle nieuwe materiaalstromen (=totale materiaalstroom - hergebruik) volgt.
- 2 Een indicator voor de CO₂ effecten van de Nederlandse consumptie, waarbij de geconsumeerde hoeveelheid van nieuwe materiaalstromen en de hergebruikte materiaalstromen is gewogen met de broeikasgasen die in de gehele keten vrijkomen als gevolg van deze materiaalstromen.

Daarnaast zullen we ook aandacht geven aan de rol die dematerialisatie kan vervullen bij het nakomen van de Kyoto-verplichtingen middels een aparte indicator die de CO₂ effecten van de Nederlandse productie bepaald.

In het volgende hoofdstuk gaan we dieper in op deze drie indicatoren.



6 Dematerialisatie-indicatoren nader beschouwd

In dit hoofdstuk geven we een aantal analyses met de gekozen indicatoren uit hoofdstuk 5. Allereerst kijken we naar hoe de indicatoren zich verhouden tot de economie, om aldus tot een bruikbare indicator voor dematerialisatie te komen die niet alleen iets zegt over de omvang van de materiaalstromen, maar tevens over het inkomen (of nut) dat met die materiaalstromen wordt gecreëerd (paragraaf 6.1). Vervolgens kijken we naar hoe die indicatoren zich in de toekomst gaan ontwikkelen conform voorspellingen van het CPB (paragraaf 6.2). Tot slot kijken we hoe een onverwachte gebeurtenis in de Nederlandse economie kan ingrijpen op de indicatoren (paragraaf 6.3).

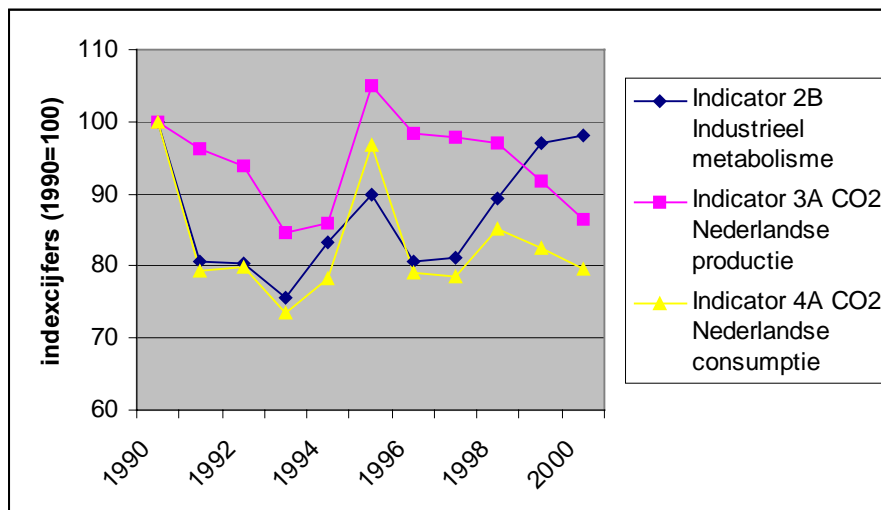
6.1 Indicatoren in verhouding tot de economie

Zoals in hoofdstuk 3 beredeneerd dient de dematerialisatie-indicator vooral iets moeten zeggen over de efficiency waarmee materialen worden ingezet in de economie. Dit kan op twee verschillende manieren worden bepaald.

Gangbaar is het om het materiaalgebruik te relateren aan het BBP. Het Bruto Nationaal Product kan worden gezien als een proxy voor welvaart en de dematerialisatie-indicator geeft aldus een indicatie voor de hoeveelheid welvaart die we in Nederland met deze materiaalstromen genereren.

In Figuur 25 staat de ontwikkelingen van de drie gekozen indicatoren in relatie tot het BBP.

Figuur 25 De ontwikkelingen van de drie gekozen indicatoren in relatie tot het BBP



Alle drie de indicatoren per eenheid BBP waren in 2000 lager dan in 1999. De indicator 2B voor het industrieel metabolisme vormt een opmerkelijk U-vormig verband door de tijd heen. Sinds 1996 is deze indicator flink gegroeid, met ongeveer 20%. Dat betekent dat de Nederlandse economie in 2000 ongeveer 20% minder materiaalefficiënt was dan in 1996.

De met CO₂ gewogen indicator van de Nederlandse consumptie (4A) vertoont tot 1998 hetzelfde beeld als indicator 2B, daarna zijn beide indicatoren echter ontkoppeld.

Voorts toont deze grafiek aan dat de bijdrage van dematerialisatie aan het nakomen van de Kyoto-verplichtingen (indicator 3A) sinds 1995 relatief ontkoppeld is van de groei van het BBP. Dit betekent dat het CO₂ beslag van in Nederland geproduceerde materialen minder hard is gegroeid dan de economie.

Een tweede methode om een dematerialisatie-indicator op te stellen is door uit te gaan van het nut dat aan materialen wordt ontleend. Dit roept een discussie op over hoe men nut kan meten dat aan materiaalstromen wordt ontleend. De meest simpele manier is om te veronderstellen dat de prijs die voor materialen wordt betaald een indicatie geeft van het nut dat aan dat materiaal wordt ontleend. Als men immers het materiaal onnuttig vindt, zal men het niet aanschaffen. Aldus kan men het totale nut dat aan deze 10 materialen wordt ontleend bepalen als de som van de prijs maal de geconsumeerde hoeveelheid, oftewel de omzet die met deze materialen wordt gegenereerd. Dat is immers de totale hoeveelheid geld die een samenleving wil betalen voor het gebruik van deze materialen.

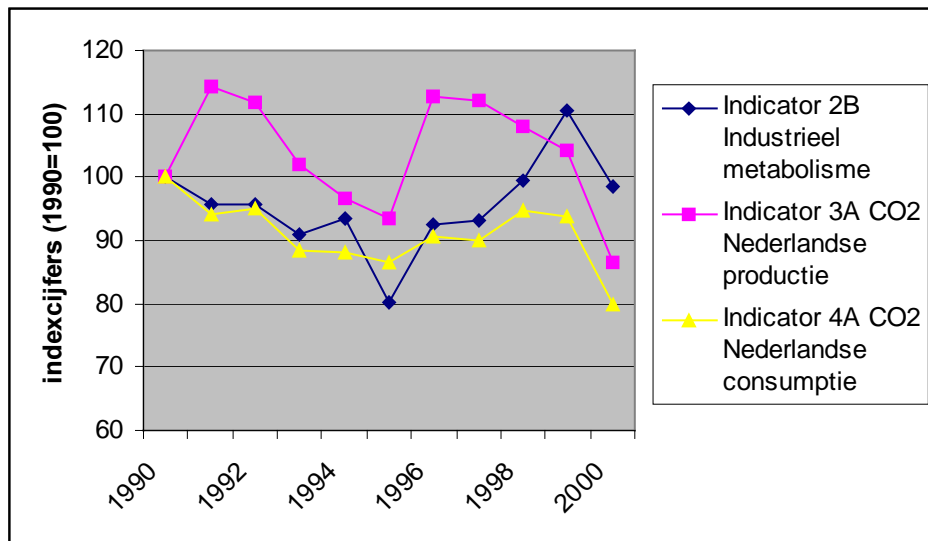
De drie indicatoren op deze manier samengesteld zijn weergegeven in de Figuur 26³⁴. Opmerkelijk is nu de sterke daling die zich in het jaar 2000 heeft ingezet. Deze daling wordt verklaard door de sterk gestegen grondstoffenprijzen in het jaar 2000. Tot het jaar 2000 verlopen de indicatoren over het algemeen U-vormig, met een dal in de periode 1994-1996.

Een effect van dematerialisatie op deze manier berekenen is dat prijsverhogingen bij gelijkblijvende volumes resulteren in dematerialisatie. Terwijl daar intuïtief weerstand tegen kan bestaan, kan men ook stellen dat hogere prijzen een voorbode zijn van minder materiaalgebruik: door vraaguitval en substitutie-effecten zal een hogere prijs vroeg of later zich ook vertalen in een afname van de gevraagde hoeveelheid³⁵. Daarbij speelt ook dat hogere prijzen van materialen impliciet een doel kan zijn van dematerialisatiebeleid – deze indicator maakt dit expliciet.

³⁴ Data over prijzen zijn te vinden in bijlage D

³⁵ Een uitgebreidere analyse over de relatie tussen prijs en gevraagde hoeveelheid op grondstoffenmarkten kan men vinden in Box C1 in bijlage C.

Figuur 26 De ontwikkelingen van de drie indicatoren in relatie tot de omzet



6.2 Ontwikkelingen tot 2010: CPB verwacht forse trendbreuken

Daarnaast kunnen we kijken wat er met de ontwikkelde indicatoren gebeurt indien zich veranderingen voordoen in de Nederlandse economie. Daartoe zullen we allereerst kijken hoe de drie gekozen indicatoren eruit zien voor het jaar 2010, wanneer we uitgaan van CBP-groecijfers.

Het CPB heeft in 1997 een inschatting gemaakt van de fysieke productie van de Nederlandse economie (CPB, 1997). Volgens het CPB is de fysieke productie van de Nederlandse economie (tonnen staal, aluminium, etc.) namelijk minder groot dan de groei van het BBP: door dematerialisatie en structureffecten (verschuiving naar een diensteneconomie) neemt het aandeel materialen in de productie van het BBP af.

Het CPB schat voor zowel dematerialisatie als structureffecten fors in. Dematerialisatie zou gemiddeld tot een 1% lagere toename van materialen ten opzichte van het BBP, en structureffecten zouden additionele besparingen kunnen opleveren van ongeveer 0,5%. Volgens het CPB zou dus, als gevolg van beide effecten, de totale groei van materialen ongeveer 1,5% lager uitkomen dan die van het BBP. Dat is uiteraard niet onomstreden. In De Bruyn en Opschoor (1997) werd al vermeld dat een 1 op 1 relatie waarschijnlijker is bij afwezigheid van grote prijsverhogingen op de grondstoffenmarkten.³⁶ Ook de analyse uit paragraaf 5.1 toont aan dat de indicatoren die gebaseerd zijn op *tonnen* materiaal, vrijwel gelijk zijn gegroeid met de groei van het BBP.

Er moet dus sprake zijn van een forse trendbreuk wil het CPB gelijk krijgen met een besparingseffect van ongeveer 1,5% per jaar tot 2010. Om de situatie niet al te gecompliceerd te maken gaan we er hierbij vanuit dat het CPB gelijk heeft en een dergelijke trendbreuk zich binnenkort voordoet, al dan niet geïnitieerd door een in Nederland ingevoerd *dematerialisatiebeleid*.

De volgende tabel laat zien welke groecijfers het CPB hanteert in hun EC-scenario, dat is het middelscenario met een gemiddelde groei van de Nederlandse economie van 2,75% per jaar.

³⁶ De argumenten daarvoor zijn uitgewerkt in De Bruyn (2000), hoofdstuk 2 en 8.

Tabel 6 Procentuele groei per jaar van fysieke stromen in Nederland volgens CPB-sectoren en materialen die zijn gekozen in onze dematerialisatie-indicator

CPB sector	Materialen	BBP-productie	Fysieke productie
Staal	Staal	1,6	0,4
Non-ferro	Aluminium, koper	1,5	0,5
Petrochemie	Nafta	2,7	2
Anorganisch	Chloor	3	2,25
Papier	Papier en karton	1,75	1
Bouwmaterialen	Hout, zand, cement	1,5	1
Landbouw/levensmiddel	Soja	2,2	0,9

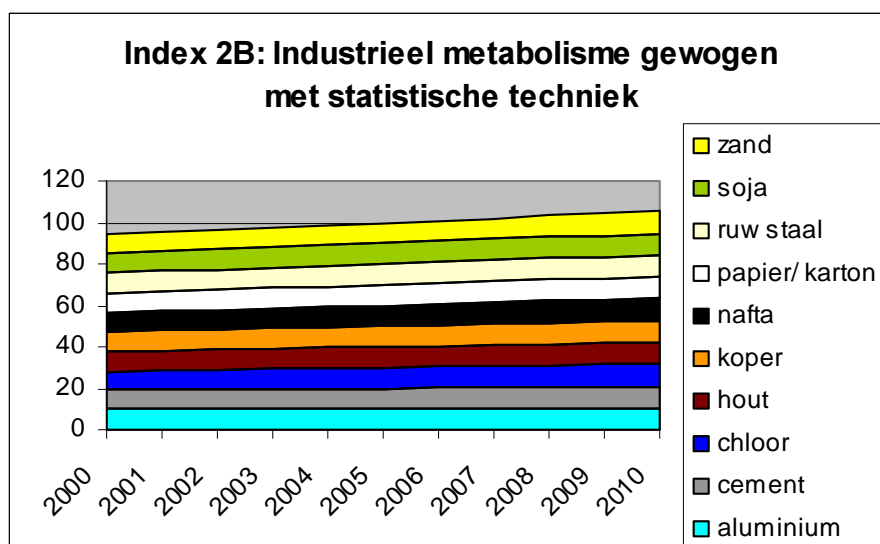
Opmerking: de schatting voor soja is onze inschatting gebaseerd op CPB (1997).

Aan de hand van deze groeicijfers hebben we de ontwikkeling geschetst tot 2010 voor de drie geselecteerde indicatoren. Daarbij zijn we er gemakshalve vanuit gegaan dat er in de verhouding tussen productie en consumptie niets verandert, dwz: de bovenstaande groeicijfers zijn zowel een indicatie voor de ontwikkelingen in de productie van materialen als de consumptie³⁷.

Voor de indicatoren geeft dit het volgende lineaire beeld in de ontwikkelingen tot 2010:

- 1 De industrieel metabolisme indicator stijgt met 11% tussen 2000 en 2010, fors minder dan de groei van de economie (+31%). Zoals gezegd is dit het resultaat van een door het CPB verwachte trendbreuk: tussen 1990 en 2000 trok deze indicator nog gelijk met de groei van het BBP op.

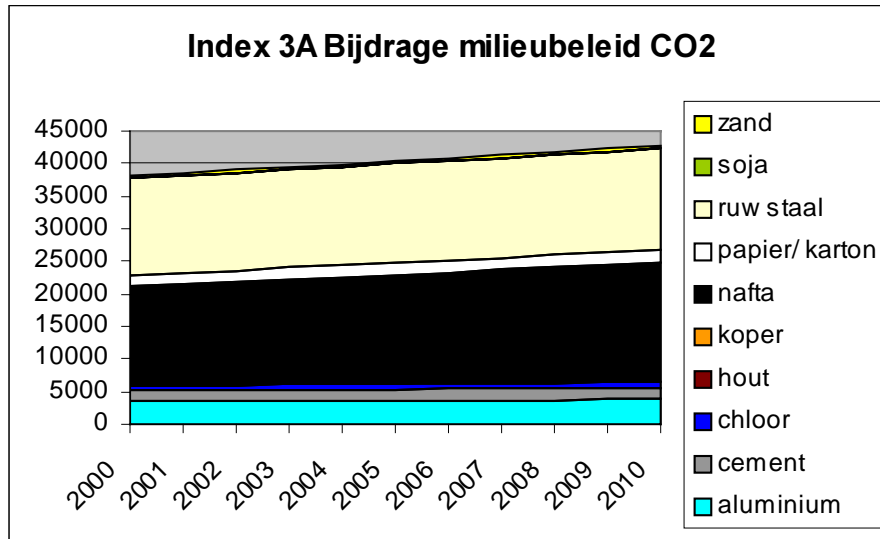
Figuur 27 Index 2B: industrieel metabolisme gewogen met statistische techniek



³⁷ In werkelijkheid gaat het CPB hier uiteraard niet vanuit en met wat moeite en een aantal aannames zou ook het verschil tussen consumptie en productie ook wel uit de CPB cijfers kunnen worden herleid, maar dat is niet het doel wat hier wordt beoogd, namelijk het illustreren van effecten op de indicator, en zou de illustratie nodeloos compliceren.

- 2 De indicator van de productiegerelateerde CO₂-effecten stijgt iets meer met 12%. Klaarblijkelijk is de verwachte groei van materialen die in Nederland worden geproduceerd met een grote CO₂ inhoud groter dan de verwachte groei van de materialen die in Nederland worden geconsumeerd³⁸. Hierbij is duidelijk te zien dat het aandeel van aluminium relatief afneemt ten koste van vooral nafta.

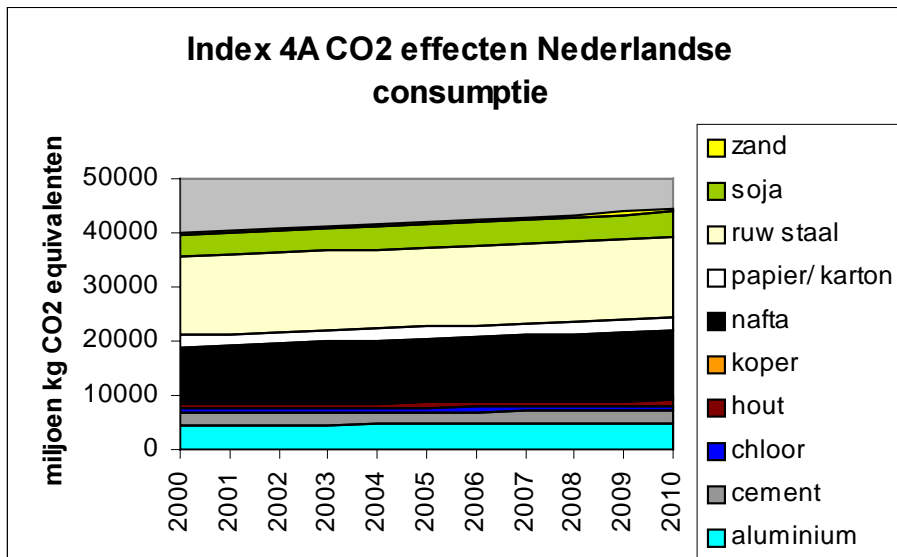
Figuur 28 Index 3A: bijdrage milieubeleid CO₂



- 3 De indicator voor de CO₂ gerelateerde effecten van de consumptie stijgt tenslotte met ruim 10%. De mindere stijging van dit cijfer heeft te maken met de geringe toename van soja die een belangrijk bestanddeel vormt van deze indicator.

³⁸ Nogmaals moet hierbij het voorbehoud worden gemaakt dat in deze analyse productie en consumptie gelijkelijk groeien, terwijl dat bij de CPB analyse niet het geval is.

Figuur 29 Index 4A: CO₂-effecten Nederlandse consumptie



Alle andere indicatoren vertonen een overeenkomstig beeld waarbij de totale stijging van de indicator tussen de 9 en 15% ligt, afhankelijk van de compositie van die indicator.

Hieronder gaan we nu kijken wat ingrepen in de productie en consumptie betekenen voor de gekozen indicatoren:

6.3 Scenario analyses

Om het gebruik van de indicator te illustreren kijken we hieronder welk effect veranderingen in de Nederlandse productie en consumptie voor die indicator hebben. Dit geeft een illustratie hoe veranderingen in de economie en preferenties van mensen doorwerken in de indicator.

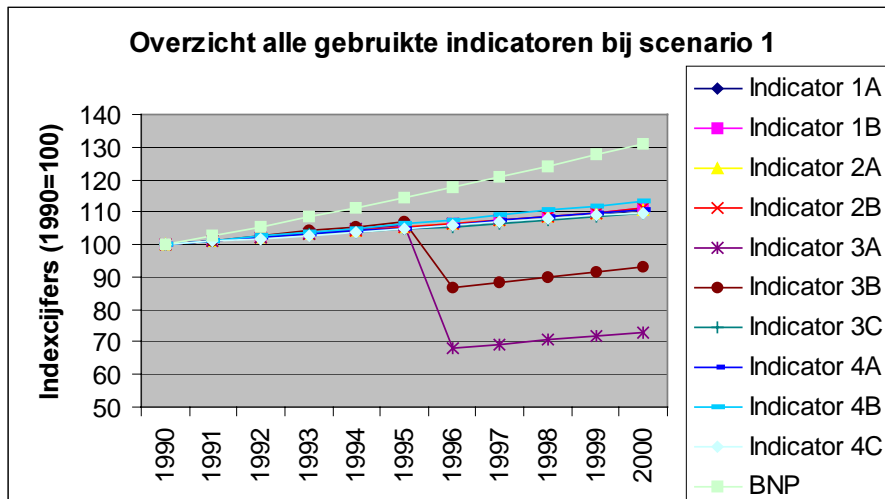
De twee hypothetische cases die we hieronder willen doorrekenen zijn:

- 1 Wat gebeurt er als een industriële activiteit naar het buitenland wordt verplaatst.
- 2 Wat gebeurt er als er in de vraagkant forse verschuivingen optreden.

6.3.1 Verplaatsing basisactiviteiten naar het buitenland

Een verplaatsing van de productie van basismaterialen zou op de dematerialisatie-indicator die efficiëntie beoogt te meten geen invloed mogen hebben. Immers, de efficiëntie waarmee materialen worden aangewend mag geen invloed hebben op de vraag waar het materiaal vandaan komt. Onderstaande figuur geeft aan gevolgen van het verplaatsen van de staalproductie naar een ander land.

Figuur 30 Overzicht van alle gebruikte indicatoren bij scenario 1



Het blijkt dat dit geen effect heeft voor de indicatoren die uitgaan van consumptie, dus de indicatoren 1,2 en 4 (en hun varianten). Alleen indicator 3A (-27%) en 3B (-9%) vertonen een flinke daling omdat staalproductie gevolgen heeft voor CO₂ emissies en finaal afval. Maar voor dematerialisatie zijn het daarmee geen goede indicatoren indien dematerialisatie materialen efficiëntie wil meten³⁹.

6.3.2 Verschuivingen in de vraagkant

Om de verschuivingen in de vraagkant op de indicatoren door te rekenen hebben we getracht de gevolgen voor de indicator in kaart te brengen van het tijdelijk stopzetten van alle bouwactiviteiten in 2010. Dit doen we door een scenario op te stellen. De precieze berekeningen kunnen worden gevonden in bijlage E.

Door de toenemende vergrijzing wordt tegen 2009 duidelijk dat er leegstand gaat dreigen op de woningmarkt. De babyboom generatie zoekt in toenemende mate het bejaardenhuis op en door de strenge immigratiewetten die in 2003 van kracht zijn geworden komen er ook geen buitenlanders meer naar Nederland. Huizenbezitters vrezen een forse waardedaling van hun investeringen en gaan de straat op: de regering besluit overhaast tot het instellen van een bouwstop in Nederland om de huizenprijzen niet verder onder druk te zetten. De kantorenmarkt zit al langer in het slop na de hausse in kantorenbouw tegen het einde van de vorige eeuw.

Het stopzetten van de bouwproductie heeft effect op meerdere materialen. Het heeft een belangrijk effect op vijf van de in deze studie beschouwde materialen, te weten: zand, cement, aluminium, staal en koper. Op chloor (PVC-leidingen) en hout (kozijnen, deuren, e.d.) zijn de effecten niet onderzocht omdat deze als gering worden ingeschat.

Van de vijf beschouwde materiaalstromen is het aandeel gezocht dat in de bouwsector geconsumeerd wordt. Onderscheid is gemaakt tussen de wo-

³⁹ De indicator voor ruimtegebruik van de materialenproductie blijft nagenoeg gelijk (+9%) omdat de productie van staal weinig ruimte-effecten kent.

ning- plus utiliteitsbouw (de zogenaamde B&U sector waarbij B staat voor burgerlijk) en de grond-, weg- en waterbouw (de GWW sector). Dit onderscheid is gemaakt om het effect te illustreren van het stoppen van alleen de bouw in de B&U-sector.

De precieze berekeningen zijn in Bijlage E opgenomen. In Tabel 7 is het gebruik van de vijf materialen in de bouwsector en de verdeling ervan over de B&U- en de GWW-sector opgenomen.

Tabel 7 Overzicht gebruik 5 materialen in de bouw

	Aandeel bouw	Onderverdeling	
	% van materiaalstroom	B&U	GWW
Ophoogzand	100%	40%	60%
Betonzand	100%	70%	30%
Cement	100%	70%	30%
Aluminium	40 (+/- 5%)	40%	1-5%
Staal	32%	16% (aannname)	?
Koper	75%	75%	gering

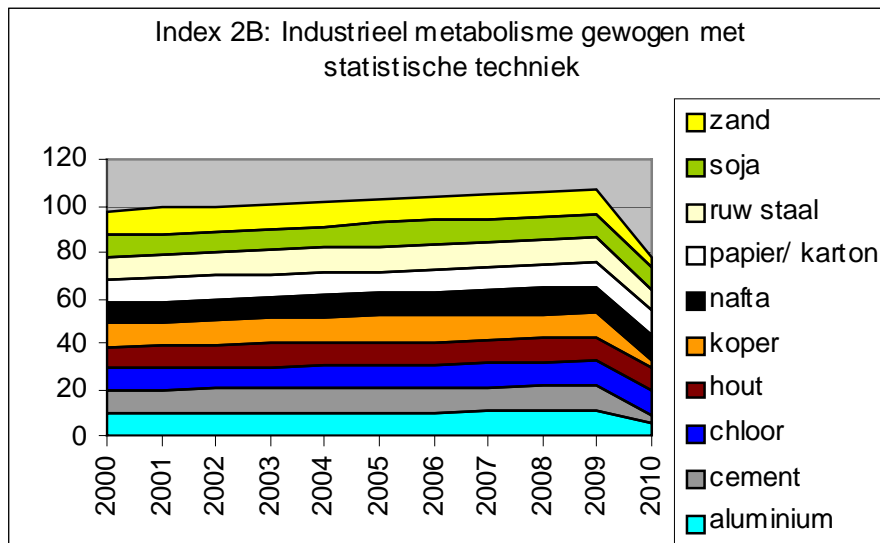
De bouwstop heeft gevolgen voor de productie en consumptie van de materialen. We gaan er hierbij vanuit van de volgende onderverdeling:

- 1 Import van zand en cement wordt stopgezet.
- 2 De productie van zand en cement is gelijk aan het huidige exportvolume. Vanwege het bulkkarakter van deze stromen verwachten we niet dat er gemakkelijk nieuwe markten zijn aan te boren.
- 3 De verminderde binnenlandse vraag naar aluminium, staal en koper wordt opgevangen door meer export: de productie van deze materialen wordt dus niet beïnvloed door de bouwstop.
- 4 De verhouding in productie en consumptie van ophoogzand en betonzand is gelijk aan in die in 2000.

Dit geeft de volgende indicatoren:

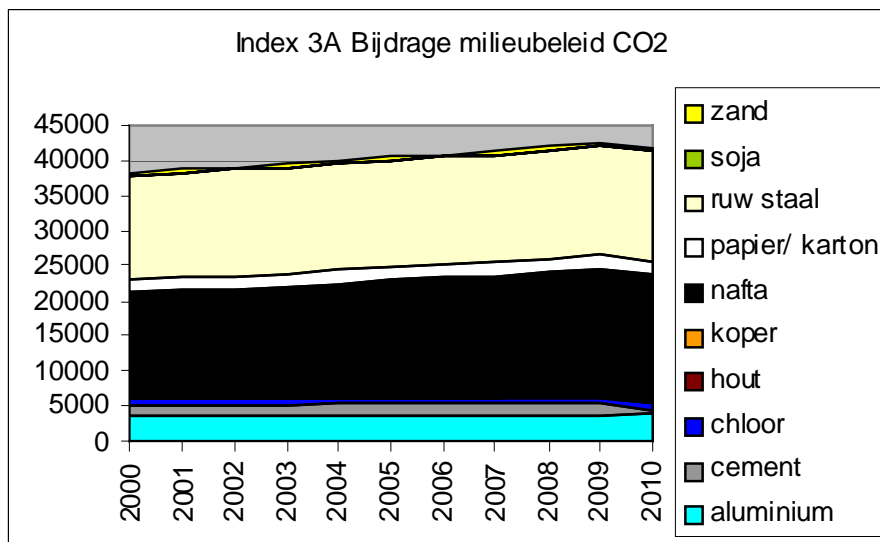
- 1 De indicator 2B die uitgaat van consumptie neemt flink af. De daling tussen 2009 en 2010 bedraagt maar liefst 27%. Ook ten opzichte van het niveau in 2000 is de indicator in 2010 bijna 20% lager.

Figuur 31 Index 2B: industrieel metabolisme gewogen met statistische techniek



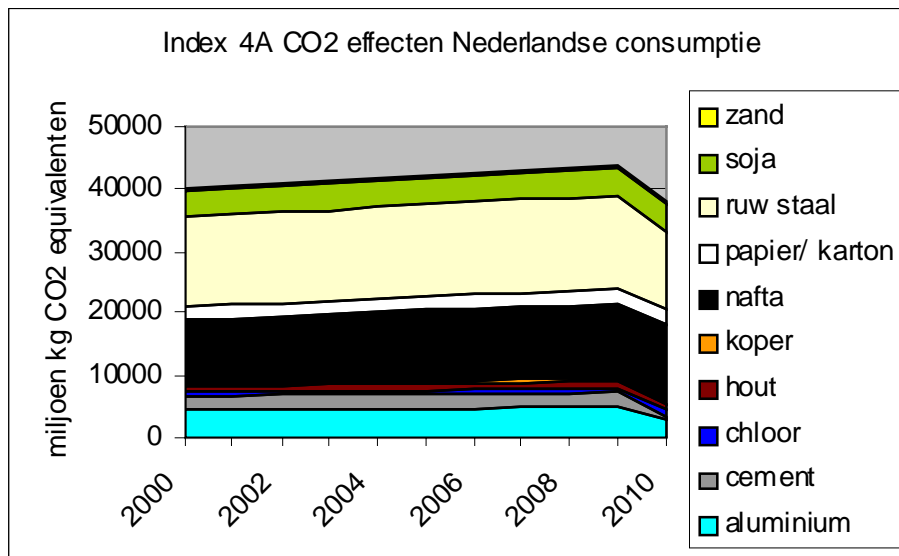
2 De indicator die de bijdrage van dematerialisatie aan de Kyoto-verplichtingen weergeeft, daalt echter minder. In 2010 is de indicator met minder dan 2% afgenomen ten opzichte van 2009. In totaal stijgt deze indicator nu tussen 2000 en 2010 met bijna 9%. De verminderde invloed op de productie hangt samen met de veronderstelling dat een bouwstop alleen invloed zal hebben op de productie van bulkmaterialen zoals zand en cement en deze maken een klein deel uit van de CO₂ gerelateerd aan de productie van materialen in Nederland.

Figuur 32 Index 3A: bijdrage milieubeleid CO₂



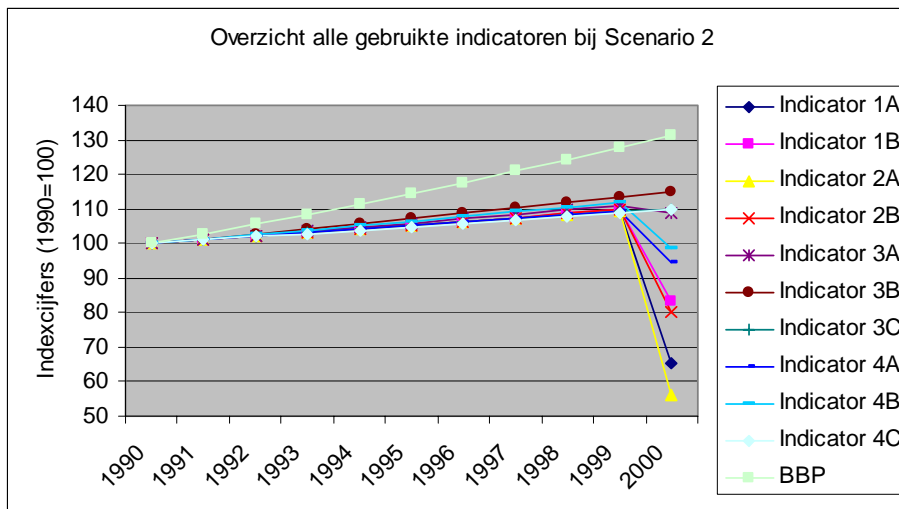
3 De effecten op de CO₂ inhoud van de Nederlandse consumptie zijn groter. In 2010 neemt de indicator met 14% af ten opzichte van het vorige jaar. In totaal bedraagt de afname ten opzichte van 2000 een kleine 6%. Opvallend is dat de invloed op CO₂ geringer is dan de invloed op het statistisch gewogen gewicht van de materialen (indicator 2B).

Figuur 33 Index 4A: CO₂-effecten Nederlandse consumptie



Voor de andere indicatoren verwijzen we naar de onderstaande figuur die de ontwikkelingen als gevolg van een bouwstop voor alle indicatoren weergeeft. De indicatoren voor ruimtegebruik worden niet aangetast door de bouwstop. De daling is logischerwijs het grootst bij de indicatoren die gebaseerd zijn op tonnen grondstof, zoals 1A en 2A waar bovendien zand de totale materiaalstroom domineert. De dematerialisatie wordt beduidend minder indien de materiaalstromen worden gewogen met de milieueffecten. Bij de productiegerelateerde indicatoren is de dematerialisatie het geringst.

Figuur 34 Overzicht alle gebruikte indicatoren bij scenario 2



7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Beleidsafbakening

Dematerialisatie kan een rol vervullen in het terugdringen van het milieubelasting dat door het materiaalgebruik in de economie wordt veroorzaakt. Terwijl dematerialisatie lange tijd vooral in academische kringen werd bestudeerd en bediscussieerd, staat het onderwerp thans in de belangstelling van politici en beleidsmakers die willen onderzoeken of dematerialisatie een rol in het milieubeleid kan vervullen. In het onderhavige onderzoek is gekeken hoe zo'n dematerialisatiebeleid dan kan worden vormgegeven en welke invloed dat heeft op de keuze van indicatoren voor dematerialisatie.

In het NMP4 staat dat Nederland een dematerialisatiebeleid wil gaan voeren. Het NMP4 ziet de rol van dematerialisatie in het milieubeleid vooral als aanvullend: beleid gericht op het verminderen van specifieke vormen milieudruk is veel effectiever dan het domweg indammen van de gehele materiaalstroom. In de discussies met beleidsambtenaren die in het kader van dit project zijn gehouden, is naar voren gekomen dat de rol van het dematerialisatiebeleid in het totale milieubeleid het beste kan worden bepaald door een analogie te maken met het energiebeleid.

In het energiebeleid, dat een bredere doelstelling kent dan alleen milieu, staan de volgende oplossingsrichtingen centraal om de milieudruk door energiegebruik te verminderen:

- substitutie van fossiele brandstoffen door duurzame energiebronnen;
- de inzet van schonere (bijvoorbeeld koolstofarme) fossiele energiebronnen;
- het toepassen van procesgeïntegreerde en end-of-pipe technologieën om emissies te reduceren;
- het verhogen van de energie-efficiëntie (energiebesparing).

Het materialenbeleid heeft tot doel om de milieubelasting die samenhangt met materiaalgebruik te verminderen. Hoewel dit beleid minder samenhang heeft dan het energiebeleid, zijn de mogelijke oplossingsrichtingen van het materialenbeleid vergelijkbaar:

- inzet van hergebruik, recycling en vernieuwbare materialen (duurzaam materiaalgebruik);
- inzet van milieuvriendelijke materialen (productbeleid);
- emissie- en afvalreductie per materiaalsoort;
- verhogen van de materiaalefficiëntie (dematerialisatie).

Terwijl op de eerste drie terreinen van het materialenbeleid een min of meer consistent beleid wordt gevoerd, ontbreekt direct beleid op het verhogen van de materiaalefficiëntie. Hoewel deze constatering los staat van de vraag of het ook daadwerkelijk nodig is dematerialisatiebeleid te voeren, zou een aanvullende rol voor een dergelijk beleid kunnen worden gevonden in de bovenstaande inperking. Dematerialisatiebeleid heeft dan tot doel om de milieubelasting te verminderen door het verhogen van de efficiency van het gebruik van de in omloop zijnde materialen, oftewel het verhogen van de materiaalproductiviteit.

7.2 Indicatoren voor dematerialisatie

De beleidsafbakening van dematerialisatie stelt additionele eisen aan een indicator voor dematerialisatie. Terwijl in de traditionele literatuur rond dematerialisatie vooral aandacht wordt besteed aan het terugdringen van de totale materiaal instroom in een land (zoals door de TMR en DMI indicatoren wordt gemeten), kijkt een indicator die dematerialisatie als specifiek onderdeel van het materialenbeleid ziet veel meer naar het *verbruik* van materialen. Bovendien dient zo'n indicator ontwikkeld te worden vanuit de gedachte dat niet zozeer zelf materialen als wel de milieubelasting die winning, verwerking, transport en gebruik met zich meebrengen de kern van het probleem vormen.

In deze visie kan een dematerialisatie-indicator worden gedefinieerd als een numerieke parameter die voor geaggregeerde materiaalstromen het verbruik door de tijd heen geeft in verhouding tot het nut dat aan die materiaalstromen wordt ontleend. Hierbij dient de indicator zoveel mogelijk gerelateerd te zijn aan de milieubelasting die het verbruik van de bedoelde materialen veroorzaakt.

Bij de daadwerkelijke invulling van een indicator moeten er bepaalde keuzes worden gemaakt. De belangrijkste keuzes daarin zijn:

- 1 Materialen: welke materialen worden meegenomen in de indicator? Wordt energie hierbij ook meegenomen of niet?
- 2 Waar in de keten wordt het materiaalverbruik bepaald?
- 3 Hoe worden deze materiaalstromen bij elkaar opgeteld. Gaat dat via gewicht (gebruikelijk in de literatuur), of zijn er andere mogelijkheden, zoals milieueffecten, die beter zijn?
- 4 Leidt recycling en hergebruik tot dematerialisatie of wordt dat beoordeeld als materiaal neutraal?

Met behulp van inhoudelijke argumentatie en een tiental proefindicatoren op basis van een set van belangrijke materiaalstromen⁴⁰, is getracht een antwoord te formuleren op deze vragen. Hieronder worden de antwoorden behandeld.

1 Materiaalkeuzes

De beleidsafbakening geeft aan dat dematerialisatiebeleid vooral gevoerd zou moeten worden voor materialen waarvoor thans geen efficiencybeleid is ontwikkeld. De indicator zou dus uitsluitend deze materialen moeten omvatten. Daarmee vallen de fossiele brandstoffen bedoeld voor energieopwekking buiten de indicator. Fossiele brandstoffen die echter worden gebruikt voor de productie van, bijvoorbeeld, kunststoffen moeten echter wel worden meegenomen in de uiteindelijke indicator.

Daarnaast is het doel van dematerialisatiebeleid het terugdringen van het milieubeslag van het materiaalgebruik. Daarom ligt het voor de hand om de indicator te beperken tot die materialen waarvan de productie, het gebruik en de afvalfase een aanzienlijke aanslag op het milieu betekenen. Dit wordt bepaald door zowel te kijken naar de omvang van de materiaalstromen als hun impact op het milieu.

⁴⁰ De pilot-indicator is opgebouwd uit de volgende materiaalstromen: Nafta, Staal, Aluminium, Koper, Hout, Papier/Karton, Cement, Zand, Chloor, Soja en de indicator is met data ingevuld over de periode 1990-2000.



2 Waar in de keten wordt het verbruik bepaald

De materiaalketen omvat vele stappen voordat een erts of materiaaldrager in een eindproduct respectievelijk de afdankingsfase terecht is gekomen. Een dematerialisatie-indicator die iets zegt over de efficiëntie van het materiaalgebruik in de economie, zal vooral kijken naar het verbruik van materialen. Idealiter wordt daarbij gekeken naar het verbruik van materialen in de eindproducten: datatechnisch is dat echter niet mogelijk. Daarom moet ergens in de keten een meetmoment worden opgenomen waarbij de materiaalstroom wordt gemeten en het verbruik wordt bepaald.

Volgens het NMP4 zou de dematerialisatie-indicator vooral moeten worden bepaald op het niveau van de basisproducten en basismaterialen, waaronder metalen, hout voedsel, water, kunststoffen, bouwmaterialen en metalen. Dit wordt door ons ondersteund door middel van een analyse van mogelijkheden van een dematerialisatie-indicator met verwijzing naar de praktijk bij energie-indicatoren.

In principe zou de dematerialisatie-indicator ook op een ander niveau kunnen worden gemeten, bijvoorbeeld op het niveau van ruwe grondstoffen (ertsen en materiaaldragers). Een analyse van de totale consumptie van ruwe grondstoffen levert een ander beeld dan de totale consumptie van basismaterialen. In het eerste geval zal vooral worden gekeken naar de materiaalproductiviteit van de basisindustrie, in het tweede geval naar de materiaalproductiviteit van de consumenten en machinebouwindustrie.

De keuze voor het uiteindelijke niveau wordt echter mede bepaald door de verwachte milieuwinst als gevolg van dematerialisatie op de verschillende niveaus. A priori verwachten we dat deze milieuwinst groter is op het gebied van de consumenten- en machinebouwindustrie omdat juist hier naast materiaalbesparing ook materiaalsubstitutie een rol kan spelen: producten kunnen uit verschillende materialen worden samengesteld en elk van die materialen zal een ander milieuprofiel hebben. Dergelijke substitutie-effecten zijn niet of nauwelijks mogelijk op het gebied van basismateriaal-industrie. Dit versterkt het belang van basisproducten, of basismaterialen in de analyse.

3 Aggregatie van materiaalstromen en milieueffecten

Terwijl traditioneel de materiaalstromen worden opgeteld op basis van gewicht, blijkt uit een analyse van een tiental materiaalstromen in Nederland dat dit tot gevolg zou hebben dat het verbruik van zand volledig de ontwikkelingen in de dematerialisatie-indicator zou verklaren. In feite kan men dan volstaan met het monitoren van bulkstromen, zoals zand en grind, die vanuit milieuoogpunt wellicht niet altijd even relevant zijn.

Een alternatief kan worden gevonden door de verschillende materiaalstromen te wegen. Binnen dit project hebben we een eenvoudige statistische weging geprobeerd en een weging naar de effecten van het gebruik van materialen op de klimaatproblematiek, finaal afval en het ruimtegebruik. Daarbij is gekozen om de milieueffecten over de gehele keten mee te nemen, dus van wieg tot graf, omdat het gebruik van materialen ook significante milieueffecten heeft in andere landen, bijvoorbeeld bij de winning van het materiaal. Met behulp van LCA's kunnen dergelijke effecten worden gekwantificeerd.

De effecten van de materiaalstromen op de klimaatproblematiek bleken redelijk eenvoudig uit de LCA's te halen. Bij de effecten op finaal afval deden zich een aantal definitiekwesties voor rond het bepalen van het finale afval - bijvoorbeeld de vraag of mijnbouwafval finaal afval is of niet - die het eindre-

sultaat kunnen beïnvloeden. Een belangrijk issue is hier dat de omvang van het finale afval niet altijd bepalend is voor de milieu-impact. Mijnbouwafval dat wordt teruggestort in een mijn is bijvoorbeeld veel minder schadelijk dan toxisch afval en er is geen goede manier om beide soorten te vergelijken. Dergelijke kwaliteitsissues spelen een nog grotere rol bij het ruimtegebruik, dat meestal wordt uitgedrukt in m². Er is echter een groot verschil in kwaliteit tussen de verschillende soorten van ruimtegebruik. Zo is open mijnbouw veel nadeliger voor de ruimte dan een bos bestemd voor houtproductie. Er is geen goede manier om deze kwaliteitsverschillen tot uitdrukking te laten komen in een indicator.

Een mogelijk alternatief is om de diverse materiaalstromen statistisch met elkaar te wegen. Een eenvoudige methode die in dit project is gebruikt toonde aan dat deze indicator sterk gecorreleerd was met de indicator voor finaal afval en daarom wellicht een alternatief kan vormen voor een indicator waarbij de milieu-impacts worden bepaald.

4 Recycling en hergebruik

De beste manier om gerecyclede en hergebruikte materialen mee te nemen is om deze materiaalstromen te wegen met de milieudruk die benodigd is om deze materialen te recyclen. Daarmee kan een milieukundige afweging worden gemaakt of het zinvol is om het gebruik van een bepaald materiaal te verminderen, te vervangen door gerecyclede materialen of te vervangen door andere materialen. Dit zou pleiten voor een indicator die de materiaalstromen weegt met de milieueffecten.

Anderzijds liet de pilot-indicator zien dat het al dan niet meenemen van hergebruikte materialen weinig zegt over het verloop van de indicator omdat gedurende de jaren '90 de hergebruikspercentages over het algemeen redelijk constant bleven. Als het voornaamste doel van een dematerialisatie-indicator niet zozeer is om de totale materiaalstroom weer te geven, maar veeleer de *veranderingen* in die materiaalstroom, dan heeft hergebruik wellicht een relatief onbelangrijk aandeel in de dematerialisatie-indicator. Als het doel van de dematerialisatie-indicator echter het vergelijken *tussen* landen is, dan kan het zinvol zijn om hergebruik mee te nemen omdat de hergebruikspercentages tussen landen nogal verschillen.

7.3 Aanbevelingen

Naast het bepalen van een beleidskader waarbinnen dematerialisatie een rol zou kunnen spelen en het opzetten van pilot-indicatoren heeft het onderhavige project de volgende inzichten opgeleverd:

1 *De beste indicator(en)*

Op basis van deze studie komen we tot twee indicatoren die volgens ons het meest geschikt zijn om een zinvol dematerialisatiebeleid te kunnen meten:

- A Een indicator van de consumptie van basismaterialen waarbij hergebruik wordt gezien als een vorm van dematerialisatie en waarbij de diverse materiaalstromen worden gewogen middels een statistische techniek (*Indicator 2B, Figuur 17*).
- B Een indicator van de consumptie van basismaterialen waarbij zowel de primaire als secundaire materiaalstromen worden gewogen op basis van hun effecten op de uitstoot van broeikasgassen (*Indicator 4A, zie Figuur 21*).



Van de ca. 10 ontwikkelde pilot-indicatoren voldoen bovenstaande twee indicatoren het beste aan de eisen: beide indicatoren geven een voldoende compleet beeld van dematerialisatie, gemeten als verbeteringen in de efficiëntie waarmee materialen worden verbruikt in de economie waarvan positieve milieu-effecten kunnen worden verwacht. Deze indicatoren zullen in de toekomst moeten worden aangevuld met meer materialen. Daarnaast kan ook de bepaling van de milieueffecten worden verbeterd en kunnen verfijningen worden aangebracht in de statistische wegingstechniek, bijvoorbeeld met factoranalyse.

Welk van de twee indicatoren uiteindelijk zal worden gekozen hangt af van het accent dat de beleidsmaker in het dematerialisatiebeleid wil leggen. Indien het wenselijk wordt geacht de effecten van broeikasgassen bij materialenverbruik mee te wegen zal de tweede indicator worden gekozen. Indien dematerialisatiebeleid niet mede bedoeld is als invulling van klimaatbeleid ligt een keuze voor de eerste indicator voor de hand.

De aggregatie naar gewicht, gebruikelijk in veel studies, bleek uiteindelijk niet veel te zeggen over de milieu-impact van de materiaalstromen.

2 De Europese oriëntatie op de indicatoren DMI en TMR voor dematerialisatie zou met de inzichten uit deze studie ter discussie moeten worden gesteld

De indicatoren DMI (Direct Material Input) en TMR (Total Material Requirement) die in Europees verband een grote rol spelen (zie Mathews, 2000 en Moll *et al.*, 2002) zijn volgens ons een minder geschikte maatstaf voor dematerialisatiebeleid. Er zijn drie belangrijke problemen met deze indicatoren. Ten eerste: ze meten de *instroom* van materialen in de economie. Met een dergelijke indicator is het onmogelijk om iets zinnigs te zeggen over de efficiëntie waarmee materialen worden gebruikt, omdat de instroom van materialen nog niets zegt over het verbruik van materialen. Specifiek voor Nederland is dit ook van belang omdat de DMI en TMR in Nederland hoog zijn ten opzichte van het verbruik van materialen. De grote nadruk op basisindustrieën in de Nederlandse economie en onze positie als doorvoerland maakt dat we relatief veel fossiele brandstoffen en ertsen importeren, die we vervolgens exporteren in ruwe en bewerkte vorm, zoals nafta bestemd voor kunststoffen of metalen. De Direct Material Consumption, die in Moll *et al.* (2002) wordt bepaald is daarvoor wellicht beter geschikt, omdat deze indicator iets over het verbruik zegt⁴¹.

Ten tweede: de aggregatie vindt plaats naar *gewicht* en daarmee is de relatie met de milieubelasting door de materialen in kwestie zoek. In deze studie is aangetoond dat dit vooral resulteert in de dominantie van niet-milieurelevante materialen in de totale indicator.

Ten derde: de hoeveelheden fossiele brandstoffen spelen een belangrijke rol bij het totale verloop van de DMI en de TMR. Het lijkt ons beter om energiebeleid deze stromen te laten reguleren en ze buiten het materialenbeleid te houden.

⁴¹ Specifiek voor Nederland is dit ook van belang omdat de DMI in Nederland relatief hoog is ten opzichte van de DMC: de grote nadruk op basisindustrieën in de Nederlandse economie maakt dat we relatief veel fossiele brandstoffen en ertsen importeren, die we vervolgens exporteren als olie en metalen.

3 *De grote stijging in het materiaalverbruik is een aanwijzing dat dematerialisatiebeleid wenselijk is*

Een nevenconclusie van dit onderzoek is dat de tijdreeksanalyses met de pilot-indicatoren aanwijzingen geven dat er een reden kan bestaan om dematerialisatiebeleid te voeren. Alle onderzochte mogelijke varianten van indicatoren geven aan dat het materiaalverbruik in de Nederlandse economie fors is gestegen gedurende de jaren '90, soms zelfs meer dan de groei van het BBP. In onze schatting is het gebruik van de tien meest belangrijke materialen, van wieg tot graf, verantwoordelijk voor ongeveer 15% van de landelijke emissie van CO₂-equivalenten, dat is ongeveer twee maal zo hoog als de verwachte bijdrage die in het NMP4 staat vermeld. De groei in het materiaalverbruik laat zien dat deze bron thans onvoldoende wordt aangepakt middels beleid.

Daarnaast verwachtte het CPB in 1997, in de nota *Economie en fysieke omgeving*, dat er een fors dematerialisatie-effect zou optreden. Deze voorspellingen vormen de basis voor de toekomstvoorspellingen van de milieukwaliteit door het RIVM (*Nationale Milieuverkenningen*). Vooralsnog blijkt daar geen sprake van. Met name tussen 1996 en 2000 is het materiaalverbruik vaak harder gestegen dan de economische groei, afhankelijk van de gekozen indicator. Tussen 1990 en 2000 was de gemiddelde stijging van alle tien indicatoren tezamen 24% - de economische groei bedroeg in dat tijdvak 33%.

Indien een dematerialisatiebeleid wordt ontwikkeld, dan zal dat uiteraard in lijn van dit rapport een sophisticated dematerialisatiebeleid moeten zijn, geen 'bot' beleid gericht op kilogrammen. Gelet op de resultaten van deze studie lijkt dat ook mogelijk. Aanvullend onderzoek zal nodig zijn om de vertaalslag te maken van de hier ontwikkelde indicatoren naar transformatieratio's, of efficiencyratio's voor specifieke bedrijfstakken. Op basis daarvan zouden, bijvoorbeeld, richtlijnen voor het materiaalgebruik kunnen worden opgenomen in meerjarenafspraken (MJA's) en bedrijfsmilieuplannen.



Literatuurlijst

Over dematerialisatie en materiaalproductiviteit

Barnett, H.J., Ch. Morse, 1963. Scarcity and Growth: The Economics of Natural Resource Availability. 3rd reprint 1973, John Hopkins University Press, Baltimore.

Bergh, Jeroen CJM and Harmen Verbruggen (1999) Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the 'ecological footprint', *Ecological Economics* 29(1), pp. 63-74

Blonk, T.J. 2002. Productverkenningen vlees en gebouwen. Een deelrapportage in het kader van het SNM-project "Economy Light", dat zich richt op een drastische dematerialisatie van de consumptie. Uitgegeven door: Stichting Natuur en Milieu

Cleveland, C.J. and M. Ruth: Indicators of Dematerialization and the Materials Intensity of Use, *Journal of Industrial Ecology*, vol 2, nr 3, 1999

CPB, 1997. Economie en fysieke omgeving: beleidsopgaven en oplossingsrichtingen 1995-2020. Centraal Planbureau, Den Haag.

Daly, H.E., 1991. *Steady State Economics: Second Edition with New Essays*. Island Press, Washington DC.

de Bruyn, S.M. and J.B. Opschoor, 1997. Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations. *Ecological Economics*, 20: 255-268.

de Bruyn, S.M., 1998. Dematerialisation and rematerialisation: two sides of the same coin. In: P. Vellinga, F. Berkhout and J. Gupta (eds), 'Managing a Material World: Perspectives in Industrial Ecology', Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 147-164.

Georgescu-Roegen, N., 1971. *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press, Cambridge.

Hartwick, J.M., 1977. Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources. *American Economic Review*, 67: 972-974

Hertwich, E.G., 1997. Eco-Efficiency and its Role in Industrial Transformation. Institute for Environmental Studies (IVM)/International Human Dimensions Programme (IHDP), IHDP-IT no.4, Amsterdam.

Huele, R., R. Kleijn, L. van Oers, E. van der Voet. Ontkoppelingsindicator. Publikatiereeks Milieustrategie 1999/2, VROM

Huppes, G., H. Sas, E. de Haan, J. Kuyper. Efficiënte milieu-investeringen. *Milieu, tijdschrift voor milieukunde* 12 (3) 126-133, 1997

Jänicke M., H. Monch, T. Ranneberg and U.E. Simonis, 1989. Economic Structure and Environmental Impacts: East-West Comparisons. *The Environmentalist*, 9: 171-182.

Labys, W.C. and L.M. Wadell, 1989. Commodity lifecycles in US materials demand. *Resources Policy*, 15: 238-252.

Larson, E.D., M.H. Ross and R.H. Williams, 1986. Beyond the Era of Materials. *Scientific American*, 254: 34-41.

Lindeijer, E.W. et al, 1998. Biodiversity and life support indicators for land use impacts in LCA, IVAM ER, RWS. DWW Publication series raw materials nr. 1998/07, RWS DWW, Netherlands,

Malenbaum, W., 1978. World Demand for Raw Materials in 1985 and 2000. McGraw-Hill, New York.

Matthews, E., Amann, C., Bringezu, S., Fischer-Kowalski, M., Hüttler, W., Kleijn, R., Moriguchi, Y., Ottke, C., Rodenburg, E., Rogich, D., Schandl, H., Schütz, H., van der Voet, E., Weisz, H. (2000): *The Weight of Nations – Material Outflows of Industrial Economies*, Word Resources Institute: Washington.

Meadows, D.H., D.L. Meadows, J. Randers and W. Behrens, 1972. *The Limits to Growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. Earth Island, London.

Moll, S. Bringezu, S, Schutz, H. "Resource Use in European Countries: An estimate of materials and waste streams in the Community, including imports and exports using the instrument of material flow analysis, Project wp3c, cooperation with DG Environment, 2002.

Muילerman, H. en H.Blonk: *Towards a sustainable use of natural resources*. Stichting Natuur en Milieu, January 2001

Nilsson, L.J., 1993. Energy intensity trends in 31 industrial and developing countries 1950-1988. *Energy*, 18: 309-322.

Reijnders L. 1999. A normative strategy for sustainable resource choice and recycling. *Resources Conservation and Recycling* 28: 121-133.

Simon, J.L., 1981. *The Ultimate Resource*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

te Riele, Harry, Martijn van Elburg, René Kemna, *Dematerialisatie: - Minder helder dan het lijkt -Themaverkenning geschreven voor het Ministerie van VROM, STORRM C.S. Adviseurs & Architecten, Den Haag en Van Holsteijn en Kemna, Research, Design & Engineering, Delft, 2000.*

Tilton, J.E., 1986. Atrophy in Metal Demand. *Materials and Society*, 10: 241-243

von Weizsäcker E.U. and F. Schmidt-Bleek, 1994. Signs of hope for the 21st century?, In: *Dutch Committee for Long-Term Environmental Policy, The Environment: Towards a Sustainable Future*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 21-45.

von Weizsäcker E.U., A.B. Lovins and L.H. Lovins, 1997. *Factor Four: Doubling wealth, halving resource use*. Earthscan, London.



Williams, R.H., E.D. Larson and M.H. Ross, 1987. Materials, Affluence and Industrial Energy Use. Annual Review Energy, 12: 99-144.

Methoden voor het bepalen van een indicator

Elzenga e.a., *Het ruimtebeslag van Nederlanders, 1995-2030*, RIVM, Bilthoven, 2000

Lindeijer e.a. *Improving and Testing a land use methodology for LCA*, RWS DWW, Delft, 2002

Harjono e.a. *Nederlands ruimtebeslag in het buitenland*, DSP VROM, Den Haag, 1996

Wackernagel, M and W. Rees *Our Ecological Footprint*, New Society Publishers, Philadelphia, 1996

Lindeijer e.a., *Biodiversity and life support indicators for land use impacts in LCA*, RWS DWW V&W, 1998

Ros e.a., *Voetafdrukken van Nederlanders*, RIVM, Bilthoven, 2000

Materiaalstromen

Centraal Bureau voor Statistiek, www.cbs.nl, telefonisch via infoservice, de heer Derks (handelscijfers Chloor)

International Trade & Commodity Statistics: import/export Wereld, database 2000 (CD ROM)

International Energy Agency, Oil, gas, coal and electricity, Quarterly statistics 2001 (naphta supply)

CE, "More Copper in electricity cables; an environmental analysis", Maart 2002 in opdracht van Copper Benelux

[ECN 1996] Gielen D.J., Vos D. en Dril A.W.N. van. The petrochemical industry and its energy use; Prospects for the Dutch energy intensive industry; ECN, April 1996.

[VNCI] Uit: Brochure Feiten over chloor – de economie van chloor, VNCI

VNP Jaarverslag 2000

SOD II: 2^e Structuurschema Oppervlakte Delfstoffen, Landelijk beleid voor de bouwgrondstoffen voorziening- Ontwerp PKB deel 1 beleidsvoornemen

U.S. Commodity Statistics and information, Statistics and information on the worldwide supply, demand, and flow of minerals and materials essential to the U.S. economy, the national security, and protection of the environment. U.S. Departement of Interior, U.S Geological Survey Minerals Information, 988 National Center Reston, VA 20192 USA

Annual Bulletin of Housing and Building Statistics for Europe and North America 2000 (bevat geen informatie over Nederlands cement)

Milieu

Environmental Profile report van de European Aluminium Association (2000)

Boustead: ecoprofile of plastic and related intermediates, APME 1999.

Buwal 250 SRU 1996: Ökoinventare für Verpackungen

Association of Plastics Manufacturers Europe (APME), I. Beustead, Eco-profiles of plastics and related intermediates (opvraagbaar via www.apme.org)

Environmental Profile Report for the European Aluminium Industry, European Aluminium Association (EAA), april 2000

De International Iron and Steel Institute (IISI)

SPIN document Chlorine, 1993

Voor literatuur verwijzing sojabonen verwijzen wij naar de IVAM database (o.a. Maanders&Maanders 1992).

Telefonische informatie en contacten

Overheid en onderzoeksinstituten

- Rijkswaterstaat, DWW (Joris Broers, 015-2518203)
- DLO-LEI

Brancheorganisaties:

- VNMI Vereniging Nederlandse Metaal Industrie (dhr. Clemens Nota)
- EAA European Aluminium Association (Bas Lambrechtsen)
- Stichting Aluminium Centrum (Niels Ruyter)
- VNCI Vereniging Nederlandse Chemische Industrie (dhr. Bouwma 070-3378741)
- Eurochor (Griet Provoost 00 32 2 26767252): Europese brancheorganisatie van chloorproducenten
- Staatsbosbeheer
- Stichting Bos en Hout
- AVIH Algemene Vereniging Inlands Hout
- VNP Vereniging Nederlandse Papierfabricanten
- CEPI Confederation of European Paper Industries
- VNC Vereniging Nederlandse Cementindustrie
- IISI International Iron and Steel Institute

Industrie:

- Akzo Nobel (dhr. Scheffer)
- Corus (Rob Versfeld)
- Nedstaal (dhr. Lokerse)
- ENCI (W. Van Hinthum)
- Shell Europe Oil Products (dhr. Raineri 0104317427)



CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Minder meten, meer weten!

De toepassing van indicatoren voor de-
materialisatiebeleid

Bijlagen

Rapport

Delft, februari 2003

Opgesteld door: Sander de Bruyn
Jan Vroonhof
Berend Potjer
Anne Schwenck





A Gegevens materialen

In deze bijlage zijn de resultaten van de zoektocht naar belangrijke basisgegevens over tien grote materiaalstromen in Nederland opgenomen. Dit betreft zowel gegevens over hoeveelheden, als wel over de milieudruk. Deze dienen als input voor een rekenexercitie waarbij verschillende typen indicatoren getoetst worden.

De tien geselecteerde materiaalstromen zijn:

- 1 Nafta.
- 2 Staal.
- 3 Aluminium.
- 4 Koper.
- 5 Hout.
- 6 Papier/Karton.
- 7 Cement.
- 8 Zand.
- 9 Chloor.
- 10 Soja.

Deze zullen achtereenvolgens worden behandeld. Voor de bijbehorende grafieken verwijzen we naar hoofdstuk 4.

Met nadruk wordt er op gewezen dat de data voor ruimtegebruik wetenschappelijk zeer onbetrouwbaar zijn. De dataset van IVAM is echter de enige dataset die voor alle materialen een cijfer geeft.

A.1 Nafta

Nafta is een productfractie van aardolie. Het wordt in naftakrakers afgebroken tot basischemicaliën als propyleen en ethyleen, waarvan vervolgens kunststoffen, oplosmiddelen en andere chemicaliën gemaakt worden.

In Nederland staan 5 steamcrackers, 2 bij DOW Terneuzen, 2 bij DSM Geleen en één bij Shell Moerdijk. De totale capaciteit bedraagt 2761 kton ethylene per jaar [ECN 96]. Daarnaast staan er 4 catalytische krakers: Exxon - Rotterdam Botlek, BP -Rotterdam Europoort, Shell -Pernis en Total - Vliisingen.

A.1.1 Hoeveelheden 1990-heden

De data van nafta zijn verkregen van de International Energy Agency (Quarterly Statistics, 4th Quarter 2001)⁴². Opgemerkt wordt hier dat de productie is afgeleid uit de opgave van de apparent consumption. Hergebruik van nafta is niet van toepassing.

Het CBS beschikt niet over gegevens over nafta.

Opvallend is dat de import en exportstromen qua orde grootte overeenkomen. Mogelijk gaat het hier om vooral om doorvoer.

⁴² Via Shell, de heer Raineiri.

A.1.2 Milieukentallen

Milieubelasting treedt op bij de productie van nafta en bij de eindverwerking van afval van uit nafta afgeleide producten.

De milieukentallen voor de productie van nafta zijn ontleend aan Boustead: ecoprofile of plastic and related intermediates, APME 1999. De data voor ruimtegebruik zijn overgenomen uit de IVAM database.

De milieubelasting aan het eind van de levensduur wordt voor vrijwel alle uit nafta afgeleide producten (m.n. kunststoffen en oplosmiddelen) veroorzaakt door de CO₂-(verbrandings)emissies in de afvalverbrandingsinstallatie. Er wordt vrijwel niets gestort, zodat er geen finaal afval ontstaat. Ook na verbranding ontstaat geen finaal afval. De CO₂-emissie aan het einde van de levensduur is ongeveer een factor 10 hoger dan bij de productie van nafta ontstaat.

Tabel 8 Milieukentallen nafta

	CO ₂ gram/kg nafta	Finaal afval gr/kg nafta	Ruimtegebruik
Primair nafta productie	310	3	
Afvalverbranding	3120	0	
Totaal	3427	3	1,26 m ² .jr/ton

A.2 Staal

In Nederland wordt staal geproduceerd bij Corus in IJmuiden en bij Nedstaal in Alblasserdam. In 2000 is totaal 5500 miljoen kilogram staal geproduceerd.

A.2.1 Hoeveelheden 1990-heden

De hier gehanteerde productiecijfers zijn aangeleverd door Nedstaal⁴³ en Corus⁴⁴. Corus produceert verreweg het meeste staal (97%).

Het CBS beschikt over openbare productiegegevens tot en met het jaar 1995. Vanaf 1996 worden de gegevens vertrouwelijk behandeld door CBS vanwege het geringe aantal staalbedrijven. De CBS cijfers wijken circa 1-9% af van de opgave van Nedstaal en Corus. Het is onduidelijk waardoor dit veroorzaakt wordt.

De gegevens over de import- en exportstromen zijn ontleend aan ITCS (International Trade & Commodity Statistics: import/export Wereld). Halffabrikaten zoals blokken (bars), platen en buizen zijn meegerekend. Van 2001 zijn geen gegevens bekend. Aangenomen is dat de stromen gelijk zijn aan 2000.

Wat hergebruik van staal (of schroot) betreft geldt het volgende:

In Nederland wordt ongeveer 80-95% van het staal na gebruik teruggewonnen en hergebruikt. Dit betreft staal uit consumentengoederen als auto's, witgoed e.d. Ongeveer ca. 20% wordt hergebruikt voor de Nederlandse productie; Nedstaal verwerkt uitsluitend schroot ofwel secundair staal en Corus verwerkt circa 19% schrot. Daarnaast wordt een groot deel geëxporteerd

⁴³ Nedstaal, dhr. Lookt.

⁴⁴ Corus, Rob Versfeld.



naar het buitenland. Er wordt tevens schroot geïmporteerd uit het buitenland.

De productie en apparent consumption van ruw staal vertonen een stijgende tendens. Fluctuaties in de binnenlandse vraag worden opgevangen door een afname van de export.

A.2.2 Milieukentallen

De milieukentallen van de staalproductie zijn overgenomen uit Simapro met Buwal 250 (1996) als achterliggende bron. Dit betreft productiegegevens voor West Europa van ECCS staal met een inzet van resp. 0% en 100% schroot. De data zijn verouderd, namelijk uit 1990-1994. Nedstaal heeft een inzet van 100% schroot en Corus van 20%. Gezien het hoge aandeel van Corus op de totale productie (95-98%) gaan we uit van een gemiddelde schrootinzet van 20%.

Een actuelere en betrouwbare dataset is verkrijgbaar via de International Iron and Steel Institute (IISI). Deze dataset is te laat ontvangen om nog mee te kunnen nemen in deze verkennende studie.

Het finaal afval is exclusief mijnbouwafval.

Tabel 9 Milieukentallen staal (SimaPro/Buwal)

	CO ₂ gram/kg staal	Finaal afval gr/kg staal	Ruimtegebruik (IVAM)
Staal met 0% schroot	3070	86	
Staal met 100% schroot	1180	10	
Gemiddeld (20% schroot inzet)	2690	71	5,54 m ² .jr/ton

A.3 Aluminium

Aluminium wordt in toenemende mate toegepast in de bouw, transport- en verpakkingindustrie.

Nederland heeft een tweetal primaire aluminiumproducenten binnen haar grenzen, te weten: Corus⁴⁵ in Delfzijl en Pechiney in Vlissingen met een gezamenlijke capaciteit van 233 kton in 1997. Op deze locaties wordt vrijwel uitsluitend primair aluminium geproduceerd, dat is aluminium gemaakt uit ertsen. Daarnaast zijn er in Nederland een aantal smelterijen waar primair en secundair aluminium wordt verwerkt tot nieuwe (half) fabrieken

De aluminium markt is bij uitstek een wereldmarkt. Dit geldt in het bijzonder voor primair aluminium dat uit ertsen gemaakt wordt en waar veel energie voor nodig is. De productiebedrijven zijn gevestigd op locaties waar de energieprijzen laag is (bijvoorbeeld bij waterkrachtcentrales). Pechiney gebruikte tot voor kort de relatief goedkope uit kernenergie opgewekte elektriciteit. Daarbij geldt dat de transportkosten in verhouding laag zijn, waardoor primair aluminium over de hele wereld verscheept wordt. Dit is afhankelijk van prijsfluctuaties op de markt en kan van jaar tot jaar verschillen. De exacte herkomst van aluminium in Nederlandse consumptiegoederen blijkt daardoor moeilijk te traceren.

⁴⁵ Komt binnenkort in andere handen.

Aluminium is in theorie vrijwel onbeperkt recyclebaar met behoud van kwaliteit. In Nederland wordt 72% van het aluminium na consumptie teruggewonnen en gerecycled; 94% in de bouw en transportsector en 30% in de verpakkingsector. Aluminium schroot is geld waard hetgeen de inzameling stimuleert. Productie van aluminium uit secundair (gerecycled) materiaal vindt in het algemeen plaats in de regio waar het beschikbaar komt. Ook hier zijn grotere transportafstanden geen uitzondering.

A.3.1 Hoeveelheden 1990-heden

De productiecijfers voor ruw primair aluminium zijn overgenomen uit de US Government Commodity Statistics and Information. De primaire productie in Nederland varieert maar weinig aangezien de capaciteit van de twee primaire producenten redelijk constant wordt benut.

Andere geraadpleegde bronnen zijn het CBS en diverse brancheorganisaties. CBS dat beschikt over een historische productiecijferreeks tot 1996 van primair aluminium. De productiecijfers vanaf 1996 zijn echter vertrouwelijk en waarschijnlijk niet compleet.

De Vereniging Nederlandse Metallurgische Industrie (VNMI)⁴⁶ heeft tot 1998 cijfers bijgehouden, maar is daar mee gestopt omdat de belangrijkste producent geen cijfers meer wilde aanleveren. Gedeeltelijk was hun administratie op CBS cijfers gebaseerd. De European Aluminium Association beschikt over de data van de VNMI.

Van de productie van secundair aluminium zijn geen gegevens beschikbaar. Exacte cijfers blijken in de praktijk heel moeilijk te achterhalen⁴⁷.

Het blijkt moeilijk te achterhalen hoeveel *secundair* aluminium in de Nederlandse productie wordt ingezet. Bij de primaire productie die in Nederland plaatsvindt is dit aandeel klein (<10%). Echter een onbekend aandeel van het aluminium wordt in secundaire smelters geproduceerd. We gaan hier in eerste instantie uit van een inschatting van de aluminiumindustrie voor de producten op wereldschaal: een gemiddelde inzet van 70% primair en 30% secundair recycled aluminium in producten. In hoeverre dat ook voor Nederland geldt is niet te achterhalen binnen de beperkingen van dit project.

De import en export cijfers van aluminium (half)fabrikaten tot en met 2000 zijn ontleend aan ITCS database: import/export Wereld, inclusief halffabrikaten. Voor 2001 zijn geen cijfers bekend. Het aandeel van secundair aluminium in deze stromen is eveneens onbekend. We nemen ook hier aan dat dit aandeel 30% is.

In de grafiek zijn uitsluitend productiegegevens voor *primair* aluminium opgenomen. De handelsstromen omvatten aluminium(half)fabrikaten.

Onduidelijk is waarom de cijfers van 1990 een duidelijke afwijking vertonen van het consistente stijgende beeld vanaf 1991. Opvallend zijn de enorme fluctuaties van de handelsstromen, hoofdzakelijk een gevolg van fluctuaties in de wereldmarkt. Het betreft het voornamelijk doorvoer via de haven Rotterdam.

⁴⁶ De heer Clemens Nota (VNMI).

⁴⁷ In 1998 is in opdracht het Ministerie van Economische Zaken door McKinsey een inventarisatie uitgevoerd. Op dit moment beschikken wij nog niet over dit rapport. Volgens de VNMI verschaftte dit rapport niet voldoende inzicht in de situatie.



A.3.2 Milieukentallen

In de praktijk bestaan aluminium producten voor een deel uit recycled en een deel uit primair aluminium. Voor de toerekening van milieudruk is de verhouding uiterst relevant gezien het grote verschil in energiebehoefte tussen primair en secundair materiaal (zie tabel). Zoals gezegd, we gaan in eerste instantie uit van een verhouding 70% (primair): 30% (secundair recycled).

De milieugehalten zijn overgenomen uit de Environmental Profile report van de European Aluminium Association (2000). Om de drie, vier jaar worden deze cijfers geactualiseerd. Behalve CO₂ dragen ook emissies van perchloorfluorkoolwaterstoffen (PCF) en N₂O (lachgas) bij aan klimaatverandering. Deze emissies zijn uitgedrukt in CO₂ equivalenten en bij de CO₂ emissie opgeteld⁴⁸.

Voor secundair aluminium is de verwerking van het aluminium afval en het hersmelten mee gerekend.

Tabel 10 Milieukentallen aluminium

	Klimaat (gr CO ₂ -eq/kg)	Finaal afval (gr/kg)	Ruimtegebruik (IVAM)
Primair aluminium	12.833	1.403	
Secundair aluminium	791	5	
Gemiddeld 30% secundair	9.220	983	1,26 m ² .jr/ton

A.4 Koper

Koperproducten worden toegepast in de woningbouw (elektrische bedrading en waterleiding), grondkabels en allerlei huishoudelijke apparaten.

Koper wordt niet in Nederland geproduceerd, maar uitsluitend geïmporteerd. Halffabrikaten worden vooral vanuit België en Duitsland geïmporteerd. Halffabrikaten zijn bijvoorbeeld: wire (voor de productie van elektriciteitsdraden), buizen, blokken en profielen. Alle koperschroot dat in Nederland vrijkomt, wordt geëxporteerd.

A.4.1 Hoeveelheden 1990-heden

Er is geen primaire productie van koper in Nederland. De import en exportcijfers zijn ontleend aan ITCS database: import/export Wereld, inclusief halffabrikaten. Voor 2001 zijn geen cijfers bekend.

Het is niet bekend hoeveel secundair koper uit recycled koper geproduceerd wordt. We gaan ervan uit dat dit naar verhouding weinig is. De gemiddelde inzet van secundair koper in koperen producten is ongeveer 30%. Deze productie vindt plaats in het buitenland.

⁴⁸ Bij de productie van 1 ton aluminium komt 10.634 kg CO₂ vrij, 0,0032 kg N₂O (310 maal CO₂) en 0,28 kg PCF (7.850 maal CO₂). PCF draagt dus belangrijk bij aan het broeikaseffect. De omrekenwaarden zijn de Global Warming Potentials zoals beschikbaar gesteld door de IPCC.

De consumptie is vanaf 1997 sterk toegenomen. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan een toename van de woningbouw (koperen bedrading en waterleidingen).

A.4.2 Milieukentallen

In de tabel zijn de milieukentallen opgenomen.

De milieudruk die aan een in Nederland geconsumeerd koperproduct moet worden toegekend is afhankelijk van de inzet aan secundair koper. We weten niet hoeveel secundair koper in Nederland omgesmolten wordt. Gemiddeld is 50% van het koper in producten secundair.

De hoeveelheid finaal afval dat bij het hersmelten van koperafval (recyclen) optreedt, is niet bekend uit de literatuur. We gaan er hier van uit dat dit vergelijkbaar is met aluminium⁴⁹.

Tabel 11 Milieukentallen koper in gram per kg koper

	Klimaat	Finaal afval	Ruimtegebruik (IVAM)
Primair koper	3.258	1.022	1,26 m ² .jr/ton
Secundair koper	712	5	

De CO₂-emissie is ontleend aan de door CE verrichte studie voor Copper Benelux "More Copper in electricity cables; an environmental analysis", Maart 2002. De hoeveelheid afval voor de primaire productie is ontleend aan de SimaPro database.

A.5 Hout

Nederland heeft circa 340.000 hectare bos. Dat is gelijk aan 10% van het landoppervlakte wat relatief weinig is vergeleken met de Europese Unie die een bosareaal heeft van 36% van het landoppervlakte. In het Nederlandse bos staat een houtvoorraad van ruim 52 miljoen m³. Een gedeelte hiervan wordt geoogst en gebruikt in de houtindustrie.

De Nederlandse houtindustrie bestaat uit twee groepen bedrijven: de stamhoutverwerkende bedrijven en de bedrijven die bewerkt hout gebruiken. De Nederlandse stamhoutverwerkende industrie bestaat uit een groot aantal zagerijen, houtverduurzamingsbedrijven en verschillende producenten van palen.

Slechts een klein deel van de houtverwerkende bedrijven in Nederland is ingesteld op hout uit Nederlands bos. De meeste bedrijven gebruiken geïmporteerd hout. De handel in bewerkt hout is daardoor het grootst. Het Nederlandse hout wordt merendeels geëxporteerd naar de Belgische platenindustrie.

⁴⁹ Finaal afval zal voornamelijk uit verbrandingsassen van de brandstof bestaan.

A.5.1 Hoeveelheden 1990-heden

Gegevens over de houtproductie in Nederland zijn verkregen van Algemene Vereniging Inlands Hout⁵⁰. De import en exportcijfers van hout zijn ontleend aan ITCS database: import/export Wereld, inclusief halffabrikaten.

De belangrijkste houtproducten die we hier beschouwen zijn: onbewerkt of eenvoudig bewerkte rondhoutproducten zoals treinbielzen, producten van fineer, palen en platen. Hout dat als brandstof wordt ingezet is hier niet meegenomen. Ook hout dat in de vorm van pulp naar de papierindustrie gaat is niet meegerekend, omdat dit al in de materiaalstroom papier is verdisconteerd. Houtpulp van Nederlandse hout wordt in Nederland vrijwel niet geproduceerd.

Meer dan driekwart van de totale Nederlandse import van hout en houtproducten is afkomstig uit de EU, met name uit Zweden en Finland. Noord Amerika volgt op de tweede plaats met 20%. Een klein deel komt uit tropische landen. Een deel van het geïmporteerde hout wordt, meestal na verwerking tot half- of eindfabrikaat, weer uitgevoerd. De export gaat grotendeels naar de ons omringende landen: België, Luxemburg, Duitsland, Frankrijk, Groot Brittannië en Denemarken. Ook het Nederlandse productiehout wordt grotendeels geëxporteerd.

In 1996 is een toename zichtbaar van de import. Dit betreft een stijging van eenvoudig bewerkte rondhout (treinbielzen). Het is niet duidelijk of dit een feitelijk toename betreft of dat dit het gevolg is van een wijziging in het statistische registratiesysteem; vanaf 1996 zijn de handelscijfers voor deze categorieën opgegeven in volume-eenheden in plaats van tonnage⁵¹.

Mogelijk is de feitelijke stijging in een grote mate te verklaren door het inzetten van het 'just in time delivery-systeem' van hout uit Scandinavië. Bovendien is sinds 1995-1996 een zeer groot aanbod aan hout uit Estland/Litouwen/Letland beschikbaar gekomen. Dit vult sinds 1996 de stijgende vraag naar hout in Nederland (met name voor de categorie "Wood simply worked, and railway sleepers of wood").

A.5.2 Milieukentallen

De CO₂-emissie en finaal afval die bij de houtproductie ontstaan zijn klein. Er ontstaan CO₂-emissies bij het transport in de bossen en een geringe N₂O en methaan emissie in de bossen (als gevolg van rottingsprocessen). Het belangrijkste milieueffect is landgebruik.

Tabel 12 Milieukentallen hout in gram per kg

	CO ₂	Finaal afval	Ruimtegebruik (IVAM)
Houtproductie	170	0	5,54 – 6.170 m ² .jr/ton

⁵⁰ Algemene Vereniging Inlands Hout, dhr. Boon.

⁵¹ We hebben voor de omrekening gebruik gemaakt van een factor 0,7 ton per m³ rondhout (de standaard conversiefactoren van de houtbranche liggen tussen de 0,7 en 0,8 ton per m³ rondhout).

A.6 Papier en karton

Papier komt in vele soorten op de markt. De belangrijkste drie hoofdcategorieën die we hier onderscheiden zijn:

- 1 Grafisch papier (70% krantenpapier, ca. 30% druk- en schrijfpapier).
- 2 Papier voor verpakkingen (100% oudpapier).
- 3 Sanitair papier (100% oudpapier).

Een van de belangrijkste grondstoffen voor de papierindustrie is oud papier. Het papier voor verpakkingen bestaat voor vrijwel 100% uit oud papier, evenals papier voor sanitaire doeleinden. Wat betreft grafisch papier geldt dat krantenpapier uit ongeveer 90% oudpapier bestaat, maar schrijf-, druk- en printerpapier daarentegen slechts 30-40% oud papier⁵².

Hergebruik is dan ook bepalend voor deze materiaalstroom. Daarnaast gebruikt men ook nieuwe vezels afkomstig van hout (pulp). Houtpulp wordt vrijwel uitsluitend geïmporteerd uit Finland, Zweden en Duitsland.

In Nederland zijn 17 papierbedrijven en 27 fabrieken met een totale capaciteit van 3533 kton⁵³.

A.6.1 Hoeveelheden 1990-heden

De productie-, import- en exportcijfers van papier zijn ontleend aan de FAO database (Food & Agricultural Organisation van de UN). De aldus berekende apparent consumption is vergeleken met opgave van de Nederlandse en Europese brancheverenigingen (VNP en CEPI). De FAO waarden liggen tussen de Nederlandse en Europese branchewaarden in.

Het hergebruik van oud papier is in de productie, import en export verdisconteerd.

Er is een grote stijging zichtbaar van de papierconsumptie vanaf 1998. Dit betreft voornamelijk grafisch papier. In 1990 vormt grafisch papier 13% van de totale papierconsumptie, in 2001 is dat opgelopen tot ruim 50%. De grootste stijging van grafisch papier treedt op in 1998, een *vernegenvoudiging* ten opzichte van 1990. De stijging in 1998 valt samen met de uitbreiding van de productiecapaciteit voor grafisch papier bij Parenco. De hoeveelheid verpakkingspapier is met 34% toegenomen sinds 1990. De apparent consumption sanitair papier is licht afgenomen met een aandeel van 13% in 1990 en 4% in 2001. De productie van sanitair papier in Nederland is vanaf 1998 sterk afgenomen.

A.6.2 Milieukentallen

De milieukentallen van papier zijn ontleend aan Buwal. De milieukentallen worden gegeven voor de drie genoemde verschillende papiersoorten. Opvallend is dat de omvang van de CO₂-emissies niet direct met de inzet van oud papier gerelateerd is. Grafisch papier heeft een relatief lage inzet van oud papier en een relatief lage CO₂-emissie ten opzichte van verpakkingspapier. Ogenscheinlijk vragen processen als ontinkten, persen e.d. van karton veel energie (en hoge CO₂-emissies). De finaal afval hoeveelheid is daarentegen voor grafisch papier veel hoger dan voor verpakkingspapier.

⁵² Informatie VNP.

⁵³ VNP Jaarverslag 2000.

Het gemiddelde is bepaald aan de hand van de verhoudingen tussen de papiersoorten. Omdat deze verhouding de afgelopen 10 jaar gewijzigd is varieert daarmee ook de gemiddelde milieudruk. Zo is als gevolg van de relatieve toename van de hoeveelheid grafisch papier de CO₂-emissie met 10% *afgenomen*, maar de hoeveelheid finaal afval met bijna een factor 3,5 toegenomen.

We gebruiken als rekeneenheid het gemiddelde over de afgelopen 10 jaar. We merken daarbij op dat met name voor finaal afval een onderschatting betekent voor de huidige milieudruk.

Tabel 13 Milieukentallen in gram per kg

	CO ₂	Finaal afval	Ruimtegebruik (IVAM)
Grafisch papier (40-95% oudpapier)	417	147	
Druk- en schrijfpapier (0% oudpapier)	464	205	
Verpakkingspapier karton (100% oudpapier)	615	1,3	
Sanitair papier (100% oudpapier)	367	0,064	
Gemiddeld (over papiersoorten en 10 jaar)	539	45	5,54 m ² .jr/ton

A.7 Cement

Cement wordt in Nederland in drie grote cementfabrieken geproduceerd allen deel van de ENCI groep; in Maastricht, IJmuiden en Rozenburg.

Voor de cementproductie wordt mergel gebruikt, een zachte kalksteenvariant, dat in de fabriek in Maastricht verwerkt wordt tot het halffabrikaat portlandcementklinker. Hiermee wordt vervolgens drie basissoorten cement gefabriceerd: portlandcement, portlandvliegascement deels uit poederkoolvliegafkomstig van elektriciteitscentrales en Hoogovencement deels uit Hoogovenslakken⁵⁴. De verhouding tussen deze soorten is ca. 65% hoogovencement, 10% portlandvliegascement en 25% portlandcement.

A.7.1 Hoeveelheden 1990-heden

Gegevens over de productie zijn verkregen van de enige producent in Nederland, de ENCI⁵⁵.

Andere geraadpleegde bronnen zijn: het CBS en Annual Bulletin of Housing and Building Statistics for Europe and North America 2000. Deze laatste bron bevat geen informatie over Nederlands cement. CBS beschikt over een cijferreeks tot 1994. Vanaf die tijd zijn de productiecijfers vertrouwelijk en niet via CBS verkrijgbaar. De data tot 1994 wijkt overigens zo'n 1-10% af van de opgave van ENCI.

Import en export cijfers (van en naar de Wereld) zijn verkregen uit de ITCS database. Dit betreft alleen Portlandcement.

Hergebruik van cement is niet relevant.

⁵⁴ Portlandcement: 100% klinker; hoogovencement: 25-50% klinker; portlandvliegaf 70% klinker.

⁵⁵ ENCI, W. van Hinthum.

A.7.2 Milieukentallen

De milieukentallen voor portland- en hoogovencement zijn overgenomen uit de IVAM database met als achterliggende bron: de DIK LCA database (1998). De cement gegevens zijn gebaseerd op data uit 1995 aangeleverd door de Vereniging Nederlandse Cementindustrie (VNC). Er zijn milieukentallen beschikbaar voor portlandvliegascement.

CO₂-emissies

CO₂ komt vrij als gevolg van het energiegebruik (uit de verbrandingsgassen) en als gevolg van decarbonatie bij de portlandklinkerproductie⁵⁶. Het energiegebruik dat nodig is om een ton cement te fabriceren wordt daarmee sterk bepaald door het portlandcementklinkergehalte en is dus afhankelijk van het type cement. Portlandcement is voor 100% uit portlandcementklinker gemaakt en heeft daarmee het hoogste energiegebruik (ca. 3,6 GJ/ ton, exclusief conversie- en distributieverliezen), portlandvliegascement en hoogovencement hebben een lagere energiebehoefte.

De energie is nodig voor de klinkeroven (vnl. gevoed door leesteen cokes en bruinkool) en de maalinrichting (gevoed door elektriciteit).

Finaal Afval

De afvalstromen worden hergebruikt en zijn dus geen finaal te storten afval. Dit geldt voor vuursteen/ silex dat wordt teruggestort in de mergelgroeves, voor vuurvaste steen dat intern wordt hergebruikt en voor slakijzer dat voor wegfunderingen wordt gebruikt.

Landgebruik

De winning van mergel in Mergelgroeves (St. Pietersberg) leidt tot aantasting van het landschap ofwel landgebruik. Cijfers van L.C.C.O.⁵⁷ geven een getal van 24 m² per kilogram mergel. Toerekening aan de cementsoorten wordt vastgesteld op basis van het klinkergehalte (en mergelgehalte⁵⁸). Hoewel deze data betrouwbaarder zijn dan de data van IVAM over ruimtegebruik, worden in verband met de consistentie ten opzichte van de andere materialen de data uit de IVAM database gebruikt.

Tabel 14 Milieukentallen cement in gram per kg (Beton milieudatabase VNC, juni 1998)

	CO ₂	Finaal afval	Ruimtegebruik (IVAM)
Hoogovencement (23% klinker)	292	0,0046	
Portlandcement (94% klinker)	909	0,0063	
Mix 25% portlandcement	446	0,00502	5,54 m ² .jr/ton

A.8 Zand

In Nederland worden verschillende typen zand gewonnen. De belangrijkste twee zijn beton- en metselzand (26%) (voor beton en mortel, maar ook zand dat aan dezelfde kwaliteitseisen voldoet) en ophoogzand (74%) (ophoog-

⁵⁶ Er komt CO₂ vrij bij het verwerken van de mergel tot portlandcementklinker. Dit is qua omvang vergelijkbaar met de CO₂ emissie als gevolg van het energiegebruik.

⁵⁷ Landelijke Coördinatie Commissie Oppervlaktedelfstoffen. Gegevens ontvangen van Joris Broers, DWW Rijkswaterstaat.

⁵⁸ Uitgaande van 1,645 kg mergel per kg klinker (IVAM/ DIK VNC database).

materiaal in de bouw, wegen e.d.) Daarnaast worden kleine hoeveelheden kalkzandsteenzand en zilverzand gewonnen.

Ophoogzand wordt voor 50% op landlocaties gewonnen en daarnaast in het IJsselmeergebied (19%) en de Noordzee, Westerschelde en het Waddengebied (6%). Een kwart (26%) komt bovendien vrij bij het uitdiepen van onderhoud aan vaargeulen (secundaire winning).

Betonzandwinning vindt voor ca. 62% plaats op grootschalige centrale winplaatsen in het rivierengebied in de uiterwaarden c.q. het winterbed of in dichtbij de rivier gelegen grote binnendijkse locaties. Ca. 33% wordt gewonnen uit regionale winplaatsen in het Zuiden en Oosten van Nederland. Een klein gedeelte (5%) komt vrij als bijproduct bij ophoogzandwinning⁵⁹. Er vindt geen winning van betonzand in de Noordzee of het IJsselmeergebied plaats.

In toenemende mate worden secundaire grondstoffen, zoals gereinigde gronden of puingranulaat uit bouw- en sloofafval ingezet als vervanging van ophoogzand. In 1999 betrof dit ca 20% van het gebruik. Een indirect effect van inzet van secundaire grondstoffen is dat er relatief minder zand nodig is waardoor minder primair zand nodig is.

Beton en metselzand wordt slechts in geringe mate vervangen door secundaire grondstoffen.

A.8.1 Hoeveelheden 1990-heden

De belangrijkste informatiebron is het SOD II (2^e Structuurschema Oppervlakte Delfstoffen, Landelijk beleid voor de bouwgrondstoffen voorziening. Ontwerp PKB deel 1 beleidsvoornemen). De hierin opgenomen data zijn afkomstig van de volgende achterliggende bronnen:

- Werkgroep Inventarisatie gegevens (WIG) van de L.C.C.O (Winning betonzand en ophoogzand);
- Rijkswaterstaat⁶⁰ (Import en export betonzand, Secundair⁶¹) met de Rapportage Stand van het Zand.

Navraag bij Rijkswaterstaat leert dat de cijfers uit het SODII inmiddels bijgesteld zijn. Hier zijn we uitgegaan van de meest actuele dataset aangeleverd door Rijkswaterstaat. De gegevens van 2001 zijn nog niet beschikbaar.

Opmerkingen:

- het CBS levert cijfers over zand van 1987-1995. Deze wijken af van de cijfers van Rijkswaterstaat en het SOD⁶². Dit is een gevolg van verschillen in de inzamel- en registratiewijze;
- de hoeveelheden ophoogzand worden voor statistische doeleinden geregistreerd in volumehoeveelheden (m³). Voor de omrekening hanteert het SOD II de waarde 1.450 kilogram per m³⁶³. Wij sluiten ons daarbij aan;

⁵⁹ Inventarisatie voor de Nota Ophoogzand. W-DWW-97-053, 1997 (Joris Broers).

⁶⁰ Joris Broers, Rijkswaterstaat, DWW (015-2518203).

⁶¹ 'Evaluatie en actualisatie kwantitatieve inventarisatie gebruik secundaire grondstoffen; vanaf 1996 - rapport verkenningen secundaire grondstoffen 1996-2005.

⁶² De cijfers van beton en metselzand (industrie zand) zijn bij CBS ca. 1-15% hoger. De cijfers van het ophoogzand zijn bij CBS in miljoen kg opgegeven. Qua orde grootte komen deze overeen met de opgave van het SOD in m³. Mogelijk is hier sprake van een overname fout.

⁶³ Voor gewalst zand en natuurlijke zandvoorkomens (vaste kuubs) wordt in het beleid ook met 1700 kg/m³ gerekend, in de praktijk komen ook andere waarden voor (Joris Broers).

- voor de 1998,1999,2000 wordt het gebruik van zand afzonderlijk geregistreerd. De optelling van winning, import, hergebruik minus export wijkt ongeveer 10-15% af voor deze jaren van deze opgave.

In 1999-2000 is een substantiële toename van het gebruik aan ophoogzand waarneembaar als gevolg van de werkzaamheden van IJburg.

A.8.2 Milieukentallen

De milieukentallen zijn ontleend aan het SOD met de database van het Betonplatform als achterliggende bron.

De belangrijkste milieueffecten van zandwinning worden beschreven door de CO₂-emissies, finaal afval en landgebruik. Wat overige effecten betreft:

- vrijwel alle lucht en water emissies zijn gerelateerd aan het energiegebruik en de CO₂-emissies. Een uitzondering is de emissie van brak water als gevolg van ontzilting van zoute zanden uit de Noordzee. Het milieueffect is beperkt;
- milieueffecten in water ecosystemen (IJsselmeer, Noordzee) betreffen aantasting van de waterbodem, het planten- en dierenleven. Dit is in kwalitatieve termen beschreven in het SOD. Men gaat er van uit dat er op middellange termijn biologisch herstel optreedt.

CO₂-emissie

De CO₂-emissie wordt veroorzaakt door het energieverbruik van de zandwinwerktuigen (opzuigen en reinigen) en van het transport. Het SOD rekent transport van het zand tot aan plaats waar wordt gelost mee (men gaat uit van een gemiddelde transportafstand van 50 km en een brandstofverbruik van 0,54 MJ/ tonkm). Het transport per vrachtwagen naar de bouwlocaties blijft buiten beschouwing.

Finaal afval

Er wordt bij de winning van zand vrijwel geen afval geproduceerd. Secundaire grondstoffen als puingranulaat en bouw en sloopafval die in toenemende mate als vervanging van ophoogzand worden gebruikt werden in het verleden eveneens nuttig toegepast als funderingsmateriaal. Er ontstaat dus niet minder finaal afval.

Landgebruik

Zandwinningen op land of ontgrondingen hebben een ingrijpend effect op het landschap. Over de wijze waarop dit effect toegerekend moet worden bestaat nog veel discussie. Het SOD gaat uit van de volgende uitgangspunten:

- de oorspronkelijke bestemming van het gebied is in de meeste gevallen landbouw;
- bij diepe landwinningen ontstaan waterplassen met een natuur-/ recreatieve bestemming na beëindiging van de winningswerkzaamheden. Hier is sprake van een definitieve functieverandering;
- bij ondiepe landwinningen blijft het landschap droog en is er geen sprake van een definitieve functieverandering.

De kentallen voor ruimtegebruik in vierkante meter per kg zand zijn niet eenduidig. Het L.C.C.O en Rijkswaterstaat noemen 59 m² per kilogram zand voor winningen op land. Het SOD maakt in voetnoten melding van 98 m² per kilogram voor betonzandwinning en 16 m² voor ophoogzand winning. In verband met de consistentie wordt ook hier voor ruimtegebruik de dataset van IVAM gebruikt.



Tabel 15 Milieukentallen zand in gram per kg (bron: structuurschema oppervlaktedelfstoffen)

	CO ₂	Finaal afval	Ruimtegebruik (IVAM)
Noordzee winning	5,95	Nvt	
IJsselmeerwinning	3,6	Nvt	
Landwinning	3,4	Nvt	
Gemiddeld			0,0018m ² /jr/ton

A.9 Chloor

Chloor staat aan de basis van een scala aan stoffen, uiteenlopend van kunststoffen tot medicijnen en van verf tot anti-aanbaklaag. Tweederde van alle chemische producten wordt met chloor bereid. Bij medicijnen is dat zelfs 85%. Chloor wordt industrieel bereid door het elektrisch ontleden van zout (NaCl, keukenzout). Bij het productieproces ontstaat niet alleen chloor, maar ook waterstofgas en loog (natriumhydroxide). Laatstgenoemde stof kennen we in het huishouden als ontstopper en afbijtmiddel, maar evenals chloor is loog een belangrijke grondstof voor allerlei andere producten. Beide behoren tot de tien meest geproduceerde grondstoffen ter wereld.

In Nederland wordt jaarlijks rond de 615.000 ton chloor geproduceerd. De producenten zijn: AKZO Nobel met drie locaties in Rotterdam (350 kiloton), Hengelo (70 kton) en Delfzijl (130 kton) en GE Plastics in Bergen op Zoom (65 kton) [VNCI].

A.9.1 Hoeveelheden 1990-heden

Voor de productiecijfers hebben we verschillende bronnen geraadpleegd: CBS, de VNCI, AKZO Nobel en Eurochlor. De bij CBS beschikbare gegevens over de chloorproductie blijken niet openbaar. De gegevens zijn aangeleverd door Eurochlor.

- 1996 is om onduidelijke redenen niet bekend. We gaan voor dat jaar uit van het gemiddelde van 1995 en 1997;
- voor 2001 zijn (nog) geen gegevens beschikbaar. We nemen aan dat dit gelijk is aan 2000, maar merken op dat de productie waarschijnlijk lager zal uitvallen i.v.m. sluiting van een productielocatie.

De gegevens over de in- en uitvoer voor 1996-2000 zijn verkregen van CBS Internationale Handel. Deze zijn openbaar en tegen vergoeding van kosten opvraagbaar.

Opvallend is dat de import en export relatief klein zijn en in de loop der jaren sterk zijn afgenomen. De export is sterk afgenomen. Waarschijnlijk als gevolg van aanscherping van regels m.b.t. transport van gevaarlijke stoffen.

A.9.2 Milieukentallen

De milieukentallen zijn verkregen uit de database van SimpaPro met als achterliggende bronnen: een SPIN document (Chlorine 1993) voor gemiddelde productie in Nederland, de PWMI/ Apme (PVC report 1994) en Buwal/ Apme (1994) voor de gemiddelde productie in Europa. De waarden zijn vergelijkbaar voor alle bronnen.

We gaan er van uit dat chloorgerelateerde producten na consumptie in een afvalverbrandingsinstallatie verbrand worden. Dit leidt tot het ontstaan van

rookgasreinigingsresidue (RGR) dat als gevaarlijk afval gestort wordt en dus als finaal afval geldt. Per kilogram chloor ontstaat 1.240 gram RGR.

Tabel 16 Milieukentallen is gram per kilogram chloor (SimaPro)

	CO ₂	Finaal afval	Ruimtegebruik (IVAM)
Productie gemiddeld NL	1200	151	
Afvalverwijdering		1240	
Totaal	1200	1391	5,54 m ² .jr/ton

A.10 Soja

Nederland gebruikt grote hoeveelheden soja voor zowel menselijke consumptie als voor de diermengvoederindustrie. Sojabonen zijn daarin de belangrijkste basisgrondstof. Uit bonen wordt sojaolie en sojaschroot geproduceerd in een verhouding van 20% en 80%. Sojaschroot een restproduct dat na de oliepersing (crushing) overblijft en wordt gebruikt als grondstof voor de mengvoederindustrie. De olie wordt gebruikt als grondstof voor producten voor menselijke consumptie.

In Nederland vindt geen landbouwproductie van sojabonen plaats. De verwerking van sojaolie en -schroot vindt wel plaats in Nederland bij een aantal producenten o.a. Cargill Amsterdam, ADM Rotterdam, Cereol Utrecht. De sojaolie en -schroot worden gedeeltelijk geëxporteerd. Een klein deel (15%) van de sojabonen wordt geëxporteerd (doorvoer).

A.10.1 Hoeveelheden 1990-heden

Er zijn grote import- en exportstromen. De import bestaat voornamelijk uit sojabonen (80%). Daarnaast worden ook hoeveelheden sojaolie en schroot (20%) geïmporteerd. De VS is de belangrijkste leverancier van sojabonen, gevolgd door Argentinië en Brazilië. Er wordt een aanzienlijke hoeveelheid schroot geëxporteerd (ca. 50% van de import aan bonen).

Statistische data hierover zijn verkregen uit de ITCS database. CBS geeft geen informatie over de import en export van soja.

Hergebruik van Soja is niet van toepassing.

In de grafiek in hoofdstuk 4 zijn alleen gegevens over sojabonen weergegeven. De import (en export) van sojabonen vertoont enorme fluctuaties over de periode 1990-2000. De oorzaak hiervan is niet makkelijk te achterhalen, ook niet voor deskundigen). Dit zou te maken kunnen hebben met prijsfluctuaties op de wereldmarkt. In 1995 tot 1997 is de prijs relatief hoog geweest, hetgeen de relatieve afname van de import zou kunnen verklaren. Bij hoge sojaprijzen zullen oliegebruikende producenten uitwijken naar gebruik van alternatieven als koolzaad, lijnzaad olie e.a. In de mengvoederindustrie treedt dit effect minder op, omdat er minder alternatieven voor soja bestaan⁶⁴.

⁶⁴ DLO-LEI.



A.10.2 Milieukentallen

De milieukentallen zijn ontleend aan IVAM database. De cijfers hebben betrekking op de sojabonen productie in de Verenigde Staten (als de belangrijkste leverancier). De hier opgegeven CO₂-emissies bevatten ook de emissies (in CO₂-equivalenten⁶⁵) van N₂O die tijdens de productie vrijkomen. Ca. 40% van de CO₂-emissies komen vrij tijdens het transport naar Nederland.

Tabel 17 Milieukentallen soja in gram per kg soja

	CO ₂	Finaal afval	Ruimtegebruik (IVAM)
Soja	1002	70	4004 m ² .jr/ton

⁶⁵ 1 kg N₂O heeft hetzelfde klimaatveranderend effect als 310 kg CO₂. Men spreekt in dit verband over CO₂-equivalenten.



B Databeschikbaarheid

B.1 Inleiding

In de tekst hebben we per materiaalstroom vermeld van welke informatiebron we gebruik hebben gemaakt. We vatten dat hier samen.

In Tabel 18 worden de databases aangegeven die voor de apparent consumption cijfers en de milieukentallen zijn gebruikt.

Tabel 18 Overzicht bronnen productie en handelsstromen

	productie	invoer	uitvoer	hergebruik
Nafta	IEA 2001	IEA 2001	IEA 2001	nvt
Staal	Corus/Nedstaal	ICTS	ICTS	Corus/ Nedstaal
Aluminium	US Government commodity statistics	ICTS	ICTS	Stichting Aluminium Centrum
Koper	CBS (geen productie in NL)	ICTS	ICTS	CE
Papier, karton	FAO database VNP en CEPI	ICTS	ICTS	VNP
Hout	AVIH	ICTS	ICTS	Nvt
Cement	ENCI	ICTS	ICTS	Nvt
Zand	SOD/ DWW	SOD/ DWW	SOD/ DWW	SOD/ DWW
Chloor	Eurochlor (niet 1996, 2001)	CBS	CBS	nvt
Sojabonen	CBS (geen productie in NL)	ICTS	ICTS	nvt

Tabel 19 Overzicht bronnen milieudata

	klimaat	finaal afval	landgebruik
Nafta	Apme 1999	Apme 1999	IVAM
Staal	Simapro (Buwal 1996)/ Corus IISI?	Simapro (Buwal 1996)/ Corus IISI?	IVAM
Aluminium	EAA 2000	EAA 2000	IVAM
Koper	CE copper study	CE schatting	IVAM
Papier	Simapro (Buwal 250 1996)	Simapro (Buwal 250 1996)	IVAM
Hout	Simapro (Buwal 250 1996)	Simapro (Buwal 250 1996)	IVAM
Cement	IVAM (VNC 1995)	IVAM (VNC 1995)	IVAM
Zand	IVAM (DIK betondatabase)	IVAM (DIK betondatabase)	IVAM
Chloor	Simapro (Spin 1993)	Simapro (Spin 1993)	IVAM
Soja	IVAM	IVAM	IVAM

Toelichting productiecijfers

De productiecijfers zijn uit verschillende bronnen betrokken.

- de meeste productiecijfers zijn verkregen via de industriële sectoren, via brancheorganisaties of van de enige producent. Dit geldt voor staal, hout, cement en chloor;
- handelscijfers voor nafta zijn verleend aan de statistieken van International Energy Agency;
- voor papier is naast de branche-informatie gebruik gemaakt van de database van de Food Agricultural Organisation;
- gegevens over aluminium bleken moeilijk te achterhalen bij de brancheorganisaties. We zijn uitgeweken naar de US government statistics;
- het *Centraal Bureau Voor Statistiek* is voor alle materiaalstromen geraadpleegd. In de praktijk blijkt hier echter weinig van de benodigde informatie openbaar te zijn. Tot 1993 zijn tijdreeksen beschikbaar via de openbare database op internet (www.cbs.nl) van de productie van staal, aluminium, zand, papier/ karton en cement. Echter, voor recentere jaartallen geldt voor de meeste stromen dat gegevens alleen onder speciale specifieke voorwaarden verkrijgbaar zijn. Bijvoorbeeld voor wetenschappelijke studies. Het aan CBS gelieerde instituut CEREM regelt daarvoor de aanvragen⁶⁶. Deze cijfers worden wel geregistreerd door CBS, maar zijn niet openbaar beschikbaar. Dit geldt voor alle grote materiaalstromen met een beperkt aantal producenten;
- wij hebben geen officiële aanvraag gedaan, maar hebben cijfers uit andere bronnen betrokken;
- de Europese tegenvoeter van het CBS geeft evenmin bruikbare informatie;
- voor zand is de belangrijkste bron Rijkswaterstaat, afdeling Dienst Weg en Waterbouw (DWW) (Joris Broers).

Toelichting data import en export

- de meeste handelsgegevens zijn overgenomen uit de database van de International Trade and Commodity Statistics (ITCS) die beheerd wordt door de OECD. Voor alle materiaalstromen, met uitzondering van chloor en nafta zijn handelsgegevens beschikbaar;
- de in- en uitvoercijfers zijn bij het CBS in het algemeen openbaar⁶⁷ en opvraagbaar bij de afdeling Internationale Handel. Hieraan zijn kosten verbonden. CBS heeft de handelscijfers voor chloor aangeleverd;
- handelscijfers voor nafta zijn verleend aan de statistieken van International Energy Agency;
- voor zand is de belangrijkste bron Rijkswaterstaat, afdeling Dienst Weg en Waterbouw (DWW) (Joris Broers).

Toelichting milieudata

De belangrijkste bron voor milieugegevens is de SimaPro database beheerd door Pre Consultants uit Amersfoort en de IVAM database 3.0 beheert door IVAM Amsterdam. Deze databases bevatten gegevens uit een groot aantal gerenommeerde bronnen, waaronder:

- Buwal 250 (1996) voor hout, papier, staal;
- Ecoprofiles van de Apme door Ian Beaustead (1999) voor nafta;
- SPIN documenten 1993 voor chloor;
- VNC Betondatabase: Zand en Cement: Het Betonplatform⁶⁸ heeft in de periode 1994-1997 een groot aantal gegevens verzameld met het doel

⁶⁶ CEREM dhr Balk.

⁶⁷ Hier geldt de zgn. passieve vertrouwelijkheid, wat wil zeggen dat de producenten zelf bezwaar moeten aantekenen als er oneigenlijk gebruik gemaakt wordt van de cijfers.



om een betrouwbare database op te zetten met milieugegevens voor steenachtige materialen. Het is uitgevoerd door het "DIK-consortium" (DHV, Intron en KEMA), waarbij de KEMA de verificatie van de data heeft uitgevoerd. De Beton en Milieu-database is beschikbaar gekomen in 1998⁶⁸. De gegevens zijn opgenomen in de IVAM database versie 3.0;

- specifieke wetenschappelijke onderzoeken voor soja.

De SimaPro en IVAM databases worden om de paar jaar aangevuld, opgeschoond en geactualiseerd.

Eind november is voor staal de database van de International Iron and Steel Institute (IISI) ontvangen. Aangezien goede interpretatie ervan nog enige tijd zou kosten, was het niet mogelijk meer deze database in deze studie te gebruiken. Kopergegevens zijn afkomstig van een studie van CE die in opdracht van Copper Benelux is uitgevoerd. Voor aluminium hebben we het Environmental Profile Report van de EAA (European Aluminium Association) geraadpleegd.

⁶⁸ Deelnemers van het Betonplatform zijn: Vereniging Nederlandse Cementindustrie (VNC), Stichting Zand, Stichting Grind, Bond van Fabrikanten van Betonproducten in Nederland, Vereniging van Ondernemingen van Betonmortelfabrikanten in Nederland).

⁶⁹ SimaPro LCA software, Pré Consultants, Amersfoort.



C Andere invalshoeken

Dematerialisatiebeleid kan veel doeleinden dienen. In deze studie is voor de benadering gekozen waarin dematerialisatie als doel heeft om de milieubelasting te verminderen van het gebruik van materialen door te sturen op een efficiënter gebruik van materialen.

Maar er zijn uiteraard ook andere invalshoeken mogelijk, die hier echter niet zijn gekozen. Deze invalshoeken hebben in het begin van de studie wel een grote rol gespeeld en hieronder staat een eerder uitgevoerde analyse van mogelijke doelen die dematerialisatiebeleid zou kunnen dienen en een schets welke mogelijke indicatoren, conform het model uit paragraaf 2.2. dan ontwikkeld kunnen worden.

C.1 Mogelijke doeleinden voor dematerialisatiebeleid

Uit een quick scan van de aanwezige literatuur en gesprekken met experts, destilleerden wij de volgende doelen waaraan dematerialisatiebeleid zou kunnen bijdragen. We noemen ze hier kort en werken ze daarna in de volgende subparagrafen verder uit:

- dematerialisatie is noodzakelijk voor het bereiken van milieudoelstellingen *over de hele breedte*;
- dematerialisatiebeleid dient om de *uitputting van grondstoffen* tegen te gaan;
- dematerialisatiebeleid dient *structurele veranderingen* in productie en consumptie te bewerkstelligen;
- dematerialisatiebeleid is een middel waarmee buitenlandse milieuproblemen veroorzaakt door de Nederlandse consumptie kunnen worden aangepakt;
- dematerialisatiebeleid is *faciliterend* aan het bereiken van *specifieke* milieudoelstellingen, zoals het klimaatbeleid of verzuringsbeleid;
- dematerialisatiebeleid is onnodig.

Daarnaast kwamen we ook doelstellingen tegen die niet direct met milieubeleid te maken hebben, zoals het stimuleren van technologische ontwikkeling of de bijdrage die dematerialisatie aan het ontwikkelen van een kennis-economie zou kunnen leveren. Omdat dit geen milieubeleidsdoelstellingen zijn, maar prettige neveneffecten van dematerialisatie, gaan we hierop niet verder in.

In de subparagrafen hieronder geven wij een uitwerking van de argumenten om dematerialisatiebeleid te voeren en kijken bij sommige van deze argumenten concreet naar hoe de indicator zou kunnen worden vormgegeven, gebaseerd op de huidige wetenschappelijke inzichten. Dit kan naar onze mening de discussie verhelderen en vormt een logische stap naar het vervolg van dit project.

C.2 Dematerialisatiebeleid om uitputting van grondstoffen te voorkomen

Het idee achter deze doelstelling is dat we een eindige voorraad grondstoffen hebben waarvan het gebruik zou moeten worden gelimiteerd om toekomstige generaties ook een eerlijk deel van de grondstoffenkoek te verschaffen.

Zoals in paragraaf 2.2.1. beredeneerd kunnen materiaalstromen in een aantal categorieën worden opgesplitst:

- stromingsvoorraden zoals zonlicht en wind, waarvan gebruik niet leidt tot een vermindering van de kwaliteit of omvang van deze stromen;
- vernieuwbare biotische grondstoffen, zoals hout, gewassen en dierlijke producten die kunnen worden geoogst zolang het gebruik niet hoger is dan de (al dan niet natuurlijke) aanwas;
- vernieuwbare abiotische grondstoffen, zoals water of landgebruik, waarvan het gebruik leidt tot een kwaliteitsverlies van de aanwezige voorraad, maar die op de ietwat langere termijn regenereren (20-70 jaar);
- niet-vernieuwbare abiotische grondstoffen, zoals metalen en fossiele brandstoffen, waarbij de regeneratietijd erg traag verloopt.

Traditioneel was er vooral aandacht voor de niet-vernieuwbare abiotische grondstoffen, omdat daarvan de eindigheid direct tot de verbeelding spreekt (zie Club van Rome, 1972). Deze zienswijze is volgens ons vooral een economisch probleem – de redenen daarvoor worden aangestipt in box C.1.

Tegenwoordig is het besef doorgedrongen dat vooral het gebruik van vernieuwbare biotische en abiotische grondstoffen een probleem opleveren voor duurzaamheid wereldwijd. Met name de wereldwijde ontbossing, overbevissing en landerosie vormen de grootste milieuproblemen die met voorraden samenhangen. Dematerialisatiebeleid zou zich dan vooral daarop moeten richten.



BOX C.1. Is uitputting van niet-vernieuwbare grondstoffen een probleem?

Barnet en Morse (1963) en Simon (1981) hebben aangetoond dat de prijzen van grondstoffen een dalende trend vormen: dit zou duiden op een afnemende schaarste in plaats van een stijgende. Dit komt mede doordat grondstoffenmarkten wel eens vrij goed zouden kunnen werken. Dit komt omdat de prijs van een materiaal door vier factoren wordt bepaald: (i) de vraag naar dat materiaal; (ii) het aanbod van dat materiaal via de mijnbouw; (iii) het aanbod van dat materiaal via recycling; (iv) de prijs van materialen die als een substituuut kunnen dienen. Zelfs als de technologie gelijk zou blijven, zal een prijsverhoging van een materiaal een neerwaartse druk op de prijzen veroorzaken doordat er zuiniger met dat materiaal wordt omgesprongen, er meer voorraden economisch rendabel kunnen worden geëxploiteerd, recycling attractiever wordt en er substituten worden gebruikt voor dat materiaal. Als dan nog eens wordt verondersteld dat ook de technologische ontwikkeling af zou hangen van de prijzen van een materiaal, kun je verklaren waarom materialen door de tijd heen steeds goedkoper worden. Dat hoeft trouwens niet aan te tonen dat een materiaal minder schaars wordt. Doordat prijzen zelden de marginale sociale kosten weerspiegelen en vooral informatie geven over de verwachte schaarste bij consumenten, zijn prijzen niet direct te gebruiken om aan te geven of er groeiende schaarste is (zie De Bruyn, 2000, p20-21). Wel geven zij het signaal dat wij nu minder waarde aan niet-vernieuwbare grondstoffen hechten dan vroeger.

Zolang wij deze grondstoffen voldoende inzetten voor ontwikkeling van technologie en welvaart voor toekomstige generaties is er wellicht ook vanuit een ethisch perspectief weinig aan de hand. Die zienswijze is gebaseerd op de zgn. 'Hartwick-rule' voor duurzame ontwikkeling (Hartwick, 1977). In een enge interpretatie betekent dit dat als wij al onze fossiele brandstoffen zouden opstoken, en, afgezien van het broeikas-effect, wij daarmee een dusdanige technologische ontwikkeling zouden financieren dat toekomstige generaties tegen dezelfde prijs energiefuncties zouden kunnen consumeren, zijn toekomstige generaties even goed of slecht af als wij. Dit veronderstelt dat grondstoffen in de grond (zoals olie of goud) geen intrinsieke waarde hebben voor mensen, maar alleen een gebruikswijze

Samenvattend kan men stellen dat de vraag of niet-vernieuwbare grondstoffen onderdeel zouden moeten vormen van een dematerialisatie-indicator mede afhangt van het geloof in de ontwikkeling van de technologie en van de ethische keuzes ten aanzien van wat wij aan toekomstige generaties willen doorgeven (welvaart of grondstoffen in de grond).

Hieronder staat een mogelijke schets voor een indicator voor uitputting waarbij dematerialisatie een rol zou kunnen spelen.



Een schets van een indicator voor uitputting

i = alle vernieuwbare biotische grondstoffen en vernieuwbare abiotische grondstoffen.

W = Weging naar mate van oogst boven de regeneratiegraad. Opties hiervoor worden gegeven in Lindeijer (1998)⁷⁰.

M = oriëntatie is vooral op consumptie

Evaluatie: deze indicator zou een beleidsdoel aanpakken dat nu nog niet voldoende wordt gedekt (de uitputting wereldwijd van biotische en abiotische vernieuwbare voorraden).

Probleem bij indicator: Het bepalen van de wegingsfactoren kan ingewikkeld en daarom controversieel zijn.

⁷⁰ Een voorbeeld is om gebruikte kilogrammen te wegen met de quotiënt van de geogste hoeveelheid gedeeld door de nieuwe aanwas, gecorrigeerd met de kans op uitsterving en/of uitputting.

Probleem bij beleid: De indicator zal vooral in de voorlichtende sfeer gebruikt moeten worden. Indien hardere instrumenten (geboden, heffingen) worden ingezet ontnemt het ontwikkelingslanden inkomsten om aan hun economische ontwikkeling bij te dragen en prijsbeleid ingezet op dematerialisatie kan conflicten opleveren met de WTO, met name als "rucksacks" worden gekozen (zie de Tuna-Fish case).

C.3 Dematerialisatie dient om structurele veranderingen te bewerkstelligen

Dematerialisatie heeft tot doel om structurele veranderingen in productie- en consumptiepatronen te bewerkstelligen. Het idee is dat, om binnen de milieuraandvoorwaarden te blijven, de economie structureel zou moeten worden hervormd en levensstijlen zouden moeten worden aangepast en dat dematerialisatie hieraan een bijdrage kan leveren, of zelfs essentieel zou zijn. Voor sommigen is materialengebruik in brede zin symbool voor de almaar meer grondstoffen en hulpbronnen gebruikende samenleving. Iets doen aan materialengebruik zou zo een voertuig kunnen zijn om een levensstijl ter discussie te stellen die de aarde uitput en overbelast.

Terwijl Factor 4 initiatieven zich voornamelijk richten op technologische aanpassingen bij bedrijven zou een dematerialisatie-indicator voor dit beleidsdoel vooral ook aan moeten sluiten bij fundamentele veranderingen (geen nieuwe schoenen kopen maar oude laten repareren).

Een verbijzondering van dit argument kan worden gevonden bij hen die beargumenteren dat Nederland (milieu) beleid zou moeten voeren op het bereiken van een schonere productiestructuur. Het idee is dat de milieuvervuiling per eenheid BBP enorm verschilt tussen de verschillende sectoren, maar het milieubeleid toch wordt vastgesteld op basis van relatieve prestaties, bijvoorbeeld ten opzichte van het verleden of ten opzichte van prestaties van andere vergelijkbare bedrijven in het buitenland. Daarmee heeft het huidige beleidsinstrumentarium weinig mogelijkheden om te sturen naar een schonere productiestructuur en duurzamere consumptie. Speciaal voor Nederland lijkt dit een gemis omdat de afgelopen jaren de relatief vervuilende sectoren harder zijn gegroeid dan de schonere sectoren. Dematerialisatiebeleid zou kunnen bijdragen aan een schonere economische structuur.

Hoewel dit vooral een neveneffect van dematerialisatie lijkt te zijn, willen we hieronder toch een schets geven van een mogelijke indicator:



Een schets van een indicator voor structuurverschuivingen

i = met name die materialen die Nederlandse milieuproblemen veroorzaken, dus energiedragers en metalen

M = oriëntatie is vooral op productie, zowel van basisproducten als finale producten

W = Wegen naar milieu-impact. Dit lijkt moeilijk omdat er nog geen algemeen geaccepteerde methodiek daarvoor is ontwikkeld. Expertpanels zijn een optie.

Evaluatie: deze indicator pakt een probleem aan dat nu onvoldoende wordt erkend in Nederland (de relatief vervuilende productiestructuur tezamen met de hoge bevolkingsdruk). Het is echter de vraag of dematerialisatiebeleid gericht hierop wel kosteneffectief is en of het niet beter is direct te sturen op vaste milieudoelen voor het Nederlandse bedrijfsleven zodat die structurele verandering er op termijn vanzelf komt.

C.4 Dematerialisatie dient de milieudruk van Nederlandse consumptie in het buitenland tegen te gaan

In deze visie is dematerialisatie zinvol om de milieubelasting in het buitenland tegen te gaan. Het idee is dat gebruik van materialen een 'rugzak' met zich meedraagt van milieubelasting die in de landen van herkomst is veroorzaakt (vergelijk de 'ecological footprint' van Wackernagel en Rees). Dematerialisatie kan er in deze perceptie aan bijdragen dat de milieubelasting elders door consumptie in Nederland geringer wordt.

Deze visie hebben we uitgewerkt middels de 10 gekozen materialen (indicator 4A, 4B en 4C). Alternatieven worden hieronder gegeven.



Een schets van een indicator voor buitenlandse milieuaspecten

i = alle materialen die een aanzienlijke milieubelasting in het buitenland veroorzaken, waarschijnlijk vooral op mijnbouw gericht, indien gericht op biotische en abiotische vernieuwbare voorraden waarschijnlijk hetzelfde als in 3.4.1)

W = In kilogrammen reflecteert niet altijd de milieu-impact (denk bijvoorbeeld kwik dat gebruikt wordt bij goudwinning in Suriname). Een algemene maatstaf die doeltreffend de milieubelasting in het buitenland meet is onwaarschijnlijk. Voor bepaalde stoffen kunnen schadekostenbenaderingen, zoals, b.v., bij ExternE, aanknopingspunten bieden. Een alternatief is de Ecological Footprint, voor een kritiek daarop zie Van den Bergh en Verbruggen (1999).

M = vooral op import gericht, de hele keten, TMR-gericht.

Evaluatie: Deze indicator pakt een probleem aan dat nu nog niet voldoende wordt gedekt met het huidige beleid.

Probleem bij beleid: Kan ontwikkelingslanden belemmeren (in bepaalde situaties ook stimuleren) bij hun economische ontwikkeling, prijsbeleid op grond van dematerialisatie met rucksack is waarschijnlijk niet toegestaan volgens WTO-regels. Andere maatregelen zijn wel denkbaar, zoals markttransparantie m.b.t. milieubelasting in buitenland. Tevens kan het initiatieven stimuleren om problemen in het buitenland aan te pakken.

C.5 Dematerialisatie dient om risico's van materiaalgebruik tegen te gaan.

Aan sommige materiaalstromen kleven risico's omdat de materialen, of de productiewijze waarop ze worden gemaakt, toxisch zijn of grote effecten hebben op mens en milieu. Vaak is dit tevoren niet bekend. Zo werden de effecten van DDTs, PCPs en zware metalen pas vele decennia (of eeuwen) bekend na hun introductie in de economie. Dematerialisatie zou kunnen bijdragen aan het verminderen van toxische effecten van de huidige materiaalstromen en risico's op toekomstige calamiteiten met nu veilig gewaande stoffen kunnen verkleinen.



Een schets van een indicator voor toxische risico's

i = alle materialen die een aanzienlijk energieverbruik kennen bij winning en productie, dus voornamelijk metalen en energiedragers

M = om de Nederlandse klimaatdoelen te halen vooral op de winning en productie van basis en finale producten gericht. Om wereldwijd een bijdrage aan het klimaatbeleid te geven, ook op import gericht.

W = *W* = op CO₂-inhoud. Dit lijkt redelijk mogelijk met de huidige inzichten.

Discussie: Dematerialisatie kan bijdragen aan het halen van de klimaatdoelstellingen, maar het is de vraag of dat wel kosteneffectief is. Als we er vanuit gaan dat het merendeel van de in Nederland gebruikte materialen uit het buitenland afkomstig zijn, wordt duidelijk dat dematerialisatiebeleid bedoeld als steuntje in de rug voor het klimaatbeleid, vooral het klimaatbeleid in andere landen zal betreffen. Het is maar de vraag of dit beleid met behulp van harde (economische, juridische) instrumenten gevoerd mag worden. Zie ook de opmerkingen in de vorige paragrafen.

C.6 Dematerialisatie is niet nodig

Tot slot bestaat ook de mening dat *dematerialisatiebeleid niet nodig* of zelfs onzinnig is. In dit beeld is het voldoende om te sturen op milieueffecten en milieuthema's, zodat de werkelijke milieubelasting wordt aangepakt. Er moet niet worden gestuurd op een grove grootte als kilogrammen materiaal (noch op hectares, zoals in de ecological footprint). De milieueffecten gekoppeld aan verschillende stoffen en materialen lopen dermate uiteen dat het op basis van kilogrammen optellen hiervan niet zinvol is. Er is in deze visie geen reden om marktfalen op het gebied van schaarste van grondstoffen aannemelijk te achten.



D Gegevens over prijzen

Tabel 20 geeft de gegevens over prijzen weer die we hebben gehanteerd in dit onderzoek:

Tabel 20 Prijzen van de materialen in \$ per ton

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Aluminium ⁷	1615	1655	1330	1347	1465	1820	1770	1598	1598	1598	1598
Cement ⁶	69.0	66.4	64.3	63.6	68.1	72.6	73.6	74.6	76.5	76.6	74.4
Chloor ⁵	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Hout ²	116.2	116.2	116.2	116.2	116.2	116.2	116.2	116.2	116.2	116.2	102.1
Koper ³	2715	2410.3	2368.2	2018.6	2448.2	3049.7	2404	2357.1	1733.7	1734	1734
Nafta ⁵	170.8	170.8	170.8	170.8	170.8	170.8	170.8	170.8	134.4	170.9	266.2
Papierkar- ton ⁹	649	649	649	650	660	990	760	754	668	664	800
Ruw staal	434	434	434	434	434	434	335	330	278	242	320
Sojabonen ⁴	216.9	220.5	206.9	231.45	226	201.5	247.3	290.85	236.4	201	244.15
Zand ⁸	4.38	4.38	4.38	4.38	4.38	4.38	4.38	4.47	4.31	4.7	4.7

Noten:

- 1 Bron: Steel industry statistics. James F. King Global steel industry analyses [www. Steelonthenet.com](http://www.Steelonthenet.com) Hot rolled coil - prices 1995-2001 estimates plus medium term forecast.
- 2 Bron: [www.fas.usda.gov/ffpp/forestcirculars htm](http://www.fas.usda.gov/ffpp/forestcirculars.htm). Value gedeld door volume of U.S. imports of Softwood Lumber World 1999-2000
- 3 Bron: Daniel Edelstein USGS database Annual average U.S. Producer copper price
- 4 Bron: LEI Sojabonen, getoast, af fabriek. Jaargemiddelden. Prijzen van veevoedergrondstoffen (groothandelsprijzen in euro per ton, disponibel binnenland, excl BTW)
- 5 Marktprijzen zijn voor deze producten niet openbaar. Prijzen gebaseerd op Japanse prijzen
- 6 Bron: Cement Statistics by Hendrik G. van Oss and Thomas D. Kelly The consumer price index conversion factor, with 1998 as the base year
- 7 Bron: LME Cash settlement and reference prices. Prijs is van eerste beurshandelsdag van het jaar
- 8 Bron: Sand en Gravel Wallace P. Bolen 2000
- 9 Marktprijzen zijn niet openbaar. Gegevens gebaseerd op Canadese prijzen

De in cursief ingevoerde waardes zijn schattingen, vaak gebaseerd op de laatst mogelijke gegevens die we konden achterhalen.



E Berekeningen scenarios bouwstop

De volgende berekeningen zijn uitgevoerd om te komen tot Tabel 8.

Bij het materiaal zand wordt onderscheid gemaakt tussen ophoogzand (74%) en beton- plus metselzand (26%).

Ophoogzand

Ophoogzand wordt voornamelijk gebruikt voor ophogingen van wegen en bouwlocaties. Formeel valt dit onder de categorie 'grondwerk' van de GWW sector. Voor economische berekeningen wordt mogelijkerwijs het grondwerk voor de bouwlocaties toegerekend aan de B&U sector. Ongeveer 40% gaat naar bouwlocaties⁷¹.

Beton- en metselzand

Het grootste deel van het betonzand wordt gebruikt voor de productie van beton. Beton ontstaat door menging van zand, cement en grind. Dit betreft betonmortel, onverhard beton dat van een mortelcentrale wordt getransporteerd naar de bouwlocatie. Ook wordt een gering aandeel mortel op de locatie zelf aangemaakt voor stucwerk, dekvloeren en metselwerk. Daarnaast gaat het om geprefabriceerde betonproducten zoals elementen, muren, wanden, gevels, kolommen voor de woningbouw en utiliteitsbouw en buizen, kolken en tunnels voor de weg- en waterbouw.

Een klein deel van het zand wordt daarnaast voor de productie van asfalt voor de wegenbouw (en voor cellenbeton en schuimbeton) ingezet.

Er bestaat geen formele registratie waarmee inzicht verkregen kan worden in de hoeveelheden betonzand die resp. in de burgerlijke en utiliteitsbouw (B&U) en Grond-, weg-, en waterbouw (GWW) ingezet worden. Volgens een ruwe schatting van DWW⁷² kunnen we uitgaan van een beton- en metselzand afzet in bovenvermelde toepassingen van:

- 70% in de B&U sector en
- 30% in de GWW sector.

Cement

Cement wordt vrijwel volledig afgezet aan de betonindustrie, zowel de betonmortel als betonindustrie. Een klein deel wordt gebruikt voor stabilisatie van grondwerk voor bijvoorbeeld terminals of voor immobilisatie van vervuiling in vervuilde grond⁷³.

We gaan hier uit van de schattingen van DWW voor de afzet van beton in de verhouding 70/30 voor B&U en GWW.

Aluminium

Circa 40% (+/- 5%) van de aluminium consumptie in Nederland is bestemd voor de bouw; hiervan is 90% bestemd voor de utiliteitsbouw (panelen, pro-

⁷¹ Bronnen: Rijkswaterstaat, DWW, J. Broers. Gebaseerd op een extrapolatie van gegevens uit:

- J.W. Broers, Inventarisatie voor de Nota Ophoogzand, W-DWW-97-053, DWW, 1997
- M.J.A. Weima, J.W. Broers en L. Gerritse, Inventarisatie voor de Nota Ophoogzand II, W-DWW-99-034, DWW, 1999.

⁷² Bron: DWW, dhr. J. Broers.

⁷³ Bron: ENCI, dhr. W. van Hinthum.

fielen en kozijnen), 10% woningbouw. Ongeveer 1-5% hiervan wordt in de GWW sector ingezet (bruggenbouw)⁷⁴.

Staal

Circa 32% van alle stalen producten worden in de Bouw ingezet (Building and Construction)⁷⁵.

Koper

De grootste afnemer van koperen producten is de elektrische kabelindustrie. Dit betreft 48% van het totale consumptie. Ongeveer 45% hiervan betreft hoogspanningskabels (grondkabels) en 55% bedrading voor gebouwen. De hoogspanningsleidingen voorzien zowel de industrie, transport als de woning sector van elektriciteit. Een toerekening aan de woningbouw is moeilijk te maken. We gaan er hier van uit dat alle kabels en bedrading aan de bouwsector wordt toegerekend. De tweede grootste toepassing naast bedrading betreft waterleidingen, daken e.d. In Europa is dat circa 27% van het totaal. Inclusief bedrading is het aandeel koper dat een toepassing vindt in de bouw gelijk aan 75%.

Hiervan wordt 40% voor de woningbouw (28% renovatie, 12% nieuwbouw), 28% voor commerciële bouw (13% renovatie en 15% nieuwbouw) en 32% voor de industrie gebruikt (18% renovatie en 14% nieuwbouw). Wij beschouwen commerciële en industriële bouw als utiliteitsbouw (samen 60%). In de GWW sector wordt een geringe hoeveelheid gebruikt⁷⁶.

⁷⁴ Bron: Stichting Aluminium Centrum, dhr. N. Ruyter.

⁷⁵ Bron: Corus, afdeling milieu en bouw, dhr. N. Noort.

⁷⁶ Bron: Trends in Building wire. Use 1991-1998 in Europe 1998. Report produced for the European Copper Institute.

