

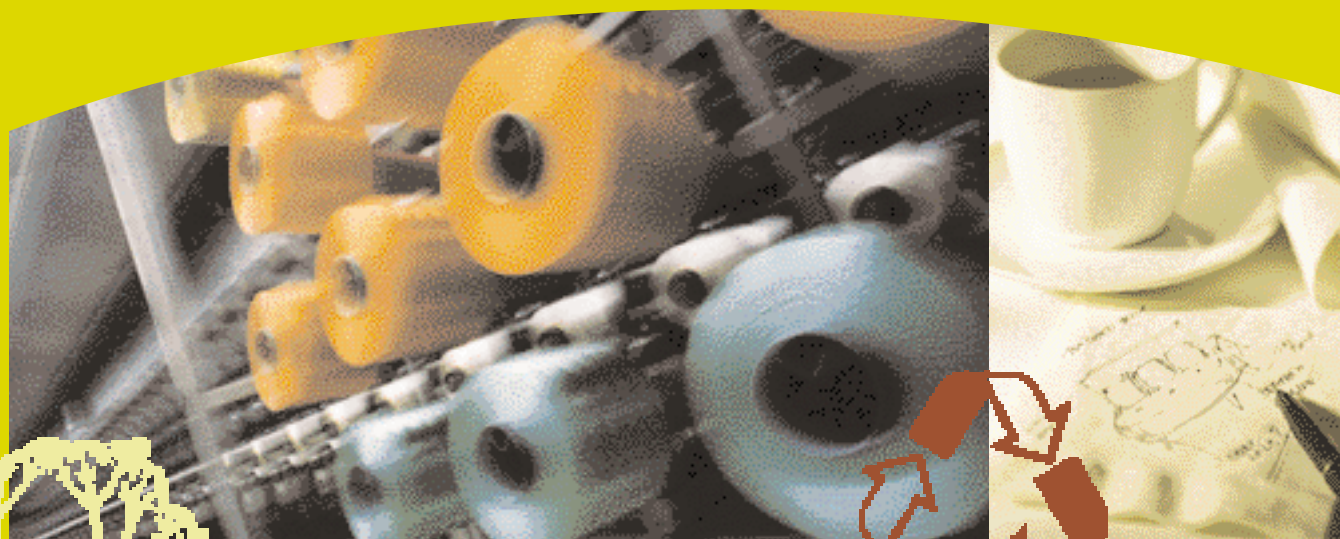
EEN BETER MILIEU  
BEGINT BIJ JEZELF



OKTOBER 2000

# ECO-INDICATOR 99

HANDLEIDING VOOR ONTWERPERS



MILIEU &

BEDRIJVEN

PRODUCTENBELEID

# De Eco-indicator 99

handleiding voor ontwerpers

Blijf op de hoogte via the Eco-indicator 99 e-mail gebruikersgroep  
Om terugkoppeling van de gebruiker van de handleiding te krijgen en om updates te kunnen sturen is er een e-mail gebruikersgroep voor de Eco-indicator 99 opgericht. De discussie in deze groep wordt gestuurd door het ontwikkelteam. Er wordt gestreefd naar een feitelijke en doelgerichte discussie over de toepassing van de Eco-indicator 99 en de eco-indicator methodologie. Om lid te worden is het voldoende om een blanco e-mail te sturen naar [join-eco-indicator@lists.lyris.net](mailto:join-eco-indicator@lists.lyris.net). U ontvangt automatisch een ontvangstbevestiging en met enkele aanwijzingen en huisregels. Vanaf dat moment ontvangt u gratis alle e-mails die binnen de groep worden verzonden en kunt u ook zelf e-mails insturen. De voertaal is Engels.

## Inhoudsopgave

	Voorwoord	4
<b>1</b>	<b>Het gebruik van standaard Eco-indicatoren</b>	6
1.1	Standaard Eco-indicatoren	6
1.2	Milieubelasting van producten	6
1.3	De definitie van het begrip 'Eco'	7
1.4	Verschillen met de Eco-indicator 95	8
1.5	Toepassingen en beperkingen	9
1.6	De Eco-indicatoren en ISO	9
1.7	De lijst met indicatoren	10
<b>2</b>	<b>De standaard Eco-indicatoren</b>	11
<b>3</b>	<b>Gebruiksaanwijzing</b>	15
<b>4</b>	<b>Voorbeelden</b>	19
4.1	Een eenvoudige analyse van een koffiezetter	19
	Stap 1: Bepaal het doel van de Eco-indicatorberekening	19
	Stap 2: Stel de levensloop vast	19
	Stap 3: Kwantificeer materialen en processen	20
	Stap 4: Vul het formulier in	20
	Stap 5: Interpreteer de resultaten	22
4.2.	Voorbeeld van een complex product	23
<b>5</b>	<b>De Eco-indicator 99 methodiek</b>	24
5.1	Drie stappen	24
5.2	De weging (stap 3)	24
5.3	Schademodel (stap 2)	25
5.3.1	Het schademodel voor emissies	26
5.3.2	Schademodel voor landgebruik	27
5.3.3	Schademodel voor grondstofuitputting	28
5.4	Inventarisatie van de processen (stap 1)	29
5.5	Onzekerheden	30
5.5.1	Onzekerheid over de juistheid van het schademodel (stap 2)	30
5.5.2	Onzekerheid over de data	31
	<b>Literatuur</b>	34

## Voorwoord

Duurzame productie en consumptie kan alleen bereikt worden als alle marktpartijen hun eigen verantwoordelijkheid nemen. Het uiteindelijke doel is dan ook dat bij elke beslissing door industrie, detailhandel en consumenten rekening gehouden wordt met milieu. Dit is een langdurig proces, dat continue gevoed moet worden met stimuli zowel van de vraag- als van de aanbodzijde. Onder de vlag van integraal productenbeleid wordt een breed scala aan instrumenten ontwikkeld en ingezet met het oog op het genereren van dergelijke stimuli.

In de kern van het integrale productenbeleid staat het productgerichte milieuzorgsysteem [PMZ] dat gezamenlijk door industrie en overheid ontwikkeld wordt. Het doel van PMZ is op een systematische manier binnen de eigen organisatie afspraken vast te leggen gericht op continue verbetering van de producten, te realiseren door milieuaspecten te integreren in strategische management beslissingen.

PMZ moet beschouwd worden als een uitbreiding van het milieuzorgsysteem waarmee naast de bestaande zorg voor processen juist meer aandacht besteed wordt aan product ontwikkeling en product design. De complexiteit van het beslissingsproces neemt sterk toe als alle milieuaspecten van een product erbij betrokken moet worden. Dit betekent zeer vaak een onoverbrugbare kloof voor de productontwikkelaar. De wil is er maar de kennis ontbreekt. Levenscyclusanalyse [LCA] is een prima en veelgebruikt instrument om de milieubelasting van een product van wieg tot graf vast te stellen, maar LCA is tijdrovend en kostbaar. Productontwikkelaars moeten vele beslissingen nemen vooral wanneer het gaat om complexe producten. Bovendien zijn de uitkomsten van LCA dikwijls niet zo eenduidig dat een alternatief of herontwikkeld product op alle punten beter scoort qua milieu dan het oorspronkelijke product. LCA resultaten moeten geïnterpreteerd of gewogen worden. De Eco-indicator 95 methode is een wegingsmethodiek speciaal ontworpen voor productontwikkelaars. Deze methode blijkt een krachtig instrument te zijn voor ontwikkelaars om LCA resultaten te integreren in gemakkelijk te begrijpen en gebruikersvriendelijke dimensieloze eenheden, de zgn. eco-indicatoren.

De Eco-indicator 95 methodiek wordt op dit moment vaak gebruikt door ontwikkelaars maar wordt tegelijkertijd bekritiseerd door milieudeskundigen omdat in de 95 methode sommige milieuaspecten niet meegenomen worden. De nieuwe Eco-indicator 99 methode omvat veel meer aspecten en is daarom complexer dan zijn voorganger, maar de resulterende eco-indicatoren zijn nog steeds de gebruiksvriendelijke eenheden.

Het systeem om te wegen tussen verschillende milieuaspecten - de kern van de eco-indicator methode - is ook veranderd. De 95 eco-indicator gebruikte de zgn. distance-to-target benadering. Deze methode werd bekritiseerd omdat er geen duidelijk manier was om targets te bepalen op het duurzaamheidsniveau. Dit probleem is in de huidige versie van de eco-indicator methode omzeild door de weging te baseren op schade functies. Een schade functie

geeft de relatie weer tussen een milieuingreep en de schade aan gezondheid of ecosysteem. Bijdragen van vele LCA deskundigen zijn samengebundeld in deze 99 methode. Ik wil in het bijzonder de bijdrage noemen van de verschillende Zwitserse deskundigen en van het RIVM. De Eco-indicator 99 is gebaseerd op de huidige stand van de ontwikkeling van LCA methodiek. Dit betekent natuurlijk niet dat alle problemen zijn opgelost. Ontwikkelingen in wetenschap, materiaaltechnologie en LCA methodologie zullen plaatsvinden en resulteren in toekomstige verbeteringen van de Eco-indicator. We zijn ervan overtuigd dat de huidige herziene eco-indicator methodologie voldoende robuust is om een belangrijke rol te spelen in eco-design gedurende de komende jaren.

Ik hoop dat de eco-indicator methode en de resulterende eco-indicatoren bij zal dragen aan de verinnerlijking van milieu bij beslissingen omtrent product ontwikkeling.

Directeur Industrie en Consumentenbeleid  
Harry Baayen



## Het gebruik van standaard Eco-indicatoren

Deze handleiding is bestemd voor ontwerpers en productmanagers die Eco-indicatoren willen gebruiken bij het analyseren van milieueffecten van producten. Hoewel het toepassen van Eco-indicatoren in principe heel eenvoudig is, is het toch van groot belang om iets te weten over de achtergronden, de mogelijkheden en beperkingen. Deze handleiding beoogt die informatie te geven.

### 1.1 Standaard Eco-indicatoren

Eco-indicatoren zijn getallen die de hoogte van de milieubelasting representeren. De standaard Eco-indicatoren zijn achterin dit rapport op losse bladen weergegeven. Met geschikte LCA software kan deze set naar believen worden uitgebreid. U blijft gratis op de hoogte van updates en uitbreidingen van de Eco-indicatorlijst door u te registreren bij de internet Eco-indicator gebruikersgroep (zie het kader op de pagina met de inhoudsopgave).

Met de standaard Eco-indicatoren kan een ontwerper zelf gemakkelijk analyseren welke processen, componenten of fasen van de levenscyclus van een product de belangrijkste bijdrage leveren aan de milieubelasting. Daarnaast kunnen ontwerpers verschillende productalternatieven vergelijken.

Om indicatoren te berekenen is een vrij complexe methodologie nodig. Deze methodiek wordt in hoofdlijnen uitgelegd in hoofdstuk 5. Voor een gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar het methodologierapport "The Eco-indicator 99, A Damage Oriented Method for LCIA" [Goedkoop, Spriensma 1999]. Dit rapport is ook gratis beschikbaar op internet ([www.pre.nl](http://www.pre.nl)).

### 1.2 Milieubelasting van producten

Elk product belast het milieu in enige mate. Er moeten grondstoffen worden gewonnen, het product moet worden gemaakt, gedistribueerd en verpakt. Uiteindelijk moet het worden afgedankt. Bovendien ontstaat vaak milieubelasting tijdens het gebruik van producten doordat het product zelf energie of materiaal verbruikt. Wanneer we de milieubelasting van een product willen vaststellen moeten dus alle levensfasen worden beschouwd. Een milieu-analyse van alle levensfasen noemt men een levenscyclusanalyse, afgekort LCA<sup>1</sup>.

Als een ontwerper levenscyclusanalyses wil toepassen in het ontwerpproces zijn er twee belangrijke problemen:

- 1 Het resultaat van een volledige levenscyclusanalyse is moeilijk te interpreteren. Binnen een levenscyclusanalyse kan de bijdrage van een productlevensloop aan het broeikaseffect en de verzuring en andere milieuproblemen worden bepaald, maar de totale milieubelasting blijft onbekend. De weging van de milieueffecten onderling ontbreekt namelijk.
- 2 Over het algemeen is het zorgvuldig achterhalen van alle milieugegevens in de levensloop van een product complex en tijdrovend. Hierdoor kunnen uitgebreide LCA's in de regel niet tijdens een ontwerpproces worden uitgevoerd.

<sup>1</sup> Er wordt vaak onderscheid gemaakt tussen de volledige LCA en de verkorte LCA. In een verkorte LCA wordt vaak gebruik gemaakt van standaard databases. Een goede inleiding op de LCA-methodiek is: *Handboek LCA voor beginners*, NOH rapport 9509. Voor uitgebreide informatie: *Milieugerichte levenscyclusanalyses van producten*, Handleiding en achtergronden, NOH rapport 9253 en 9254. Ook het bestuderen van LCA software demo's kan zeer verhelderend werken.

Het Eco-indicatorproject heeft deze problemen als volgt opgelost:

- 1 De LCA-methodiek is uitgebreid met een weegmethode. Hierdoor is het mogelijk om op basis van de berekende effecten één enkele score voor de totale milieubelasting te berekenen. Dit getal noemen we de Eco-indicator.
- 2 Voor de meest gangbare materialen en processen zijn vooraf gegevens verzameld. Hieruit is de Eco-indicator score berekend. De materialen en processen zijn zo gedefinieerd dat ze op elkaar aansluiten als elementen van een bouwdoos. Zo is er een indicator voor de productie van een kilo polyetheen, één voor de extrusie van een kilo polyetheen en één voor het verbranden van thermoplasten.

De Eco-indicator van een materiaal of proces is dus een getal dat maatgevend is voor de milieubelasting van een materiaal of proces, op basis van gegevens uit een levenscyclusanalyse. Hoe hoger de indicator, hoe groter de milieubelasting.

### 1.3 De definitie van het begrip 'Eco'

Milieudiscussies zijn vaak verwarrend. Een belangrijke reden hiervoor is dat niet iedereen hetzelfde bedoelt met het begrip milieu. Het Eco-indicator getal is gebaseerd op de berekende hoeveelheid schade die een proces of materiaal veroorzaakt ten aanzien van:

- **Menselijke gezondheid.** Hierbij wordt bepaald hoeveel ziektegevallen en hoeveel doden ontstaan door bepaalde soorten van milieuverontreiniging. Vervolgens wordt bepaald hoeveel levensjaren verloren gaan door voortijdig overlijden en hoeveel jaren mensen lijden onder een bepaalde handicap als gevolg van een ziekte. Als veroorzakers van schade worden meegenomen: broeikas effect, aantasting van de ozonlaag, carcinogene stoffen, stoffen die aandoeningen aan de luchtwegen veroorzaken en ioniserende (nucleaire) straling.
- **De kwaliteit van ecosystemen.** Hierbij wordt bepaald hoe de diversiteit van planten, lagere diersoorten die in en op de bodem leven, alsmede waterorganismen wordt beïnvloed. Als veroorzakers van schade worden meegenomen: ecotoxische stoffen, verzuring en vermisting en landgebruik.
- **De kwaliteit van de grondstofvoorraden.** Doordat bij de winning van mineralen in ertsen vooral de voorraden met de hoogste concentratie worden gewonnen, neemt de gemiddelde concentratie van de resterende ertsen af. Hierdoor zal er in de toekomst steeds meer energie nodig zijn om deze ertsen te winnen. Ook voor fossiele brandstoffen geldt dat op termijn op veel moeilijker winbare grondstoffen moet worden overgeschakeld. Het toekomstige extra energieverbruik wordt als eenheid gebruikt om de schade te bepalen. De uitputting van zogenaamde biotische grondstoffen door land- en bosbouw, en schade ten gevolge van winning van bulkgrondstoffen, zoals zand, grind en mergel worden meegenomen bij het thema landgebruik.

We pretenderen niet dat de methodiek alle mogelijke vormen van milieubelasting omvat. Op twee manieren zou de methodiek nog uitgebreid kunnen worden:

- Naast de genoemde effecten zijn er meer effecten die potentieel milieuschade kunnen opleveren<sup>2</sup>.
- Naast deze drie schade categorieën zijn er natuurlijk nog meer soorten schade denkbaar, zoals bijvoorbeeld schade aan technische systemen of cultureel erfgoed. Deze worden nu echter niet meegenomen, omdat deze facetten niet tot de definitie van het begrip “Eco” worden gerekend.

Bij de berekening van de schade is er in principe vanuit gegaan dat de emissies en het landgebruik in Europa optreden. Voor processen die niet in Europa plaatsvinden is de indicatorwaarde dus maar beperkt geldig.

#### 1.4 Verschillen met de Eco-indicator 95

Het idee om met standaard Eco-indicatoren voor de meest voorkomende materialen te werken is niet nieuw. Bij de presentatie van de Eco-indicator 95 werd dit principe al geïntroduceerd<sup>3</sup>. Het belangrijkste verschil met de Eco-indicator 95 is de sterk verbeterde methodiek voor het berekenen van indicatoren, en de uitbreiding van het aantal indicatoren. In hoofdstuk 5 wordt een samenvatting van de methodiek gegeven.

<sup>2</sup> De volgende effecten zijn mogelijk wel relevant, maar zitten niet in de huidige methode:

- **Menselijke gezondheid:**  
geluidsoverlast, stoffen met een hormoon vertorende werking (endocrine disruptors) en niet-carcinogene effecten van zware metalen.
- **De kwaliteit van ecosystemen:**  
broeikas effect, ozonlaagaantasting en zomersmog, alsmede het effect van fosfaten. Broeikas effect, ozonlaagaantasting en zomersmog worden WEL meegenomen bij menselijke gezondheid.

Over het algemeen zal het ontbreken van dergelijke effecten geen groot probleem opleveren, maar is specifieke gevallen, bij het analyseren van systemen die veel geluidsoverlast, zware metalen of fosfaten voorkomen, kan dit dus wel een probleem zijn.

<sup>3</sup> De Eco-indicator 95 eindrapport, NOH rapport 9514, juli 1995; ISBN 90-72130-77-4 en De Eco-indicator 95 bijlagerapport, NOH rapport 9514A, juli 1995; ISBN 90-72130-76-6

De belangrijkste verbeteringen in de Eco-indicator 99 ten opzichte van de voorloper is de veel grotere betrouwbaarheid en betere onderbouwing. Het belangrijkste principiële verschil is dat niet “afstand tot doel”(Distance to Target) de basis van de weging vormt, maar een schadebenadering. In de distance to target benadering bestaat het probleem dat de targets gebaseerd zijn op politieke argumenten. Er is geen geaccepteerde methode om op een wetenschappelijke manier deze targets vast te stellen, omdat de wetenschap niet vast kan stellen of een probleem ernstig is. De beoordeling van de ernst van een probleem is namelijk subjectief. Dit was ook de strekking van het commentaar van de Raad voor het Milieubeleid op het voorstel om Distance to Target als weegprincipe te gaan hanteren. In de nu ontwikkelde schadebenadering speelt dit probleem niet. Van elke emissie wordt vastgesteld hoeveel schade deze geeft en niet wat de afstand tot een moeilijk definieerbaar doel is.

Naast de betere basis voor de weging zijn er ook een aantal andere belangrijke verbeteringen doorgevoerd:

- Een veel betere en explicietere uitvoering van de subjectieve wegstap.
- Een veel betere beschrijving en definitie van de schademodelen.
- Een zorgvuldige specificatie van alle onzekerheden en aannamen.
- Het meenemen van veel meer emissies en het meenemen van nieuwe thema's zoals grondstofuitputting, nucleaire straling en landgebruik.

Door deze verbeteringen zal in een aantal gevallen de uitkomsten van een Eco-indicator analyse kunnen veranderen. De belangrijkste te verwachten

verschillen zijn:

- Behalve de schade aan menselijke gezondheid en ecosystemen wordt nu ook schade aan de voorraden ertsen en de fossiele brandstoffen meegenomen. Hierdoor zullen producten die veel schaarse metalen gebruiken of die veel fossiele energie verbruiken ongunstiger uitvallen.
- De schade die veroorzaakt wordt door het gebruiken van landoppervlakte wordt nu ook meegenomen. Hierdoor krijgen met name producten op basis van landbouwgewassen een aanzienlijk hogere Eco-indicator waarde. Ook het landgebruik door het storten van afval wordt meegenomen, al zal de bijdrage hiervan vaak verwaarloosbaar blijken.
- De wijze van verspreiding en de afbraak van stoffen in het milieu wordt nu meegenomen. Hierdoor worden stoffen met een korte levensduur minder zwaar meegerekend<sup>4</sup>.
- Het effect van (routinematige) radioactieve emissies, met name door het gebruik van kernenergie wordt meegerekend. Over het algemeen is de invloed hiervan beperkt.

Behalve deze uitbreidingen zijn er ook verschuivingen in het belang van sommige milieueffecten. Zo werd bij de Eco-indicator 95 voor broeikas effect alleen het effect op ecosystemen meegenomen. In de 99 versie wordt alleen gekeken naar de gevolgen die het broeikas effect heeft voor menselijke gezondheid.

De Eco-indicator 95 en de 99 getallen zijn niet compatibel! het is dus niet mogelijk om producten te analyseren met een mengeling van oude en nieuwe indicatoren. Het is ook niet mogelijk om een conversiefactor aan te geven.

### 1.5 Toepassingen en beperkingen

Eco-indicator getallen hebben een beperkte betrouwbaarheid. Ze zijn gebaseerd op de beste beschikbare kennis en modellen en een subjectieve weging, niet meer en niet minder. Deze modellen worden nog steeds doorontwikkeld en verbeterd. In de toekomst zullen er dus herzieningen van de methode nodig zijn.

De Eco-indicator 99 getallen zijn bedoeld voor intern gebruik, zoals bijvoorbeeld bij product ontwikkeling. De getallen zijn niet bedoeld voor milieumarketing, voor milieulabels, of om in het openbaar te bewijzen dat product A beter is dan product B. De Eco-indicatoren zijn ook niet bedoeld voor overheden om normen en richtlijnen uit te vaardigen.

De methode om Eco-indicatoren te berekenen kan wel als een normale LCA methodiek worden gebruikt.

### 1.6 De Eco-indicatoren en ISO

Ongeveer gelijktijdig met de publicatie van dit rapport verschijnt de definitieve Internationale Standaard ISO 14042 voor evaluatie methoden van LCA's. De Eco-indicator methodiek die gebruikt is om de Eco-indicatoren uit te rekenen voldoet op hoofdlijnen, maar vermoedelijk niet in alle details aan deze norm.

<sup>4</sup> In de Eco-indicator 95 werd ook wel rekening gehouden met dit effect, maar op een zeer grove manier. Stoffen met een korte levensduur werden eenvoudig buiten beschouwing gelaten.

Overigens stelt ook deze ISO 14042 dat weegmethodes die tot één score leiden niet mogen worden gebruikt voor openbare vergelijkingen tussen twee of meer concurrerende producten.

### **1.7 De lijst met indicatoren**

Achterin dit rapport is de complete lijst met indicatoren weergegeven. De Eco-indicatorwaarde wordt uitgedrukt in Eco-indicatorpunten (Pt). In de Eco-indicatorlijst zijn de gegevens uitgedrukt als milli-indicator om te voorkomen dat met veel cijfers achter de komma moet worden gewerkt (dus 1,8 mPt = 0,0018 Pt).

De absolute waarde van een Eco-indicator punt heeft niet veel praktische betekenis, omdat het bij Eco-indicator analyses om relatieve vergelijkingen van producten of componenten gaat. De schaal is zo gekozen dat 1 Eco-indicator punt overeen komt met een duizendste van de totale jaarlijkse milieubelasting van een gemiddelde Europeaan<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Deze referentie werd gekregen door de totale milieubelasting te delen door het aantal Europeanen en deze met een factor 1000 te vermenigvuldigen (schaalfactor).



## De standaard Eco-indicatoren

Er zijn standaard Eco-indicatorwaarden voor:

- **Materialen.** De totale productieprocessen, vanaf de grondstofwinning op basis van 1 kilo materiaal.
- **Bewerkingsprocessen.** Bewerking en verwerking van verschillende materialen. Per bewerking uitgedrukt in de eenheid die bepalend is voor dat proces (vierkante meter gewalste plaat of kilo geëxtrudeerde kunststof).
- **Transportprocessen.** Deze zijn meestal uitgedrukt in de eenheid tonkilometer.
- **Energie-opwekkingsprocessen.** Er zijn waarden voor de productie van elektriciteit en warmte.
- **Afdankscenario's.** Deze zijn per kilo materiaal, uitgesplitst naar de materiaalsoorten en afvalverwerkingstechniek.

Voor de processen die de materiaalproductie, de bewerkingen, het transport en de energieopwekking beschrijven is uitgegaan van Europese gemiddelden. De afvalverwerkings- en recyclingsprocessen zijn een Europese als een Nederlandse versie doorgererekend. Bij het bepalen van de indicatoren is een bepaalde definitie gehanteerd voor het begrip materiaal of proces. Hieronder worden de gehanteerde definities kort weergegeven en wordt enige toelichting gegeven.

### Productie van materialen

Bij het bepalen van de indicator voor de productie van materialen zijn alle processen meegenomen vanaf de winning van grondstoffen tot en met de laatste productiestap, resulterend in bulkmateriaal. Transportprocessen binnen dit traject zijn ook meegenomen tot aan het laatste proces in de productieketen. Welk proces dat is kan worden afgeleid uit de toelichting in de Eco-indicatorenlijst. Voor kunststof zijn bijvoorbeeld alle processen vanaf de oliewinning tot en met het maken van granulaat meegerekend, voor staalplaat zijn alle processen vanaf de erts- en cokeswinning tot en met het walsproces meegerekend. De productie van kapitaalgoederen (machines, gebouwen en dergelijke) is niet meegerekend.

### Bewerkingsprocessen

De Eco-indicatoren voor bewerkingsprocessen hebben betrekking op de emissies die tijdens het proces worden uitgestoten en emissies van de energie-opwekkingsprocessen die nodig zijn. Ook hier zijn kapitaalgoederen, bijv. machines en matrijzen, niet meegerekend.

### Transport

Voor transportprocessen is de belasting van emissies meegenomen die zijn veroorzaakt door het winnen en produceren van brandstof en het opwekken van energie uit brandstof tijdens het rijden. De eenheid is het vervoeren van 1000 kg goederen over 1 km (1 tkm). Voor volume-wegtransport is een ande-

re eenheid gehanteerd.

- Wegtransport. Er zijn gegevens gebruikt voor verschillende typen vrachtwagens. Naast transport waarbij de massa de kritische factor is (massa per km) is ook een indicator bepaald voor het geval het volume de bepalende maat is (m<sup>3</sup> volume per km).
- Treintransport. Hier is uitgegaan van de gemiddelde Europese verhouding tussen diesel en elektrische tractie en een gemiddelde beladingsgraad.
- Vliegtuigtransport. Er is behalve een gemiddeld cijfer ook een specificatie gemaakt van verschillende vliegtuigtypen die met name intercontinentaal en continentaal vliegen.

In alle gevallen is rekening gehouden met de gemiddelde beladingsgraad in Europa. Hierin zit dus ook het eventueel leeg terug rijden. Verder zijn ook de milieueffecten voor de productie van de vervoersmiddelen en de infrastructuur (ook wegen, spoorwegen en luchthaven afhandeling) meegenomen, omdat deze zeker niet te verwaarlozen zijn.

### **Energie**

De energie-indicatoren hebben betrekking op het winnen en produceren van brandstoffen en het opwekken van energie. Er wordt daarbij rekening gehouden met het gemiddelde rendement. Voor de score van elektriciteit is rekening gehouden met de verschillende brandstoffen die in Europa worden gebruikt om elektriciteit op te wekken. Er is een Eco-indicator bepaald voor hoogspanning, bedoeld voor industriële processen. Ook voor laagspanning is een Eco-indicator bepaald, met name voor huishoudelijk en klein industrieel stroomverbruik. Het verschil is voornamelijk netverliezen en infrastructuur zoals hoogspanningskabels. Naast het gemiddelde voor Europa zijn ook voor een aantal landen indicatoren bepaald. De vrij grote verschillen tussen landen zijn te verklaren uit de verschillende productietechnieken en brandstoffen.

Voor elektriciteit uit zonne-energie zijn indicatoren gebruikt voor panelen die tegen de gevel of op het dak van een huis kunnen worden geplaatst. De relatief hoge milieubelasting bij dit soort elektriciteit opwekking komt voort uit de productie en de afdanking van de panelen en de bijbehorende installaties.

### **Afvalverwerking en recycling**

Niet alle producten worden op dezelfde wijze afgedankt. Bij het gebruiken van indicatoren moet daarom zorgvuldig worden overwogen welke wijze van afvalverwerking het meest van toepassing is.

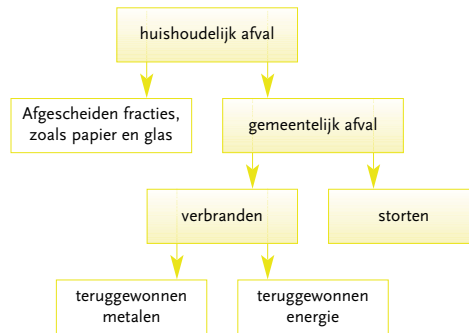
Wanneer een product voornamelijk uit papier of glas bestaat en de vormgeving zodanig is dat de materialen in de glasbak of de papierbak kunnen, is het verantwoord aan te nemen dat een deel van de huishoudens deze materialen uit de afvalstroom scheidt en gescheiden inlevert. Wanneer een product maar een klein papieren of glazen onderdeel bevat is het niet zo realistisch aan te nemen dat deze materialen apart worden ingezameld. In dat geval is het waarschijnlijk dat het product aan de gemeentelijke vuilverwerking wordt

aangeboden.

Er zijn zowel scenario's voor het eerste geval als voor het tweede geval door-  
gerekend. Daarnaast zijn er nog scenario's gegeven voor het volledig ver-  
branden, het storten en het recyclen van producten. Deze scenario's komen  
in de praktijk niet veel voor.

- **Huishoudelijk afval.** In een gemiddeld huishouden worden, nadat beslo-  
ten is een product af te danken, een aantal materialen zoals glas, papier  
en composteerbaar afval apart ingezameld en gerecycled. De rest ver-  
dwijnt in de vuilnisbak en wordt dus aan de gemeente aangeboden. In het  
huishoudelijk afvalscenario is het gemiddelde gedrag van een huishouden  
weergegeven op basis van de Europese situatie.
- **Gemeentelijk afval.** In het gemeentelijk afvalscenario is de gemiddelde  
verwerking van afval in Europa gemodelleerd. Hierbij is als uitgangspunt  
gehanteerd dat een bepaald deel wordt gestort en de rest wordt verbrand.  
De milieubelasting van het transport door vuilniswagen is daarbij meege-  
rekend.
- **Verbranden.** Bij verbranden wordt uitgegaan van een zeer moderne instal-  
latie, met hoogwaardige zuivering. Deze situatie bestaat nog lang niet  
overall, maar dit zal de komende jaren geleidelijk veranderen. Uit de ver-  
brandingslakken wordt nog een deel van het staal en het aluminium  
teruggewonnen en gerecycled. Daarnaast wordt energie opgewekt en als  
elektriciteit aan het net geleverd.
- **Storten.** Bij storten wordt uitgegaan van moderne stortplaatsen met water-  
zuivering en goede afdichting, waardoor relatief weinig schadelijke stof-  
fen in het grondwater komen.
- **Recycling.** Net als andere processen belast een recyclingsproces het  
milieu; echter er wordt ook nieuw, nuttig inzetbaar materiaal geprodu-  
ceerd. Dat nuttige materiaal kan worden gezien als een milieuwinst,  
immers door recycling hoeft er elders minder materiaal te worden  
gemaakt. In de tabellen wordt zowel de milieubelasting als de "winst"  
weergegeven. Het probleem is echter dat van geval tot geval de milieube-  
lasting, maar ook de "winst" kan verschillen. Dit hangt onder meer samen  
met de zuiverheid van de aangeleverde materialen en de bruikbaarheid  
van het geproduceerde materiaal. De gepresenteerde getallen moeten daar-  
om gezien worden als een voorbeeld van een mogelijke situatie. In dit  
geval is het een vrij optimistisch voorbeeld, dus relatief schone materialen  
die een goed bruikbaar product opleveren. Door deze omstandigheden zijn  
de getallen in de lijst dus zeer onzeker en moeten ze met de nodige voor-  
zichtigheid worden gehanteerd.

De samenhang tussen de afvalscenario's huishoudelijk afval, gemeentelijk  
afval, verbranden en storten is in figuur 1 nog eens grafisch weergegeven.



*Figuur 1: Schematische weergave van de afvalscenario's (grijze blokken) en de onderlinge samenhang. Het is aan de gebruiker om te kiezen tussen de verschillende scenario's.*

De afvalgegevens zijn vastgesteld voor de belangrijkste kunststoffen, metalen en verpakkingsmaterialen. Voor de chemicaliën en voor bouwmaterialen zijn geen afvalcijfers gegeven. Niet brandbare bouwmaterialen worden meestal gestort of (met name in Nederland) hergebruikt als wego-phoging of als grove fractie in beton. Chemisch inerte bouwmaterialen zoals schoon beton hebben op de stortplaats geen ander milieueffect dan dat ze ruimte innemen. Voor die gevallen is een waarde gegeven per eenheid volume. Als een afval berg hoog is neemt ze minder ruimte in dan een lage berg. Het hier gegeven getal is geldig als de afvallaag 10 meter dik is. Als de laag half zo dik is wordt de indicator waarde twee maal zo groot.

Voor het afdanken van chemicaliën is de situatie zo complex dat geen algemene waarden gegeven kunnen worden.

### **Negatieve cijfers bij afvalverwerking**

Bij sommige scenario's ontstaan negatieve cijfers. Dit is met name het geval als bij de afvalverwerking nuttig bruikbare energie of materiaal vrijkomt. De energie en materialen die worden teruggenomen worden beschouwd als winst voor het milieu. Als er 1 kg schroot wordt teruggewonnen hoeft ergens anders minder ijzer te worden gemaakt. De milieueffecten voor het maken van 1 kg ruw ijzer worden daarom dus afgetrokken. We spreken van een substitutieregel. In een aantal gevallen, voornamelijk bij recycling, is de aftrek groter dan de milieubelasting van een proces, waardoor de negatieve getallen ontstaan.



## Gebruiksaanwijzing

Voor de juiste toepassing van de Eco-indicator moeten steeds de volgende stappen worden doorlopen:

- 1 Bepaal het doel van de Eco-indicatorberekening.
- 2 Stel de levensloop vast.
- 3 Kwantificeer materialen en processen.
- 4 Vul het formulier in.
- 5 Interpreteer de resultaten.

In de meeste gevallen is het aan te raden om eenvoudig te beginnen en in eerste instantie 'grof' te rekenen. Later kunnen dan details worden toegevoegd en gegevens worden herzien of aangevuld. Hierdoor wordt voorkomen dat men te veel tijd verliest met details.

### stap 1

#### Bepaal het doel van de Eco-indicator berekening

- Beschrijf het product of productonderdeel dat wordt geanalyseerd.
- Stel vast of een analyse van dit product wordt gemaakt, of een vergelijking met een ander product.
- Stel vast welke nauwkeurigheid gewenst is.

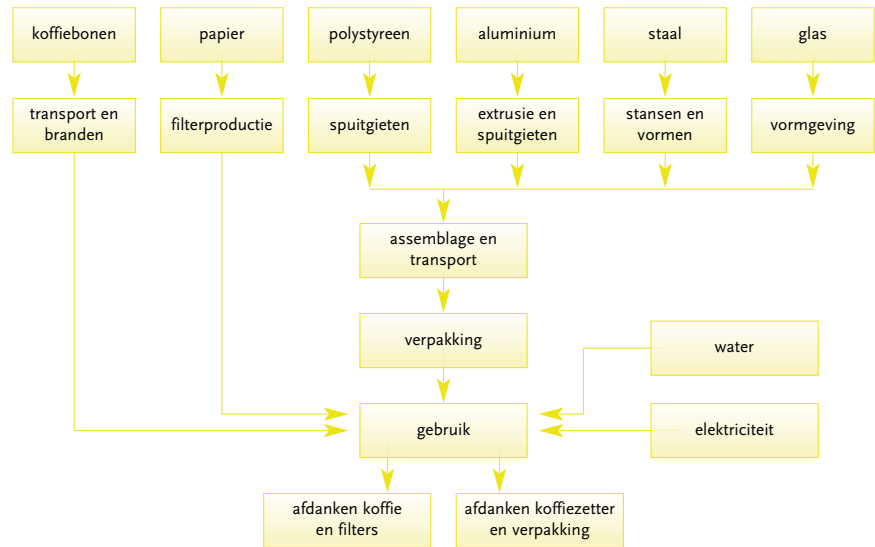
Indien de berekening tot doel heeft om snel een globale indruk te krijgen van de belangrijkste milieubelastende processen van een product, kan worden volstaan met het meenemen van een aantal kernzaken. Daarbij worden grove aannames gedaan en worden lang niet alle details meegenomen. In een later stadium echter kan men ook doelbewust gedetailleerd willen kijken naar alternatieven voor deelproblemen of bijvoorbeeld een nieuw ontwerp willen vergelijken met een bestaand. In dat geval is een secuurder aanpak nodig en een goede 'eerlijke' vergelijkingsbasis. Bij vergelijkingen is het ook mogelijk om onderdelen of processen die in beide productlevenscycli gelijk zijn, buiten beschouwing te laten.

### stap 2

#### Stel de levensloop vast

- Maak een schematisch overzicht van de levensloop van het product, waarbij gelijke aandacht wordt besteed aan de productie, het gebruik en de afvalverwerking.

Voor een levenscyclusanalyse gaat het er niet zozeer om een product, dan wel een product-levensloop te analyseren. Er moet dus niet alleen een (schetsmatige) beschrijving van een product aanwezig zijn maar ook een schets van de levensloop. Belangrijke elementen van de beschrijving zijn de door het product te leveren prestatie en het afvalscenario. Hieronder is een vereenvoudigde levensloop van een koffiezetter voor huishoudelijk gebruik weergegeven. Een dergelijke procesboom geeft veel inzicht bij de verdere analyse.



Figuur 2. Voorbeeld van een vereenvoudigde procesboom voor de levensloop van een koffiezetter.

### stap 3

#### Kwantificeer materialen en processen

- Bepaal een functionele eenheid.
- Kwantificeer alle relevante processen uit de procesboom.
- Maak aannames voor de ontbrekende gegevens.

Men noemt in de LCA-methodiek de beschrijving van product, levensloop en prestatie de functionele eenheid. Op basis van deze functionele eenheid en op basis van de gegevens over het product kan nu voor elk proces in de procesboom een hoeveelheid worden bepaald. Vooral bij het maken van vergelijkingen is het van belang dat de te leveren prestatie van beide producten gelijk is.

Niet alle details van een productlevensloop zijn in de regel bekend; er zijn dan ook een aantal schattingen nodig. De schattingen kunnen leiden tot twee resultaten:

- Het weglaten van een onderdeel of proces. Dit is alleen verantwoord als de bijdrage van dit deel klein is ten opzichte van de rest.
- Het zelf schatten van een hoeveelheid.

In het algemeen geldt dat het beter is eerst een aantal schattingen te doen en pas later naar nauwkeurige gegevens te zoeken als dat nodig blijkt.

#### Voorbeeld functionele eenheid

- I Voor een huishoudelijke koffiezetter wordt een functionele eenheid als volgt vastgesteld. Het doel van de koffiezetter is het maken en warmhouden van koffie. Als functionele eenheid wordt daarom gekozen: Alle pro-

ducten en processen die nodig zijn om gedurende en aantal jaar elke dag en aantal koppen koffie te maken, en deze gedurende enige tijd warm te houden. Dit kan bijvoorbeeld zijn: gedurende vijf jaar twee keer per dag 5 kopjes koffie zetten en na het zetten een half uur warm houden. Op basis van deze aanname kan het aantal filters (3650 stuks) en het energieverbruik worden meegenomen. Tevens komt een eventueel verschil tussen gebruik van een thermoskan en een warmhoudplaatje aan het licht.

- Een wegwerpluier wordt vergeleken met een wasbaar exemplaar. Het doel van luiers is gedurende de onzindelijkheid ontlasting op te vangen. Een aanname voor een eerlijke vergelijkingsbasis kan nu zijn: het aantal luiers en processen benodigd voor een onzindelijkheidsperiode van 30 maanden. Van de wasbare luier wordt dan ook het wassen en drogen meegenomen.

#### stap 4

##### Vul het formulier in

- Noteer de materialen en processen op het formulier en vul de hoeveelheden in.
- Zoek de bijbehorende Eco-indicatorwaarden op en vul deze in.
- Bereken de scores door de hoeveelheden met de indicatorwaarden te vermenigvuldigen.
- Tel de deelresultaten bij elkaar op.

Er is een eenvoudig formulier ontwikkeld waarop de berekeningen kunnen worden uitgevoerd. Net als de Eco-indicatorlijsten is dit formulier als losse insteekkaart achterin deze handleiding opgenomen. Dit formulier kan voor eigen gebruik worden gekopieerd. Naast dit formulier is er ook speciale Eco-indicator software beschikbaar voor het maken van berekeningen.

Wanneer er een indicatorwaarde ontbreekt voor een materiaal of proces ontstaat een probleem dat als volgt opgelost kan worden:

- Ga na of de ontbrekende indicator een significante bijdrage zou kunnen leveren aan de totale milieubelasting.
- Substitueer een onbekende indicator door een bekende. Bij beschouwing van de lijst zal blijken dat de indicatorwaarden voor kunststoffen steeds in dezelfde range liggen. Voor een ontbrekende kunststof kan op basis daarvan een waarde worden geschat die in deze range ligt.
- Vraag een milieu-expert een nieuwe indicatorwaarde te berekenen. Voor dit doel zijn softwarepakketten beschikbaar.

Het weglaten van een materiaal of proces omdat er geen indicatorwaarde beschikbaar is, is alleen toelaatbaar als het duidelijk is dat de te verwachte bijdrage van dit deel zeer klein is. Een schatting maken of een substituuut kiezen, is in de regel beter dan weglaten.

## **stap 5**

### **Interpreteer de resultaten**

- Verbindt (voorlopige) conclusies aan de resultaten.
- Controleer de invloed van aannames en onzekerheden.
- Stel (eventueel) conclusies bij.
- Controleer of aan het doel van de berekening is voldaan.

Uit de hoogte van de scores kan worden afgeleid welke processen en fasen in de levensloop het belangrijkste zijn of welk alternatief het laagst scoort. Voer altijd een controle uit op de invloed van aannames en onzekerheden. Wat gebeurt er met het resultaat als een aanname enigszins wijzigt? Blijft de hoofdconclusie overeind of veranderen de prioriteiten of de voorkeur voor een product? Indien dit zo is zal de aanname opnieuw moeten worden bekeken en zal naar aanvullende informatie moeten worden gezocht.

Eco-indicatoren zijn niet exact. Aan het eind van hoofdstuk 5 wordt hier nader op in gegaan en wordt een eenvoudige procedure voorgesteld om met de onzekerheden in de getallen om te gaan.



## Voorbeelden

Ter illustratie van het gebruik van de Eco-indicator zijn een aantal voorbeelden beschreven. Het eerste is een voorbeeld van een eenvoudige analyse van een koffiezetter, waarbij de in het vorige hoofdstuk gedefinieerde stappen nogmaals worden doorlopen.

### 4.1 Een eenvoudige analyse van een koffiezetter

Een ontwerpteam gaat een nieuw model koffiezetter voor huishoudelijk gebruik ontwikkelen en wil daarbij rekening houden met de milieuaspecten. Om aan het begin van de ontwikkeling prioriteiten te stellen wordt een analyse van het huidige model gemaakt.

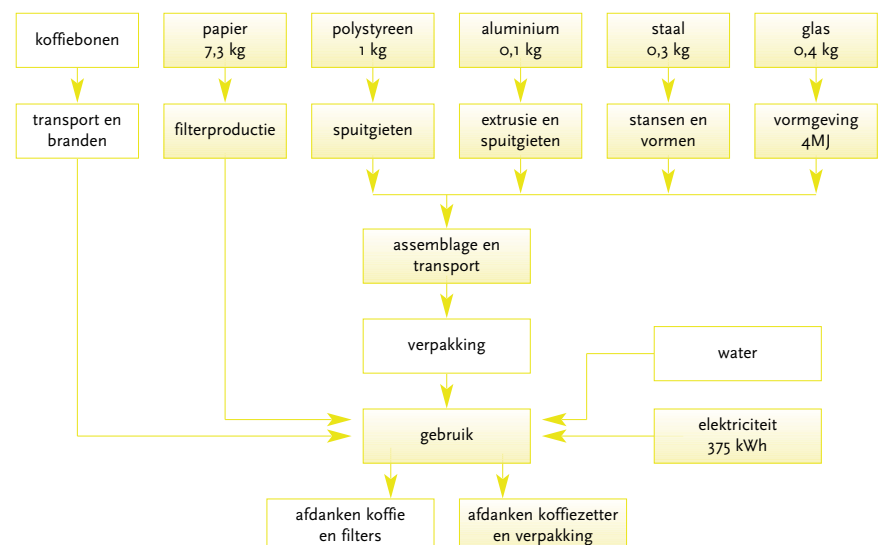
#### Stap 1: Bepaal het doel van de Eco-indicatorberekening

De doelstelling van de berekening is het vaststellen van prioriteiten, met andere woorden: Waar kan de ontwerper zich het best op richten om zoveel mogelijk milieuwinst te behalen? Het doel is dus niet het vergelijken van twee koffiezetters. In eerste instantie kan vrij 'grof' worden gerekend en zijn vereenvoudigingen toelaatbaar.

#### Stap 2: Stel de levensloop vast

De procesboom is afgebeeld in figuur 3. In de procesboom zijn tevens de hoeveelheden vermeld die in stap 3 worden geïnventariseerd. Er wordt een vereenvoudigd model van een koffiezetter gebruikt, waarin alleen de polystyreen behuizing, de glazen kan, het stalen warmhoudplaatje en een aluminium stijgbuisje zijn meegenomen (het netsnoer en de schakelaar zijn in dit voorbeeld weggelaten).

De witte blokken in de volgende figuur worden in de Eco-indicatorberekening buiten beschouwing gelaten. Het koffie- en waterverbruik wordt weggelaten omdat deze moeilijk door de ontwerper te beïnvloeden zijn. De verpakking wordt weggelaten omdat deze op dit moment niet het onderwerp van studie is.



Figuur 3: Procesboom van een vereenvoudigd model koffiezetter met hoeveelheden en aannames.

### **Stap 3: Kwantificeer materialen en processen**

De materiaalhoeveelheden en verwerkingsprocessen kunnen nu worden opgezocht of gemeten. De gebruikte materiaalhoeveelheden kunnen worden afgeleid uit de ontwerp-specificaties of, indien het een bestaand apparaat is, door het wegen van de onderdelen. Voor de benodigde hoeveelheid elektriciteit en het aantal filters is een aanname nodig voor de gebruiksfrequentie. In dit voorbeeld is aangenomen dat het apparaat 5 jaar lang, twee maal per dag wordt gebruikt op de halve capaciteit (5 kopjes). Verder is aangenomen dat de koffie na het uitschenken een half uur wordt warmgehouden. Dit is dezelfde functionele eenheid die in het vorige hoofdstuk bij stap 3 is beschreven.

Het is gemakkelijk na te rekenen dat er in dit geval 3650 filters nodig zijn en dat deze in totaal 7,3 kilo wegen. Het elektriciteitsverbruik is iets minder eenvoudig vast te stellen, maar een eerste benadering is mogelijk door de tijd voor het zetten te meten en te vermenigvuldigen met het opgegeven vermogen. Het energieverbruik voor het warmhouden is nog moeilijker te meten, maar valt af te leiden uit gegevens over losse warmhoudplaatjes. Er bestaan echter ook goedkope vermogensmeters voor dit doel. De 375 kWh is bepaald op basis van metingen.

Ook voor het afvalstadium moeten aannames worden gemaakt ten aanzien van het consumentengedrag. Het is in dit geval niet realistisch te veronderstellen dat het apparaat wordt gedemonteerd en door de consument bij verschillende inzamelsystemen wordt ingeleverd. We nemen daarom aan dat het apparaat in de vuilnisbak verdwijnt en dus verwerkt wordt als gemeentelijk afval. Alleen de glazen pot, mits zo ontworpen dat deze door de opening van de glasbak past, zal als huishoudelijk afval kunnen worden beschouwd. In dit scenario is rekening gehouden met het feit dat een bepaald deel van de huishoudens glas in de glasbak stopt en dat dit glas wordt gerecycled. Het is dus niet nodig om apart glasrecycling in de berekening op te nemen (zie het voorbeeldformulier).

De filters belanden voor een deel in de vuilniszak en voor een deel bij het GFT-afval. Hoewel exacte gegevens ontbreken is het aannemelijk dat ongeveer de helft van het papier in de GFT-bak komt.

### **Stap 4: Vul het formulier in**

Per fase in de levensloop kan nu het formulier worden ingevuld en kunnen de bijbehorende Eco-indicatorwaarden worden genoteerd. Let daarbij op de eenheden! Vervolgens wordt per proces de score uiterekend en genoteerd in de kolom onder 'resultaat'.

Wanneer de Eco-indicatorlijst wordt geraadpleegd blijkt soms dat niet alle benodigde processen zijn vermeld. Voor de ontbrekende gegevens zullen aannames moeten worden gedaan. Dit betreft in dit voorbeeld een aantal bewerkingsprocessen en afvalprocessen. De volgende aannames zijn nodig:

- Voor vervormen van staal zijn de indicatoren zeer laag. Omdat de bijdrage van de metaalbewerking zeer laag is, kan dit deel worden verwaarloosd.
- Voor de bewerking van glas zijn geen gegevens bekend. Toch kan op basis van de smelttemperatuur, de soortelijke warmte en een aanname voor het ovenrendement een schatting van de hoeveelheid energie worden gemaakt (in dit geval 4 MJ).

In de afvalfase is geen indicatorwaarde voor composteerbaar afval gegeven. Er zijn twee benaderingen mogelijk:

- De mogelijkheid van composteren negeren en aannemen dat al het papier aan de gemeentelijke afvalverwerking wordt aangeboden.
- Aannemen dat composteren verwaarloosbare milieu-ingrepen heeft en dus kan worden weggelaten.

In dit voorbeeld is gekozen voor de benadering dat al het papier aan de gemeentelijke afvalverwerking wordt aangeboden. Hieronder is een compleet ingevuld formulier afgedrukt:

<i>Product of onderdeel</i> <b>koffiezetter</b>	<i>Project</i> <b>voorbeeld</b>
<i>Datum</i> <b>14-4-2000</b>	<i>Auteur</i> <b>PRé</b>
<i>Opmerkingen en conclusies</i> Analyse van een koffiezetter aanname: 5 jaar gebruik, 2 x per dag, halve capaciteit, 30 minuten warmhouden	

<b>Productie</b> (Materialen, bewerkingen, transport etc.)			
materiaal of proces	hoeveelheid	indicator	resultaat
polystyreen	1 kg	360	360
sputgieten PS	1 kg	21	21
aluminium	0,1 kg	780	78
extrusie Al	0,1 kg	72	7
staalplaat	0,3 kg	86	26
glas	0,4 kg	58	23
gaswarmte voor Glas	4 MJ	5,3	21
Totaal [mPt]			536

<b>Gebruik</b> (Transport, energie en evt. hulpmaterialen)			
proces	hoeveelheid	indicator	resultaat
elektriciteit	375 kWh	37	13.875
laagspanning			
papier	7,3 kg	96	701
Totaal [mPt]			14.576

<b>Afdanking</b> (Afdankingsprocessen per materiaalsoort)			
materiaal en type verwerking	hoeveelheid	indicator	resultaat
gemeent.afval PS	1 kg	2	2
gemeent. afval ferro	0,4 kg	-5,9	-2,4
huishoud. afval glas	0,4 kg	-6,9	-2,8
gemeent. afval papier	7,3 kg	0,71	5,2
Totaal [mPt]			2
<b>Totaal [mPt]</b> (over alle fasen)			15.114

### **Stap 5: Interpreteer de resultaten**

Uit de resultaten op het formulier blijkt dat de gebruiksfase het meest belastend is. Het aantal punten is vele malen hoger dan de totalen van de productiefase en de afvalfase. Het ontwerpteam zal daarom bij de ontwikkeling van het nieuwe model koffiezetter de hoogste prioriteit aan een lager energieverbruik moeten toekennen. Een goede tweede is het verminderen van het papierverbruik door de eenmalige filters.

Van de materialen is de belasting van de polystyreen behuizing dominant. Er zou gezocht kunnen worden naar manieren om materiaal te besparen.

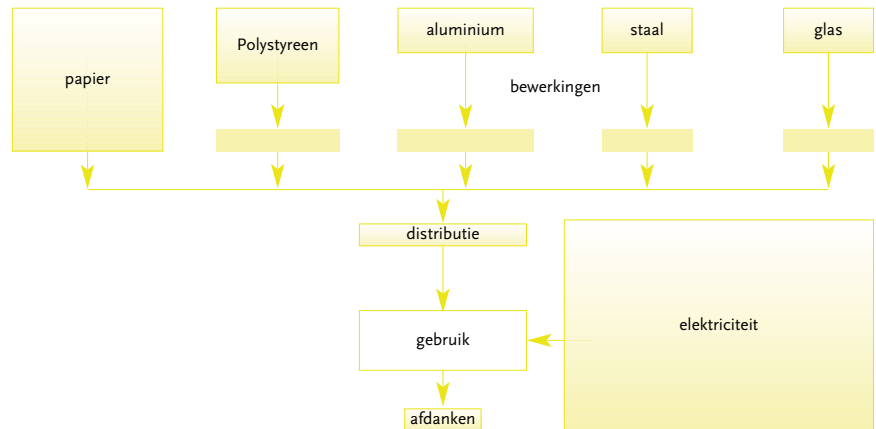
### **Controle**

De invloed van aannames is in dit geval verwaarloosbaar, behalve de aanname voor het gebruik (en de levensduur). Het gemeten elektriciteitsverbruik is een redelijk betrouwbaar gegeven, maar de aanname dat vijf jaar lang tweemaal per dag koffie wordt gezet die een half uur warmgehouden wordt is niet met concrete gegevens onderbouwd. Als echter wordt aangenomen dat het apparaat slechts één maal per week wordt gebruikt blijft de conclusie, dat het energieverbruik dominant is, nog steeds hetzelfde.

De indicatorwaarden van de aanname voor afdanken van aluminium en papier geeft geen aanleiding tot andere conclusies. De bijdrage van de afvalfase zal ook met juiste afvalcijfers slechts een fractie blijven van de indicator voor de gebruiksfase.

### **Verbeteringen**

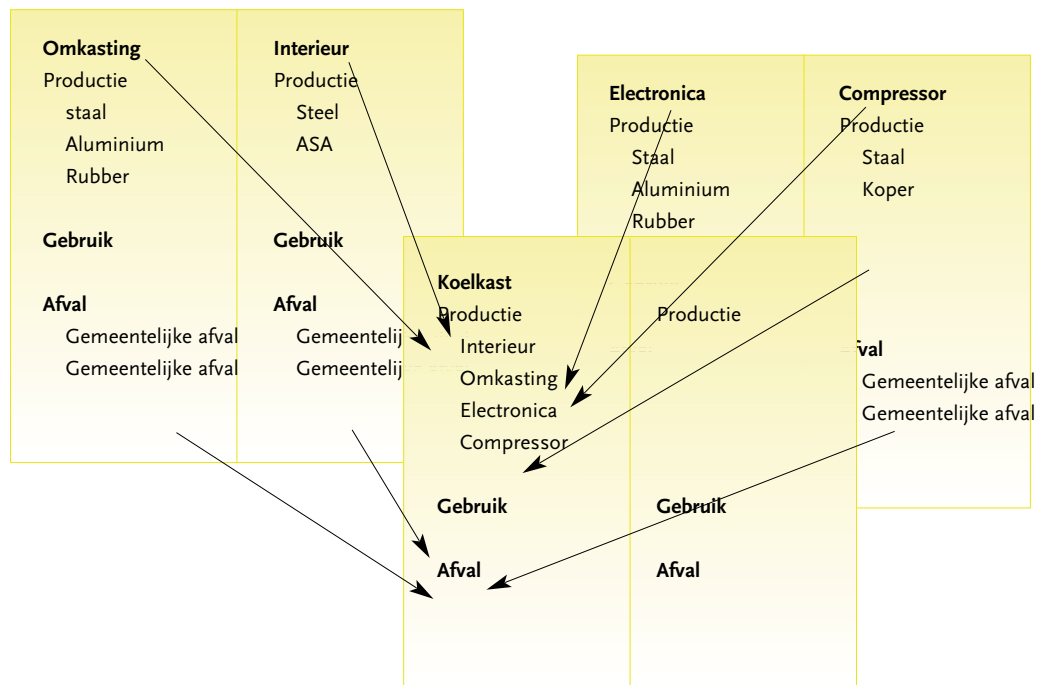
Op grond van deze Eco-indicatorberekening zou het ontwerpteam kunnen overwegen een koffiezetter te ontwikkelen met een thermos-kan in plaats van een warmhoudplaatje. Daarnaast zou de koffiezetter kunnen worden voorzien van een permanentfilter in plaats van eenmalige papieren filters. Deze ontwerp-alternatieven kunnen natuurlijk op dezelfde wijze met de Eco-indicator worden doorgerekend. Het resultaat van deze analyse is hieronder in figuur 4 nog eens weergegeven in de procesboom. Hierbij is de grootte van elk blok een maat voor de relatieve bijdrage aan het totaal.



Figuur 4: De procesboom van de koffiezetter, waarbij de grootte van de procesblokken in relatie staat tot het relatieve belang van het proces.

#### 4.2 Voorbeeld van een complex product

Indien producten veel onderdelen bevatten is het formulier snel te klein. In dat geval kan een product worden gedefinieerd door het onder te verdelen in deelsamenstellingen, net als bij het maken van technische tekeningen. Per samenstelling kan dan een kolom op het formulier worden gebruikt. De totaalscores van deze formulieren worden overgenomen op een hoofdformulier. Op dit formulier kan ook de gebruiksfase worden meegenomen. Figuur 5 geeft deze wijze van invullen weer voor een koelkast:



Figuur 5: Voorbeeld van een ingevuld formulier (hier zonder getallen) waarbij het product is opgesplitst.



## De Eco-indicator 99 methodiek

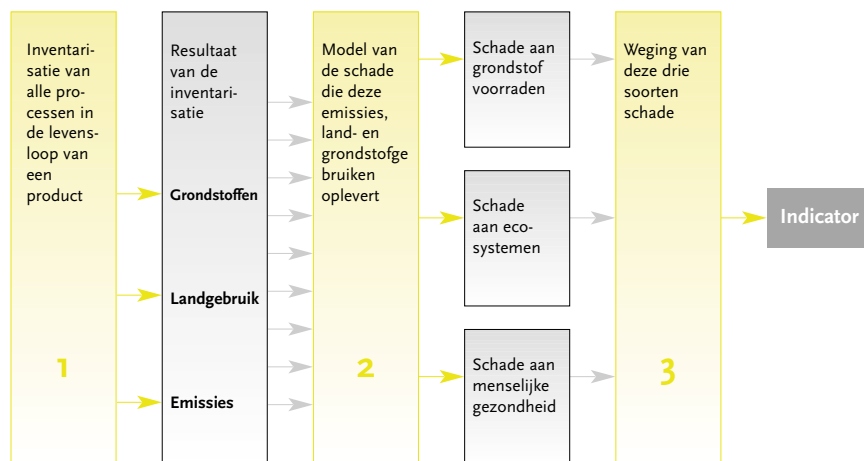
Om de standaard Eco-indicatoren te kunnen berekenen is een methodiek ontwikkeld, die hieronder kort wordt beschreven. De precieze details van dit model zijn beschreven in het methodologie rapport, dat apart verkrijgbaar is.

### 5.1 Drie stappen

Om een Eco-indicator waarde te bepalen zijn er drie stappen nodig:

- 1 De inventarisatie van alle milieu-ingrepen in alle processen die een rol spelen in de levenscyclus van een product. Deze stap is de basis voor elke LevensCyclusAnalyse (LCA). Het resultaat is een lijst met emissies, landgebruik en verbruikte grondstoffen.
- 2 Het berekenen van de schade die deze ingrepen veroorzaken ten aanzien van menselijke gezondheid, ecosystemen en grondstofvoorraden.
- 3 De weging van de schade aan gezondheid, ecosystemen en voorraden. Voor deze stap is gebruikt gemaakt van een vragenlijst die aan een groot aantal mensen (panel) is toegestuurd.

In figuur 6 zijn de drie stappen weergegeven. Hieronder worden de stappen nader omschreven, in omgekeerde volgorde, dus beginnend bij stap 3. De ontwikkeling van de methodologie werd ook in deze volgorde gedaan.



Figuur 6: Schematische weergave van de procedure voor het berekenen van Eco-indicatoren. De grijze blokjes geven de procedures aan; de zwarte de (tussen)resultaten.

### 5.2 De weging (Stap 3)

De weging tussen verschillende soorten schade is de moeilijkste en vaak meest omstreden stap. In veel LCA methoden wordt getracht om een tiental milieueffecten, zoals verzuring, ozonlaagaantasting, toxiciteit en energieverbruik onderling te wegen. Een panel van al of niet deskundigen wordt gevraagd om weefactoren toe te kennen aan deze nogal abstracte begrippen.

De praktijk leert dat dit moeilijk is, omdat mensen moeilijk de ernst van milieueffecten kunnen begrijpen zonder meer te weten over wat deze effecten nu werkelijk doen. Ook het grote aantal milieueffecten maakt weging moeilijk.

In de Eco-indicator 99 methodologie ontwikkeling is begonnen bij de weging: welke soort informatie kan een panel werkelijk op een zinvolle manier wegen? Er is gekozen om niet de effecten maar de schade die de effecten veroorzaken te laten wegen. Verder is ervoor gekozen om niet meer dan drie thema's te laten wegen door het panel. We vragen dus niet om de ernst van verzuring of broeikaseffect te wegen, maar om drie soorten schade ten gevolge van die effecten te wegen. De schades zijn:

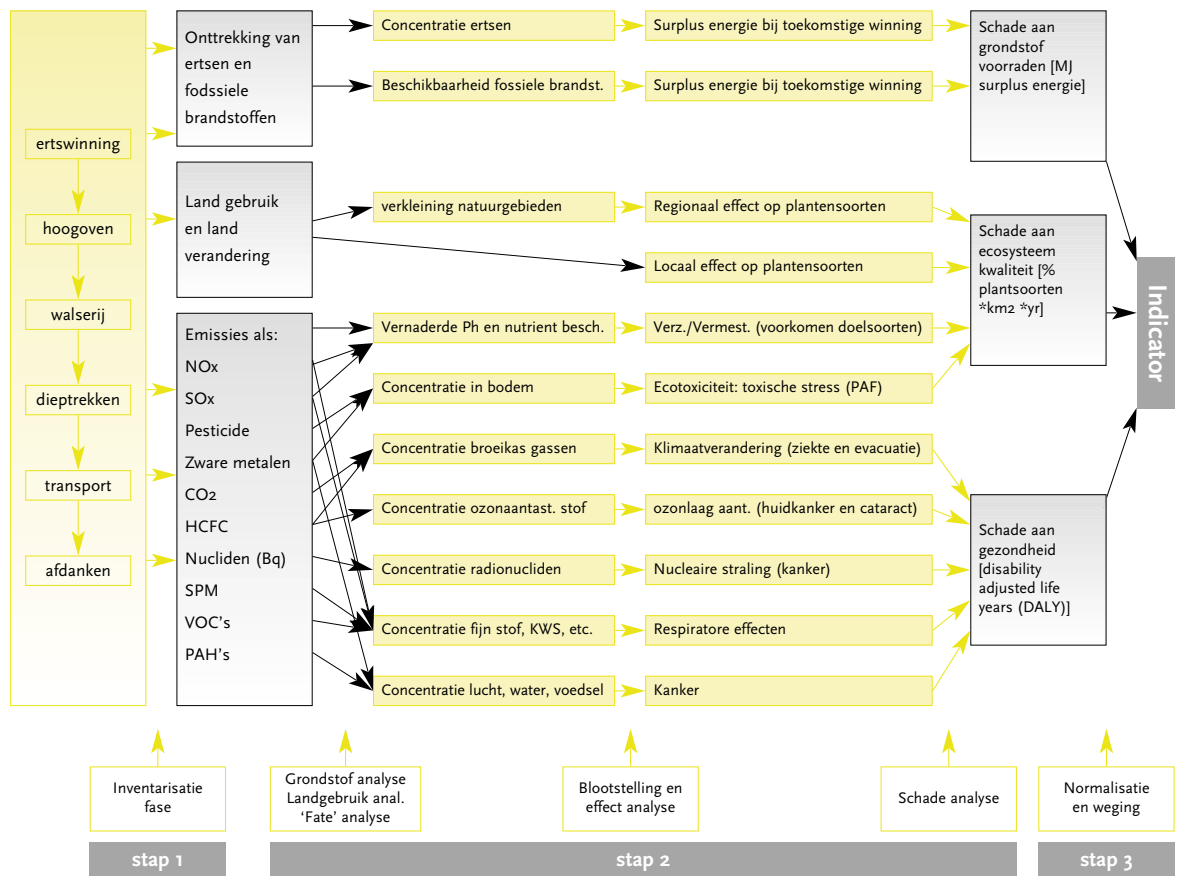
- Schade aan menselijke gezondheid, uitgedrukt in verloren levensjaren en verlaging van de levenskwaliteit door ziekte. Er is gebruik gemaakt van de DALY (Disability Adjusted Life Years) index die ook door de WHO en de Wereldbank worden toegepast.
- Schade aan ecosystemen, uitgedrukt in het verlies aan biodiversiteit over een oppervlakte gedurende een zekere tijd.
- Schade aan de kwaliteit van de voorraden minerale grondstoffen en fossiele brandstoffen. We drukken deze schade uit als de toename in het energieverbruik om in de toekomst grondstoffen van steeds lagere kwaliteit (concentratie) te winnen.

Het panel dat voor de Eco-indicator 99 werd gebruikt bestond uit 365 personen die min of meer actief zijn op het terrein van LCA [Mettier 1999]. Deze groep is dus geen doorsnede van de bevolking maar een speciale groep. Voor deze groep is in eerste instantie gekozen, omdat verondersteld werd dat deze mensen de vragen beter zouden begrijpen. Door de toch nog beperkte omvang van de steekproef en doordat voor een speciale groep is gekozen mogen de resultaten niet als representatief voor de Europese bevolking worden beschouwd. We gebruiken deze resultaten toch omdat we denken dat het heel erg moeilijk zal zijn een werkelijk representatieve vertegenwoordiging in het panel te krijgen.

De conclusie uit dit onderzoek is dat de meeste panelleden schade aan gezondheid en aan ecosystemen ongeveer even belangrijk vinden. Schade aan grondstoffen werd ongeveer half zo belangrijk gevonden.

### 5.3 Schademodel (stap 2)

Om het panel de ernst van schade te laten beoordelen is een complex model ontwikkeld om de schades uit te rekenen. In figuur 7 is dit model schematisch weergegeven:



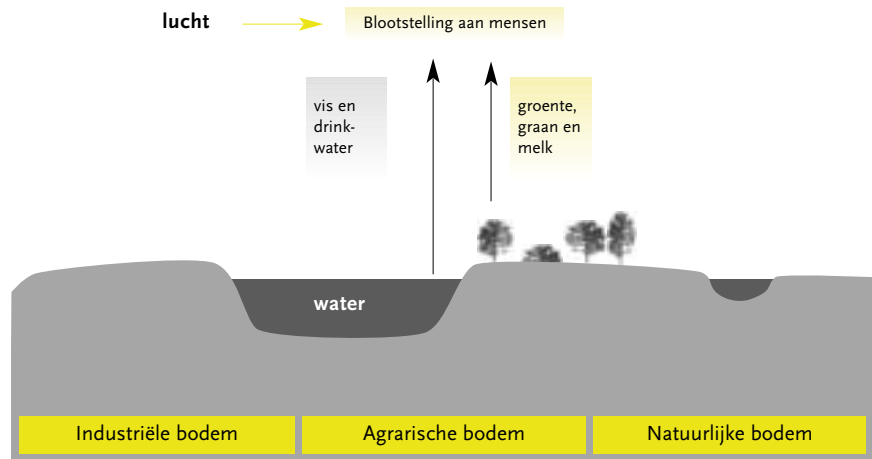
Figuur 7: Gedetailleerd overzicht van de gebruikte schade modellering (stap 2)

### 5.3.1 Het schademodel voor emissies

Voor het berekenen van de schade die veroorzaakt wordt door emissies zijn vier tussenstappen nodig [Hofstetter 1998]:

#### Analyse van het lot van een emissie (fate analysis)

Als een chemische stof vrijkomt zoekt ze een weg door het milieu. Wat er met een stof gebeurt hangt sterk af van de eigenschappen van een stof en of de emissie naar lucht, water of bodem plaatsvindt. Goed oplosbare stoffen regenen vrij makkelijk uit de lucht en gaan in het water zitten, goed verdampende stoffen gaan juist gemakkelijk van water naar lucht. Stoffen die zich gemakkelijk aan bodem deeltjes hechten, hopen zich op in de grond. Een ander belangrijk aspect is dat stoffen door allerlei effecten afgebroken worden, en dus slechts een korte tijd schade kunnen veroorzaken. In de zogenaamde fate analysis wordt nagegaan hoe de stof verdund en afgebroken wordt en in welke concentraties een stof ophoopt in water lucht en bodem, en als afgeleide daarvan in voedsel.



Figuur 8: Schematische weergave van het model voor de berekening van het lot van een emissie.

### Blootstelling

Op basis van de berekening van de concentraties in het milieu en het voedsel, wordt bepaald hoeveel stof opgenomen wordt door mensen, planten en andere blootgestelde organismen.

### Effect analyse

Wanneer bekend is hoeveel van een stof wordt opgenomen kan worden vastgesteld welke soorten ziekten bij mensen ontstaan en welke effecten de stoffen op planten en andere organismen hebben.

### Schade analyse

De ziekten en de andere verschijnselen worden uitgedrukt in een schade eenheid. Als bijvoorbeeld een zekere emissie van een stof bij 10 mensen een bepaalde vorm van kanker veroorzaakt, wordt uit statistische literatuur bepaald op welke leeftijd deze kanker voorkomt en hoe vaak mensen hieraan overlijden. Op basis daarvan wordt het aantal ziekte jaren en het aantal gemiste levensjaren bepaald. Bij schade aan ecosystemen wordt nagegaan welk percentage organismen onder toxische druk leeft, terwijl voor verzuring en vermisting wordt gekeken welk percentage van planten in een bepaald ecosysteem niet meer kunnen voorkomen. Schade aan dieren die hoger in de voedselketen zitten is moeilijker te modelleren. Er is aangenomen dat schade aan planten en bodem en water organismen ook invloed heeft op "hogere" dieren.

Voor de meeste emissies wordt de gemiddelde schade in Europa bepaald. Voor sommige stoffen, zoals lang levende radioactieve stoffen, broeikasgasen en ozonlaagaantastende stoffen wordt de schade in de hele wereld meegenomen.

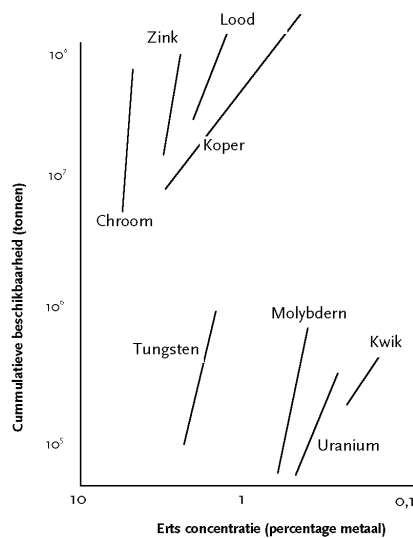
#### 5.3.2 Schademodel voor landgebruik

Voor landgebruik wordt gekeken naar de achteruitgang van het aantal plantensoorten in een gebied. Het zal duidelijk zijn dat een parkeerterrein minder plantensoorten kent dan een natuurgebied. Op basis van vele metingen is

een index gemaakt van de gemiddeld te verwachten plantensoortenrijkdom bij verschillende soorten landgebruik. Een complex probleem is dat bij het gebruik van land ook de hoeveelheid natuurlijk gebied kunstmatig klein wordt gehouden. Nu blijkt dat de soortenrijkdom van een natuurgebied ook afhangt van de grootte van een gebied. Om die redenen kijken we niet alleen naar de schade die wordt veroorzaakt op het parkeerterrein zelf, maar ook naar het effect dat, zolang het parkeerterrein er ligt, het natuurlijke gebied niet groter kan worden. We noemen dit het regionale effect. Zowel het lokale als het regionale effect worden meegenomen.

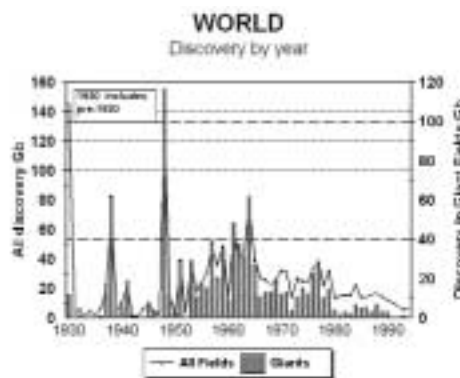
### 5.3.3 Schademodel voor grondstofuitputting

Door het onttrekken van mineralen uit de bodem wordt de wereld grondstofvoorraad niet alleen kleiner, maar verslechtert op termijn ook de kwaliteit. Dit komt doordat men altijd begint met de rijkste ertsen. Als die op zijn, zoekt men een iets minder rijke erts. Zo waren er in het bronstijdperk koper ertsen met tientallen procenten koper. Een eeuw geleden was deze concentratie gezakt tot enkele procenten en thans is de gemiddelde concentratie 0,7%. In principe is het zo dat door elke onttrekking van de rijkste ertsen, de gemiddelde ertsconcentratie afneemt. Deze achteruitgang in concentraties leidt in principe tot een steeds hoger energieverbruik voor de winning van minerale grondstoffen. Dit extra energieverbruik nemen we als maat voor de schade aan de voorraden. [Müller-Wenk 1998]



Figuur 9: De relatie tussen de beschikbare hoeveelheid en de concentratie voor een aantal mineralen. Een steile lijn betekent dat de beschikbare hoeveelheid snel toeneemt als de mensheid genoeg neemt met een iets lagere concentratie. Een vlakke lijn betekent dat, ook als de mensheid genoeg neemt met een lagere concentratie, de beschikbare hoeveelheid slechts gering toeneemt. De hellingshoek van de lijn bepaald dus in feite of er in de toekomst veel of weinig extra energie nodig zal zijn om de grondstof te blijven winnen. [Chapman 1983]

Voor fossiele brandstoffen geldt iets soortgelijk, hoewel we niet kunnen spreken van concentraties van fossiele brandstoffen. Het blijkt echter wel dat op termijn een eind komt aan de gemakkelijk winbare vloeibare olie. Dat wil niet zeggen dat olie dan op is, maar er zal meer en meer gebruik gemaakt moeten worden van het gebruik van teerzanden en “shale”. Het gebruik van deze voorraden vergt meer energie.



*Figuur 10: De hoeveelheid vloeibare olie die per jaar ontdekt (In Gigabarrel) wordt neemt geleidelijk af. Dit komt vooral doordat vermoedelijk alle grote olie velden (de “giants”) al ontdekt zijn. De afgelopen jaren werd ongeveer 6 Gigabarrel per jaar ontdekt, terwijl ongeveer het tienvoudige wordt gewonnen. [Uit Campbell 1998]*

#### 5.4 Inventarisatie van de processen (stap 1)

Het inventariseren van de emissies en het gebruik van ruimte en grondstoffen is vaak het meest omvangrijke werk. Voor de Eco-indicatoren is gebruik gemaakt van een bestaande database met gegevens, namelijk de zogenaamde energiedatabase van de ETH in Zürich [ESU 1996]. Van deze zeer goed bekend staande en zeer gedetailleerde database is een selectie gemaakt van de meest gebruikte materialen en processen. Daarnaast is gebruik gemaakt van gegevens die door Philips zijn aangeleverd. Voor de berekening van de afvalgegevens is gebruik gemaakt van een andere Zwitserse database, de zogenaamde BUWAL 250 database [BUWAL 1997]. Hierbij is tevens gebruik gemaakt van enige bewerkingen die zijn uitgevoerd door bureau IVAM. Bij deze inventarisatie is het van groot belang erop toe te zien dat voor alle processen dezelfde systematiek wordt toegepast. Belangrijke criteria zijn:

- De systeemgrenzen
- De allocatie of toerekening.
- De volledigheid.

In een bijlage is aangegeven hoe deze criteria zijn gehanteerd.

## 5.5 Onzekerheden

Uiteraard is het van belang om goed te letten op onzekerheden in de modellen. We onderscheiden twee soorten:

- 1 Onzekerheid over de juistheid van het model
- 2 Onzekerheid in data

Het eerste type onzekerheid omvat zaken als de keuze van de termijn waarover we de schade meerekenen en de vraag of iets voldoende zeker bewezen is om mee te rekenen.

Het tweede type onzekerheid heeft te maken met onzekerheden in de getallen. Deze onzekerheid is vrij goed bekend in stap 2 en 3.

### 5.5.1 Onzekerheid over de juistheid van het schademodel (stap 2)

In discussies over de ernst van milieueffecten lopen opinies vaak sterk uiteen. Dit kan te maken hebben met verschillende mate van kennisniveaus, maar vaak blijkt dat een aantal basis uitgangspunten in sterke mate de mening over milieu (en andere problemen) bepalen. Sommige mensen vinden lange termijn effecten veel minder belangrijk dan korte termijn effecten. Sommige mensen vinden dat je alleen milieueffecten mag meenemen die ondubbelzinnig bewijsbaar zijn, andere vinden dat als er ook maar een vermoeden bestaat, je een effect serieus mee moet nemen. Dergelijke opvattingen zijn principieel niet verenigbaar. Omdat we niet op basis van alle mogelijke uitgangspunten en visies een model kunnen maken hebben we een drietal perspectieven gebruikt. Deze drie perspectieven zijn een soort archetypes van verschillende basishoudingen die mensen zouden kunnen innemen. Heel in het kort ziet de indeling er als volgt uit:

Perspectief of basishouding	Visie op tijdshorizon	Visie op beheersbaarheid van milieuproblemen	Visie op niet geheel bewijsbare effecten
H (hierarchicalist)	Balans tussen korte termijn	Goed beleid kan problemen voorkomen	Effecten waarover consensus is
I (individualist)	Korte termijn	Technologie kan veel problemen voorkomen	Alleen bewijsbare effecten
E (egalitair)	Zeer lange termijn	Problemen kunnen catastrofaal zijn	Alle mogelijke effecten

Deze indeling, die wordt aangeduid met Cultural Theory, [Thompson 1990 en Hofstetter 1998] wordt ook veel in sociale wetenschappen gebruikt. Uiteraard betekent deze methode niet dat er slechts drie soorten mensen bestaan. De wereld is veel kleurrijker dan dat. Er is slecht getracht rekening te houden met drie “archetypen” van basishoudingen.

Als gevolg van het toepassen van deze perspectieven is de gehele Eco-indicator 99 methodiek beschikbaar in drie versies. De getallen die in dit rapport

zijn gepubliceerd zijn gebaseerd op perspectief H (Hierarchist). Voor dit perspectief is gekozen omdat dit het perspectief is dat op een zo groot mogelijke consensus is gebaseerd. Dit is het perspectief dat in veel milieumodellen wordt toegepast. De andere perspectieven kunnen desgewenst worden gebruikt om na te gaan hoe de milieubelasting wordt berekend uitgaande van een ander perspectief. Dit is zeer nuttig als men wil nagaan of een verkregen resultaat wel of niet afhangt van het gekozen perspectief.

Ook bij de panelweging (stap 3) bleek het mogelijk de drie perspectieven te onderscheiden. Voor de inventarisatie (stap 1) is geen onderscheid gemaakt naar perspectieven.

### 5.5.2 Onzekerheid over de data

De onzekerheid over data is van een geheel andere orde. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de onzekerheid in het aantal kankergevallen dat ontstaat wanneer mensen aan een bepaalde stof worden blootgesteld, of om de onzekerheid in de relatie tussen de concentratie en de beschikbaarheid van een erts. In het methodologie rapport zijn de onzekerheden zo goed mogelijk bepaald en gespecificeerd voor stap 2 (schademodel) en stap 3 (de weging).

Bij het berekenen van de standaard indicatoren zijn deze onzekerheden echter (nog) niet verwerkt.

Bij het beoordelen van de onzekerheden moet rekening worden gehouden met het verschil tussen de absolute onzekerheid en de relatieve onzekerheid. Met dat laatste wordt bedoeld op de onzekerheid van de verschillen tussen de indicatoren. Deze onzekerheid is voor de gebruiker de belangrijkste; het gaat er vooral om de verschillen tussen twee productsystemen, of om de relatieve verschillen tussen twee materialen of fasen in de levensloop. De onzekerheid in de relatieve verschillen is veel kleiner dan de onzekerheid in de absolute waarden. Dit komt omdat onzekerheden vaak onderlinge correlaties hebben waardoor ze elkaar gedeeltelijk opheffen.

Voorbeelden:

- 1 Bij een vergelijking van een product A dat gemaakt is van 5 kg polyetheen en product B dat gemaakt is van 6 kg van hetzelfde polyetheen, kan men concluderen dat de milieubelasting van product B hoger is, ook als bekend zou zijn dat de absolute onzekerheid in de Eco-indicator van polyetheen een factor 2 of hoger zou zijn. Dit komt doordat eventuele fouten in de Eco-indicator van polyetheen tegen elkaar wegvallen.
- 2 Als product C van polyetheen en product D van polypropeen wordt gemaakt, spelen de onzekerheden een beperkte rol. Immers de productieprocessen zijn niet extreem verschillend. In beide gevallen wordt de Eco-indicatorwaarde bepaald door het verbruik van olie en een aantal emissies. Onzekerheden in het modelleren van olieverbruik en van de meeste emissies vallen voor een goed deel tegen elkaar weg. Alleen onzekerheden van emissies die typisch een kenmerk zijn van één van beide kunststoffen

spelen een rol. Als nu het polypropeen product een 20% lagere Eco-indicator waarde heeft, zal men meestal mogen concluderen dat er een significant verschil is.

- 3 Als product E van hout is gemaakt en product F van polyetheen, spelen de onzekerheden wel een grote rol. Hout en polyetheen worden op geheel verschillende manieren gemaakt. Bij de bepaling van de Eco-indicator waarde zullen bij polyetheen het verbruik van olie en een aantal emissies de hoofdrol spelen; bij hout zullen met name het landgebruik en de transport emissies een rol spelen. Onzekerheden in de manier waarop landgebruik wordt gemodelleerd vallen niet of nauwelijks weg tegen de onzekerheden bij het modelleren van de emissies van polyetheen productie. Als de Eco-indicator waarde van het houten product maar 20% lager scoort dan het kunststof product mag niet worden geconcludeerd dat het houten product beter is. De onzekerheden bij het vergelijken van dergelijke totaal verschillend berekende Eco-indicatoren is eenvoudigweg te groot.

Het is moeilijk algemene uitspraken te doen over de betrouwbaarheid van indicatoren, bij het vergelijken van materialen processen of producten, omdat veel afhangt van de vraag of vertekeningen in de Eco-indicator berekeningen elkaar compenseren of niet. We kunnen de volgende voorlopige algehele richtlijn voorstellen voor het omgaan van onzekerheden bij het vergelijken van producten of onderdelen:

- 1 Bepaal welke processen of materialen bepalend zijn voor de milieubelasting.
- 2 Bepaal of deze processen in beide alternatieven gelijksoortige of ongelijksoortige grondstoffen werkingsprincipes of emissies zullen hebben.
- 3 Als deze processen als min of meer gelijksoortig kunnen worden beschouwd kan een conclusie worden getrokken als het verschil tussen beide producten 10% of meer is.
- 4 Als deze processen gebaseerd zijn op volledig andere principes of gebruik maken van totaal verschillende grondstoffen moet het verschil minstens 1,5 tot 2 of meer zijn wil men betrouwbare uitspraken doen.

Wanneer echt belangrijke strategische beslissingen moeten worden genomen raden we aan om de Eco-indicator 99 methodiek in goede en transparante LCA software te gebruiken. Er ontstaat dan een veel beter inzicht in de onzekerheden.



## Literatuur

- [Campbell 1998]** Campbell, C.J.; A Guide to Determining the World's Endowment and Depletion of Oil, March 31, 1998, Petroland Consultants. see also  
[www.hubbartpeak.com/campbell/guide.htm](http://www.hubbartpeak.com/campbell/guide.htm)
- [Chapman 1983]** Chapman, P.F.; Roberts, F. (1983): Metal Resources and Energy. Butterworths Monographs in Materials
- [ESU 1996]** Frischknecht R. (final editor), U. Bollens, S. Bosshart, M. Ciot, L. Ciseri, G. Doka, R. Hirschier, A. Martin (ETH Zürich), R. Dones, U. Gantner (PSI Villigen), 1996. Ökoinventare von Energiesystemen, Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz, 3rd Edition, Gruppe Energie - Stoffe - Umwelt, ETH Zürich, Sektion Ganzheitliche Systemanalysen, PSI Villigen
- [Goedkoop 1995-1]** Goedkoop M.J.; De Eco-indicator 95, eindrapport; NOH rapport 9514, juli 1995, ISBN 90-72130-77-4.
- [Goedkoop 1995-2]** Goedkoop M.J.; Demmers, M.; Collignon, M.; De Eco-indicator 95 Handleiding voor ontwerpers, eindrapport; NOH rapport 9510, juli 1995, ISBN 90-72130-78-2.
- [Goedkoop 1999]** Goedkoop, M.J.; Spriensma, R.S.; The Eco-indicator 99, Methodology report, A damage oriented LCIA Method; VROM Report ———, Den Haag, 1999
- [Heijungs 1992]** Heijungs R. (final editor) et al; Milieugerichte levenscyclusanalyses van producten, handleiding en achtergronden, NOH rapport 9253 en 9254; Leiden; 1992; In opdracht van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van afvalstoffen (NOH), in samenwerking met CML, TNO en B&G.
- [Hofstetter 1998]** Hofstetter, P. (1998): Perspectives in Life Cycle Impact Assessment; A Structured Approach to Combine Models of the Technosphere, Ecosphere and Valuesphere. , Kluwers Academic Publishers, 1998, Info: [www.wkap.nl/book.htm/07923-8377-X](http://www.wkap.nl/book.htm/07923-8377-X).
- [Köllner 1999]** Köllner, T.; Life-Cycle Impact Assessment for Land Use. Effect Assessment Taking the Attribute Biodiversity into Account., submitted for the Journal of Cleaner Production. April 1999

- [Mettier 1999]** Mettier T. : Der Vergleich von Schutzguetern - Ausgewaehlte Resultate einer Panel-Befragung, in: Hofstetter P., Mettier T., Tietje O. (eds.), Ansaetze zum Vergleich von Umweltschaeden, Nachbearbeitung des 9. Diskussionsforums Oekobilanzen vom 4. Dezember 1998, ETH Zuerich).
- [Müller-Wenk 1998]** Müller-Wenk, R. (1998-1): Depletion of Abiotic Resources Weighted on the Base of "Virtual" Impacts of Lower Grade Deposits in Future. IWÖ Diskussionsbeitrag Nr. 57, Universität St. Gallen, March 1998, ISBN 3-906502-57-0
- [R.v.h. Milieubeheer]** Brief Raad voor het Milieubeheer 14 december 1994, Brief 94/299
- [Sas 1994]** Corten, F.G.P.; Haspel, B, van den; Kreutzberg, G.J.; Sas, H; Wit, G. de; Weging van Milieueffecten voor het Productbeleid, verslag Fase 1, Centrum voor energiebesparing en Schone Technologie, Delft, september 1994
- [Thompson 1990]** Thompson M., Ellis R., Wildavsky A.; Cultural Theory, Westview Print Boulder 199

### Toelichting op de gebruikte basisgegevens

Hieronder volgt een korte verantwoording voor de gebruikte databronnen. Op de lijsten met standaard indicatoren zijn in de laatste kolom cijfers toegevoegd die betrekking hebben op de herkomst van de gebruikte procesgegevens. Het betreft hier dus de gegevens over de emissies, gebruikte grondstoffen en het landgebruik, welke met "Stap 1" in hoofdstuk 5 van de Handleiding voor Ontwerpers" worden aangeduid.

In alle gevallen zijn de gegevens eerst ingelesen in LCA software (SimaPro), en daarna met de Eco-indicator 99 methodiek doorgerekend.

- 1 Verreweg de meeste gegevens (waar een 1 achter staat) zijn direct overgenomen van de ESU-ETH database "Ökoinventare für Energiesystemen", derde editie, geproduceerd door de ETH in Zürich. Deze zeer uitvoerige database neemt voor energie systemen ook zaken als bijvoorbeeld de exploratie activiteiten (proefboren) en de kapitaalgoederen (bijvoorbeeld beton voor stuwdammen en koper voor het elektriciteitsnet) mee. Ook voor transport worden kapitaalgoederen en infrastructuur (aanleg en onderhoud van wegen, spoorlijnen en havens) meegenomen. Voor materialen worden ze niet meegenomen. Tot slot is het van belang dat voor alle processen en infrastructuur ruimtegebruik wordt meegenomen. [ESU-1996]
- 2 Op basis van de hierboven beschreven database is door het Zwitserse Ministerie BUWAL een verpakkingsmaterialen database ontwikkeld. In deze data zijn echter alle kapitaalgoederen weggelaten. Voor de Eco-indicatoren zijn vooral de afvalverwerkingsgegevens en enkele specifieke verpakkingsmaterialen overgenomen. Bij de afvalgegevens zijn herberekeningen uitgevoerd om ook de zogenaamde positieve milieueffecten van afvalverbranding (elektriciteitsproductie) en recycling (materiaal productie) in rekening te kunnen brengen. Daarnaast is voor de samengestelde scenario's (gemeentelijk en huishoudelijk afval) gebruik gemaakt van [OECD 1997] gegevens over de gemiddelde percentages die in Europa gerecycled verbrand en gestort worden. Een belangrijk verschil met de Eco-indicator 95 is dat nu niet de Nederlandse maar Europese gemiddelden worden genomen. [BUWAL250-1998]
- 3 Gegevens die verzameld zijn door de Europese Kunststoffindustrie (APME). Deze gegevens worden als toonaangevend gezien voor de gemiddelde milieubelasting per kilo kunststofgranulaat. Waar mogelijk hebben we de ESU versie (zie 1) gebruikt. ESU combineert de APME gegevens namelijk met haar veel gedetailleerdere gegevens over energie en transport. De met 3 aangeduide gegevens zijn dus de originele gegevens, maar gebruiken ietwat afwijkende en beperktere gegevens over energie en transport. Ze kunnen daardoor rond de 10% afwijken vergeleken met andere kunststoffen. [APME]
- 4 Met name gegevens over bewerkingen zijn overgenomen uit de Eco-indicator 95 lijsten. Het betreft vrijwel uitsluitend het (gemiddelde) energie gebruik per bewerking, en NIET het bij de bewerking optredende materiaal verlies. Ook smeermiddelen en andere hulpstoffen worden over het algemeen niet meegenomen. Het energieverbruik van een proces hangt overigens nauw samen met de schaalgrootte en de wijze waarop het proces precies plaatsvindt. Waar specifiekere gegevens beschikbaar zijn raden we aan om zelf met de indicator voor elektriciteit een nieuwe indicator te bepalen. In de praktijk zijn de effecten van mechanische bewerkingen overigens vrijwel verwaarloosbaar, waardoor de onzekerheid in deze gegevens geen echt groot bezwaar is. [Kemna 1982]
- 5 Gegevens over Akydverf productie ontbraken en zijn gebaseerd op een wat oudere studie van Akzo.
- 6 Gegevens over vliegverkeer zijn verkregen van de KLM. De gegevens omvatten ook de effecten van de afhandeling van vliegtuigen op de grond. [KLM-1999]
- 7 Gegevens over recycling van kunststof zijn overgenomen uit een uitgebreide LCA studie naar kunststof afval verwerkingsalternatieven, uitgevoerd door het Centrum voor Energie-besparing en Schone Technologie. [SAS-94]

### Literatuur referenties

- [ESU 1996] Frischknecht R. (final editor), U. Bollens, S. Bosshart, M. Ciot, L. Ciseri, G. Doka, R. Hischer, A. Martin (ETH Zürich), R. Dones, U. Gantner (PSI Villigen), 1996. Öko-in-ventare von Energiesystemen, Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz, 3rd Edition, Gruppe Energie - Stoffe - Umwelt, ETH Zürich, Sektion Ganzheitliche Systemanalysen, PSI Villigen
- [Buwal 250] Buwal (1998). Environmental Series No 250. Life Cycle Inventories for Packagings. Volume I and II. SAEFL APME Ecoprofiles of the European Plastics industry, Series of reports issued by APME, Brussels, 1992-1999
- [OECD 1997] OECD environmental data, Compendium 1997, Paris, 1997
- [Kemna 1982] Kemna, R; Energiebewust ontwerpen, Technische Universiteit Delft 1982
- [KLM 1999] Milieujaarverslag 98/99, Amsterdam 1999
- [Sas 1994] Sas, H.J.W., Verwijdering van huishoudelijk kunststofafval: analyse van milieueffecten en kosten. CE, Delft, 1994.

# ADDENDUM

## Methodologie-update en standaardindicatoren

De bijlage van dit rapport bevat de standaard Eco-indicatoren voor materialen en processen zoals die in april 2000 berekend zijn. Sindsdien zijn er enkele foutjes gevonden in de berekeningen, met name die van landgebruik, straling en uitputting van mineralen. Deze zijn verbeterd in de methodiek zoals die wordt meegeleverd met de SimaPro LCA software, waarmee de scores zijn berekend. Deze verbeteringen veroorzaken echter afwijkingen tussen de Eco-indicator waarden in deze handleiding en de resultaten die berekend worden met de methodiek en data in de software.

Als de geupdate Eco-indicator 99 (H)/(A) methode van april 2003 wordt gebruikt om nieuwe Eco-indicator scores te berekenen worden de meeste indicatoren iets hoger (variërend tussen 0-5%). De onderlinge verhouding tussen de materialen en processen blijft vergelijkbaar. De waarden voor elektriciteit in Frankrijk en Zwitserland veranderen het meest, omdat deze relatief veel bijdragen aan landgebruik en straling. In de tabel hieronder staan de herberekende Eco-indicatoren voor elektriciteit.

### Elektriciteit (in millipunten per kWh)

	Indicator	Omschrijving	
		Inclusief de productie van brandstoffen	
Elektr. HV Europa (UCPTE)	23	Hoog voltage (> 24 kVolt)	1
Elektr. MV Europa (UCPTE)	23	Midden voltage (1 kV – 24 kVolt)	1
Elektr. LV Europa (UCPTE)	27	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV België	24	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Frankrijk	12	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Griekenland	62	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Italië	48	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Nederland	37	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Oostenrijk	18	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Portugal	47	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Zwitserland	10	Laag voltage (< 1000Volt)	1

**Productie van ferro metalen (in millipunten per kg)**

	Indicator	Omschrijving	
Elektro staal	24	Blok materiaal geheel uit secundair schroot gemaakt	1
Gietijzer	240	Gietijzer met > 2% koolstof	1
Hoogovens staal	94	Blok materiaal geheel uit primair staal gemaakt	1
Staal	86	Blok materiaal met 80% primair ijzer en 20% schroot	1
Staal hoog gelegeerd	910	Blok materiaal met 71% primair ijzer, 16% Cr, en 13% Ni	1
Staal laag gelegeerd	110	Blok materiaal met 93% primair ijzer, 5% schroot, 1% legeringsmetalen	1

**Productie van non ferro metalen (in millipunten per kg)**

	Indicator	Omschrijving	
Aluminium 0% rec.	780	Blok materiaal bestaande uit primair materiaal	1
Aluminium 100% rec.	60	Blok materiaal bestaande uit secundair materiaal	1
Chroom	970	Blok materiaal bestaande uit primair materiaal	1
Koper	1400	Blok materiaal bestaande uit primair materiaal	1
Lood 50% rec.	640	Blok materiaal bestaande uit 50% secundair materiaal	1
Nikkel (verrijkt)	5200	Blok materiaal bestaande uit primair materiaal	1
Palladium (verrijkt)	4600000	Blok materiaal bestaande uit primair materiaal	1
Platina	7000000	Blok materiaal bestaande uit primair materiaal	1
Rhodium (verrijkt)	12000000	Blok materiaal bestaande uit primair materiaal	1
Zink	3200	Blok materiaal bestaande uit primair materiaal (kwaliteit voor verzinken)	1

**Bewerking van metalen (in millipunten)**

	Indicator	Omschrijving	
Buigen – aluminium	0,000047	een plaat van 1mm over een breedte van 1 meter, 900 buigen	4
Buigen – staal	0,00008	een plaat van 1mm over een breedte van 1 meter, 900 buigen	4
Buigen – RVS	0,00011	een plaat van 1mm over een breedte van 1 meter, 900 buigen	4
Draaien, frezen, boren	800	per dm <sup>3</sup> verwijderd materiaal, exclusief de productie van het verwijderde materiaal	4
Extrusie – aluminium	72	per kg	4
Hardsolderen	4000	per kg soldeer, inclusief soldeermateriaal (45% zilver, 27% koper, 25% tin)	1
Koud walsen tot plaatmateriaal	18	per diktereductie van 1 mm van 1 m <sup>2</sup> plaat	4
Persen	23	per kg vervormd metaal. Niet vervormde delen niet meerekenen!	4
Plaat productie	30	per kg productie van plaat uit blok materiaal	4
Puntlassen – aluminium	2,7	per las van 7 mm diameter, plaatdikte 2 mm	4
Stansen/ knippen - aluminium	0,000036	per mm <sup>2</sup> knip oppervlak	4
Stansen/ knippen - RVS	0,000086	per mm <sup>2</sup> knip oppervlak	4
Stansen/ knippen - staal	0,00006	per mm <sup>2</sup> knip oppervlak	4
Verchromen (elektrolytisch)	1100	per m <sup>2</sup> , 1 mm dik, dubbelzijdig; data minder betrouwbaar	4
Elektrolytisch galvaniseren	130	per m <sup>2</sup> , 2,5 mm dik, dubbelzijdig; data minder betrouwbaar	4
Verzinken (continue)	4300	(Sendzimirverzinking) per m <sup>2</sup> , 20-45 mm dik, inclusief zink	1
Vuur verzinken	3300	per m <sup>2</sup> , 100 mm dik, inclusief zink	1
Verzinking (extra dikte)	49	per m <sup>2</sup> , 1 extra mm dikte met vuurverzinking, inclusief zink	1

**Productie van kunststofgranulaat (in millipunten per kg)**

	Indicator	Omschrijving	
ABS	400		3
HDPE	330		1
LDPE	360		1
PA 6.6	630		3
PC	510		1
PET	380		3
PET bottle grade	390	voor flessen	3
PP	330		3
PS (GPPS)	370	algemene toepassing	3
PS (HIPS)	360	slagvast polystyreen	1
PS (EPS)	360	geëxpandeerd polystyreen	3
PUR energie absorberend	490		3
PUR flexibel blok schuim	480	voor meubels, matrassen, kleding	3
PUR hardschuim	420	voor witgoed, isolatie, bouw materiaal	1
PUR semi hardschuim	480		3
PVC (slagvast)	280	zonder metaal stabilisatoren (Pb of Ba) en zonder weekmaker (zie chemicaliën)	1
PVC (hard)	270	hard PVC met 10% weekmakers (groe schatting)	1*
PVC (flexibel)	240	zacht PVC met 50% weekmakers (groe schatting)	1*
PVDC	440	voor dunne coatings	3

**Bewerking van kunststoffen (in millipunten)**

	Indicator	Omschrijving	
Blaasvormen PE	2,1	per kg PE granulaat, maar zonder productie van PE. Folie voor tassen	2
Draaien, frezen, boren	6,4	per dm <sup>3</sup> verspaand materiaal, zonder productie van verspaand materiaal	4
Drukvormen	6,4	per kg	4
Kalenderen PVC foil	3,7	per kg PVC granulaat, maar zonder productie van PVC	2
React.Inj.Moulding-PUR	12	per kg, zonder productie van PUR and eventuele andere componenten	4
Spuitsieten – 1	21	per kg PE, PP, PS, ABS, zonder productie van materiaal	4
Spuitsieten – 2	44	per kg PVC, PC, zonder productie van materiaal	4
Ultrasoon lassen	0,098	per meter laslengte	4
Vacuümvormen	9,1	per kg materiaal, maar zonder de productie van materiaal	4

**Productie van rubber (in millipunten per kg)**

	Indicator	Omschrijving	
EPDM rubber	360	Gevulkaniseerd met 44% carbon, inclusief vormgeving	1

**Productie van verpakkingsmateriaal (in millipunten per kg)**

	Indicator	Omschrijving	
Papier	96	Bevat 65% papierafval, CO <sub>2</sub> absorptie in groeistadium niet meegewogen	1*
Verpakkingskarton	69	CO <sub>2</sub> absorptie in groeistadium niet meegewogen	1*
Glas (bruin)	50	Verpakkingsglas, bevat 61% gerecycled glas	2
Glas (groen)	51	Verpakkingsglas, bevat 99% gerecycled glas	2
Glas (wit)	58	Verpakkingsglas, bevat 55% gerecycled glas	2

### Productie van chemicaliën en dergelijke (in millipunten per kg)

	Indicator	Omschrijving	
Ammonia	160	NH <sub>3</sub>	1
Argon	7,8	Inert gas. Toegepast in gloeilampen, bij lassen van reactieve metalen (aluminium)	1
Bentoniet	13	Toegepast in kattenbakvulling, porselein etc.	1
Chemicaliën (anorganisch)	53	Gemiddelde waarde voor de productie van anorganische chemicaliën	1
Chemicaliën (organisch)	99	Gemiddelde waarde voor de productie van organische chemicaliën	1
Chloride	38	Cl <sub>2</sub> . Geproduceerd met het diafragma productieproces (moderne technologie)	1
Diesel (brandstof)	180	Alleen productie van brandstof. Exclusief verbranding!	1
Dimethyl p-ftalaat	190	Toegepast als weekmaker in PVC	1
Ethyleen oxide/glycol	330	Toegepast als industrieel oplosmiddel en bij reiniging	1
Fosforzuur	99	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> . Grondstof voor kunstmest	1
H <sub>2</sub>	830	Waterstof gas. Toegepast bij reductieprocessen	1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	22	Zwavelzuur. Toegepast bij reiniging en beitsen	1
HCl	39	Zoutzuur. Toegepast bij bewerking van metalen en bij reiniging	1
HF	140	Fluoride zuur	1
Loodvrije benzine (brandstof)	210	Alleen productie van brandstof. Exclusief verbranding!	1
N <sub>2</sub>	12	Stikstof gas. Toegepast als inerte atmosfeer	1
NaCl	6,6	Keukenzout	1
NaOH	38	Natronloog	1
O <sub>2</sub>	12	Zuurstof gas.	1
Olie (brandstof)	180	Alleen productie van brandstof. Exclusief verbranding!	1
Propyleen glycol	200	Gebruikt als anti-vries, en als oplosmiddel	1
R134a (koelmiddel)	150	Alleen productie van R134a! (Emissie van 1 kg R134a naar lucht geeft 7300 mPt)	1
R22 (koelmiddel)	240	Alleen productie van R22! (Emissie van 1 kg R22 naar lucht geeft 8400 mPt)	1
Roet	180	Gebruikt als kleurstof en als vulstof	1
Salpeterzuur	55	HNO <sub>3</sub> . Gebruikt voor het beitsen van metalen	1
Silicaat (waterglas)	60	Grondstof voor silica-gel, wasmiddelen en gebruikt bij reiniging van metalen	1
Soda	45	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . Grondstof voor wasmiddelen	1
Ureum	130	Grondstof voor meststoffen	1
Water (gedecarboniseerd)	0,0026	Alleen bewerking! (Eventuele effecten op de grondwaterstand niet meegewogen)	1
Water (gedemineraliseerd)	0,026	Alleen bewerking! (Eventuele effecten op de grondwaterstand niet meegewogen)	1
Zeolite	160	Toegepast in absorptieprocessen, grondstof voor wasmiddelen	1

### Productie van bouw materiaal (in millipunten per kg)

	Indicator	Omschrijving	
Alkyd beits	520	Productie + emissies bij gebruik van beits, bevat 55% oplosmiddelen	5
Beton (niet versterkt)	3,8	Beton met een dichtheid van 2200 kg/m <sup>3</sup>	1
Cement	20	Portland cement	1
Gebouw (metalen constructie)	4300	Ruwe schatting van een gebouw per m <sup>3</sup> volume (kapitaal goederen)	1
Gebouw (massief)	1500	Ruwe schatting van een (betonnen) gebouw per m <sup>3</sup> volume (kapitaal goederen)	1
Gips	9,9	Seleniet. Toegepast als vulmiddel	1
Grint	0,84	Winning en transport	1
Hout (board)	39	Europees hout (FSC criteria); CO <sub>2</sub> absorptie in groeistadium niet meegewogen	1
Hout (massief)	6,6	Europees hout (FSC criteria); CO <sub>2</sub> absorptie in groeistadium niet meegewogen	1
Kalk (gebrand)	28	CaO. Grondstof van cement en beton. Kan ook gebruikt worden als sterke base	1
Kalk (geblust)	21	Ca(OH) <sub>2</sub> . Grondstof voor mortel	1
Keramiek	28	Stenen etc.	1
Minerale wol	61	Toegepast als isolatiemateriaal	1
Vensterglas (gecoat)	51	Gebruikt voor ramen. Tin-, zilver-, nikkelcoating (77 g/m <sup>2</sup> )	1
Vensterglas (zonder coating)	49	Gebruikt voor ramen	1
Zand	0,82	Winning en transport	1
Landgebruik	45	Bezetting van stedelijk gebied per m <sup>2</sup> jaar	*

**Warmte (in millipunten per MJ)**

	Indicator	Omschrijving	
Inclusief de productie van brandstoffen			
Warmte uit koolbriketten	4,6	Verbranding van kolen in een oven (5-15 kW)	1
Warmte uit kool (ind.)	4,2	Verbranding van kolen in een industriële oven (1-10MW)	1
Warmte uit bruinkoolbriketten	3,2	Verbranding van bruinkool in een oven (5-15kW)	1
Warmte uit gas (boiler)	5,4	Verbranding van gas in een atmosferische boiler (<100kW) met lage NOx	1
Warmte uit gas (ind.)	5,3	Verbranding van gas in een industriële oven (>100kW) met lage NOx	1
Warmte uit olie (boiler)	5,6	Verbranding van olie in een 10kW installatie	1
Warmte uit olie (ind.)	11	Verbranding van olie in een industriële oven	1
Warmte uit hout	1,6	Verbranding van hout; CO <sub>2</sub> -absorptie in groeistadium niet meegewogen	1*

**Zonne-energie (in millipunten per kWh)**

	Indicator	Omschrijving	
Elektriciteit gevel m-Si	9,7	Kleine installatie (3kWp) op de gevel van een gebouw (monokristallijne cellen)	1
Elektriciteit gevel p-Si	14	Kleine installatie (3kWp) op de gevel van een gebouw (polykristallijne cellen)	1
Elektriciteit dak m-Si	7,2	Kleine installatie (3kWp) op het dak van een gebouw (monokristallijne cellen)	1
Elektriciteit dak p-Si	10	Kleine installatie (3kWp) op het dak van een gebouw (polykristallijne cellen)	1

**Elektriciteit (in millipunten per kWh)**

	Indicator	Omschrijving	
Inclusief de productie van brandstoffen			
Elektr. HV Europa (UCPTE)	22	Hoog voltage (> 24 kVolt)	1
Elektr. MV Europa (UCPTE)	22	Midden voltage (1 kV – 24 kVolt)	1
Elektr. LV Europa (UCPTE)	26	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV België	22	Laag voltage (< 1000Volt)	
Elektriciteit LV Frankrijk	8,9	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Griekenland	61	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektr. LV Groot Brittannië	33	Laag voltage (< 1000Volt)	
Elektriciteit LV Italië	47	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Nederland	37	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Oostenrijk	18	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Portugal	46	Laag voltage (< 1000Volt)	1
Elektriciteit LV Zwitserland	8,4	Laag voltage (< 1000Volt)	1

## Transport (in millipunten per tkm)

	Indicator	Omschrijving	
Inclusief de productie van brandstoffen			
Bestelbus <3,5t	140	Wegtransport met 30% belading, 33% loodvrije benzine, 38% gelode benzine, 29% diesel (38% zonder katalysator) (Europees gemiddelde inclusief retourrit)	1
Vrachtwagen 16t	34	Wegtransport met 40% belading (Europees gemiddelde inclusief retourrit)	1
Vrachtwagen 28t	22	Wegtransport met 40% belading (Europees gemiddelde inclusief retourrit)	1
Vrachtwagen 28t (volume)	8	Wegtransport per m <sup>3</sup> km. Gebruiken als volume beperkende factor is voor belading 1*	
Vrachtwagen 40t	15	Wegtransport met 50% belading (Europees gemiddelde inclusief retourrit)	1
Personenauto West Europa	29	Wegtransport per km	1
Trein	3,9	Railtransport, 20% diesel and 80% elektrische treinen	
Tanker (binnenland)	5	Watertransport met 65% belading (Europees gemiddelde inclusief retourvaart)	1
Tanker (oceaan)	0,8	Watertransport met 54% belading (Europees gemiddelde inclusief retourvaart)	1
Vrachtschip (binnenland)	5,1	Watertransport met 70% belading (Europees gemiddelde inclusief retourvaart)	1
Vrachtschip (oceaan)	1,1	Watertransport met 70% belading (Europees gemiddelde inclusief retourvaart)	1
Gemiddeld luchttransport	78	Luchttransport met 78% belading (gemiddelde van alle vluchten)	6
Continentaal vliegtuigtransport	120	Luchttransport in een Boeing 737 met 62% belading (gem. van alle vluchten)	6
Intercontinentaal luchttransp.	80	Luchttransport in een Boeing 747 met 78% belading (gem. van alle vluchten)	6
Intercontinentaal luchttransp.	72	Luchttransport in een Boeing 767 of MD 11 met 71% belading (gemiddelde)	6

## Recycling van afval (in millipunten per kg)

	Indicator			Omschrijving	
	Totaal	Proces	Vermeden product		
De milieubelasting van het proces of het vermeden product kan sterk verschillen. De indicator scores zijn een voorbeeld van recyclen van primair materiaal.					
Recycling van PE	-240	86	-330	mits voldoende zuiver	7*
Recycling van PP	-210	86	-300	mits voldoende zuiver	7*
Recycling van PS	-240	86	-330	mits voldoende zuiver	7*
Recycling van PVC	-170	86	-250	mits voldoende zuiver	7*
Recycling van Papier	-1,2	32	-33	Recycling spaart productie van nieuw papier uit	2*
Recycling van Karton	-8,3	41	-50	Recycling spaart productie van nieuw karton uit	2*
Recycling van Glas	-15	51	-66	Recycling spaart productie van primair glas uit	2*
Recycling Aluminium	-720	60	-780	Uitsparing van primair aluminium	1*
Recycling Ferro metalen	-70	24	-94	Recycling spaart productie van primair ijzer uit	1*

## Afvalverwerking (in millipunten per kg)

	Indicator	Omschrijving	
<b>Verbranding</b>		Verbranding in een afvalverbrandingsinstallatie in Europa. Gemiddeld scenario voor energierecuperatie. 22% van het gemeentelijk afval in Europa wordt verbrand	
Verbranding van PE	-19	Indicator geldt voor zowel HDPE als LDPE	2*
Verbranding van PP	-13		2*
Verbranding van PUR	2,8	Indicator kan gebruikt worden voor alle soorten PUR	2*
Verbranding van PET	-6,3		2*
Verbranding van PS	-5,3	Relatief lage energie opbrengst, ook te gebruiken voor ABS, HIPS, GPPS, EPS	2*
Verbranding van Nylon	1,1	Relatief lage energie opbrengst	2*
Verbranding van PVC	37	Relatief lage energie opbrengst	2*
Verbranding van PVDC	66	Relatief lage energie opbrengst	2*
Verbranding van Papier	-12	Hoge energie opbrengst, CO <sub>2</sub> emissie niet meegewogen	2*
Verbranding van Karton	-12	Hoge energie opbrengst, CO <sub>2</sub> emissie niet meegewogen	2*
Verbranding van Staal	-32	40% magnetische scheiding t.b.v. recycling. Waarde bruikbaar voor ferro metalen	2*
Verbranding van Aluminium	-110	15% magnetische scheiding t.b.v. recycling. Indicator geldt voor primair alu.	2*
Verbranding van Glas	5,1	Nagenoeg inert materiaal, indicator ook te gebruiken voor andere inerte materialen	2
<b>Storten</b>		Gecontroleerde stortplaats. 78% van het gemeentelijk afval in Europa wordt gestort	
Storten van PE	3,9		2
Storten van PP	3,5		2
Storten van PET	3,1		2
Storten van PS	4,1	Waarde ook bruikbaar voor ABS	2
Storten van EPS schuim	7,4	EPS, 40 kg/m <sup>3</sup> , schuim met een relatief groot volume	2*
Storten van schuim 20 kg/m <sup>3</sup>	9,7	Storten van schuim 20 kg/m <sup>3</sup> (bijvoorbeeld PUR)	2*
Storten van schuim 100 kg/m <sup>3</sup>	4,3	Storten van schuim 100 kg/m <sup>3</sup> (bijvoorbeeld PUR)	2*
Storten van nylon	3,6		2*
Storten van PVC	2,8	Exclusief uitspoeling van metaalstabilisatoren	2
Storten van PVDC	2,2		2
Storten van Papier	4,3	CO <sub>2</sub> and methaan emissie niet meegewogen	2
Storten van Karton	4,2	CO <sub>2</sub> and methaan emissie niet meegewogen	2
Storten van Glas	1,4	Nagenoeg inert materiaal, ook te gebruiken voor andere inerte materialen	2
Storten van Staal	1,4	Nagenoeg inert materiaal, indicator te gebruiken voor ferro metalen	2
Storten van Aluminium	1,4	Nagenoeg inert materiaal, indicator geldt voor primair en gerecycled aluminium	2
Storten van 1 m <sup>3</sup> volume	140	Storten van volume per m <sup>3</sup> . Voor volumineus afval, zoals schuim en producten	*
<b>Gemeentelijk afval</b>		In Europa wordt 22% van het gemeentelijk afval verbrand en 78% gestort Niet van toepassing op volumineus afval zoals schuim en secundaire materialen	
PE	-1,1		2*
PP	-0,13		2*
PET	1		2*
PS	2	Indicator waarde niet van toepassing op schuimen	2*
Nylon	3,1		2*
PVC	10		2*
PVDC	16		2*
Papier	0,71		2*
Karton	0,64		
Staal	-5,9		2*
Aluminium	-23		2*
Glas	2,2		2*
<b>Huishoudelijk afval</b>		Voorscheiding van afval door consumenten ten behoeve van recycling, rest naar gemeentelijk afval (Europees gemiddeld scenario)	
Papier	-0,13	44% voorscheiding door consumenten	2*
Karton	-3,3	44% voorscheiding door consumenten	2*
Glas	-6,9	52% voorscheiding door consumenten	2*

Product of onderdeel	Project
Datum	Auteur

Opmerkingen en conclusies

**Productie**

Materialen, bewerkingen, transport en extra energie

materiaal of proces	hoeveelheid	indicator	resultaat
Totaal			

**Gebruik**

Transport, energie en eventueel hulpmaterialen

proces	hoeveelheid	indicator	resultaat
Totaal			

**Afdanking**

Afdankingsprocessen per materiaalsoort

materiaal en type verwerking	hoeveelheid	indicator	resultaat
Totaal			

Totaal over alle fasen

Product of onderdeel	Project
Datum	Auteur

Opmerkingen en conclusies

**Productie**

Materialen, bewerkingen, transport en extra energie

materiaal of proces	hoeveelheid	indicator	resultaat
Totaal			

**Gebruik**

Transport, energie en eventueel hulpmaterialen

proces	hoeveelheid	indicator	resultaat
Totaal			

**Afdanking**

Afdankingsprocessen per materiaalsoort

materiaal en type verwerking	hoeveelheid	indicator	resultaat
Totaal			

Totaal over alle fasen

## Afvalverwerking in Nederland (in millipunten per kg)

	Indicator	Omschrijving	
<b>Verbranding</b>		Verbranding van afval in afvalverbrandingsinstallaties in Nederland gebaseerd op de gemiddelde AVI technologie in 1996. Er wordt energie teruggewonnen wat andere elektriciteitsproductie en warmte uitspaart	
Verbranding van PE	-40	Relatief hoge energie opbrengst, ook te gebruiken voor PP, HDPE en LDPE	8*
Verbranding van PS	-20	Relatief lage energie opbrengst, ook te gebruiken voor ABS, HIPS, GPPS, EPS	8*
Verbr. Van gestabiliseerd PVC	16	Gestabiliseerd met lood	8*
Verbranding van PVC folie	5,2		8*
Verbranding van ECCS staal	-64	67% van de bodemas wordt gerecycled door de hoogovens	8*
Verbranding van verzinkt staal	-56	1,5 mm dikke staalplaat met 0,05 mm dikke zinklaag, 67% bodemas gerecycled	8*
Verbranding van aluminium	5,2	Geen magnetische scheiding	8*
Verbranding van baksteen	4,8	Nagenoeg inert materiaal, ook te gebruiken voor andere inerte materialen	8*
Verbranding van beton	4,8	Nagenoeg inert materiaal, ook te gebruiken voor andere inerte materialen	8*
Verbranding van gips	18	Bij gipsverbranding ontstaat o.a. CO <sub>2</sub>	8*
Verbranding van minerale wol	4,8	Nagenoeg inert materiaal, ook te gebruiken voor andere inerte materialen	8*
Verbranding van glas wol	4,8	Nagenoeg inert materiaal, ook te gebruiken voor andere inerte materialen	8*
Verbranding van houtafval	-46	CO <sub>2</sub> emissie niet meegewogen (is aan het begin van de levenscyclus vastgelegd)	8*
Verbranding van huisvuil	-20	Gemiddeld huisvuil	8*
<b>Storten</b>		Storten van afval op een IBC stort met bodemafdichting. Landgebruik van volumineuze materialen wordt niet meegenomen. Het stortgas wordt opgevangen en verbrandt. Daardoor wordt energie teruggewonnen en elektriciteit uitgespaard	
Storten van PE	1,7	Waarde ook te gebruiken voor PP, HDPE en LDPE	8*
Storten van PS	1,7	Waarde ook bruikbaar voor ABS. Landgebruik van schuim niet meegenomen	8*
Storten van gestabiliseerd PVC	1,2	Gestabiliseerd met lood	8*
Storten van PVC folie	1,3		8*
Storten van ECCS staal	0,84		8*
Storten van verzinkt staal	0,87		8*
Storten van aluminium	0,84		8*
Storten van baksteen	0,84	Nagenoeg inert materiaal, ook te gebruiken voor andere inerte materialen	8*
Storten van beton	0,84	Nagenoeg inert materiaal, ook te gebruiken voor andere inerte materialen	8*
Storten van gips	0,84		8*
Storten van minerale wol	0,84	Nagenoeg inert materiaal, ook te gebruiken voor andere inerte materialen	8*
Storten van glas wol	0,84	Nagenoeg inert materiaal, ook te gebruiken voor andere inerte materialen	8*
Storten van houtafval	1,7	CO <sub>2</sub> emissie niet meegewogen (is aan het begin van de levenscyclus vastgelegd)	8*
Storten van huisvuil	3,4	Gemiddeld huisvuil	8*

### Uitleg bij referentie 8\*

Deze indicatoren zijn gebaseerd op basis van gegevens van TNO MEP voor afvalverwerking en energie.

De gegevens van Nederlandse elektriciteitsproductie zijn gebaseerd op de ETH<sub>3</sub> database en deze aangepast zodat ze representatief zijn voor de Nederlandse elektriciteitsproductie. Voor storten op een IBC stortplaats en verbranden in een huisvuilverbranding heeft TNO modellen ontwikkeld.

De TNO-MEP gegevens zijn door PRé zodanig bewerkt dat de scope zoveel mogelijk overeenkomt met die van de andere indicatoren. Door deze aanpassingen zijn de Nederlandse afvalindicatoren te combineren met de standaardindicatoren voor de productie van materialen.

Zo zijn de transformatieverliezen en de infrastructuur van elektriciteitstransport zijn meegenomen bij het bepalen van de indicator waarde. De energie die ontstaat bij afvalverbranding en stort wordt meegenomen als uitgespaarde emissie van Nederlandse elektriciteitsproductie of warmte door verbranding van aardgas.

- 
- 
- PUBLICATIE VAN:
- Ministerie van Volkshuisvesting,
- Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
- Centrale Directie Communicatie
- Rijnstraat 8
- 2515 XP Den Haag
- 
- *vrom 000254/a/10-00 21226/204*

