

## **ENERGETISCH KETENBEHEER**

### **Indirecte energie-effecten als gevolg van productverbeteringen**

J. Kieseletter  
A.W.N. van Dril

Revisie		
A	17 januari 2000; conceptversie	
B	7 februari 2000; 2 <sup>o</sup> conceptversie	
1	8 juni, 2000, definitieve versie	
Gemaakt door:	Goedgekeurd door:	ECN Energie Efficiency Processen en Systemen
J. Kieseletter	S. Spoelstra	
Gecontroleerd door:	Vrijgegeven door:	
J. P. Nauta	J.P. Nauta	

## Abstract

This report describes a method to quantify the so-called 'Indirect Energy Effects'. These effects are defined as the change in energy usage due to a modification that a producer makes to his product, but that occur outside his company or production facility.

Producers have the opportunity to modify their products. Product modification may have influence on the energy consumption of other producers or the users of this modified product. It could also have influence on product disposal or recycling after use. Modifications of products may also have effects on the quantity and quality of the needed raw materials resources and consequently on the energy needed to produce these raw materials.

ECN has developed this method for calculating the indirect energy effects because a universal and systematic procedure to calculate these effects was not available.

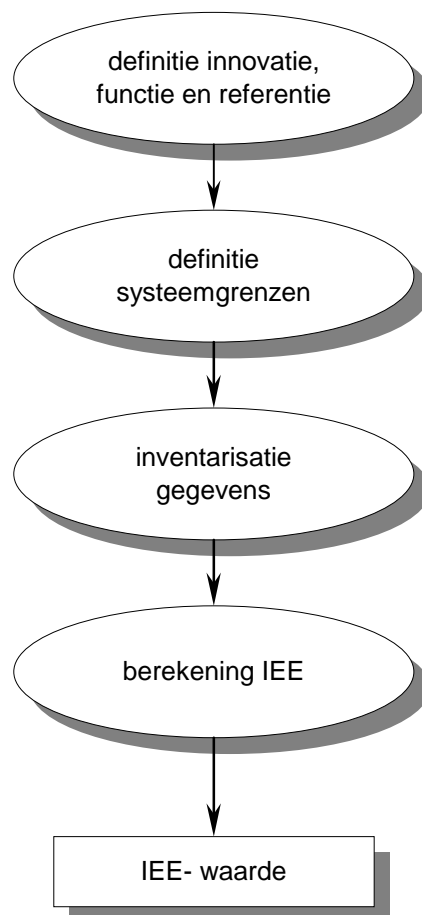
Due to the fact that more than one party is involved in the case of indirect effects of energy-reduction, problems may arise on allocation of the total results to the involved parties.

The method has been applied to a sample problem in which the total energy use of a system containing several product/process chains is calculated. The results clearly show which effects occur.

# INHOUD

SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	7
2. DEFINITIES EN AFBAKENING	9
2.1 Procesefficiency versus indirecte energie-effecten	9
2.2 Materiaalsubstitutie	11
2.3 Dematerialisatie	11
2.4 Energiegebruik tijdens het gebruik van een product	12
2.5 Energiegebruik bij het afdanken van een product	12
2.6 Samenwerking in de keten	12
2.7 Conclusie	13
3. IEE METHODIEK	15
3.1 De definitiefase	16
3.2 Systeemfase	17
3.3 Inventarisatiefase	18
3.4 Berekening van de indirecte energie-effecten	23
4. BRUIKBAARHEID IEE-METHODE	27
4.1 Toepassing van de methode	27
4.2 Toerekening van indirecte effecten	27
5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	29
BIJLAGE A BASISGEGEVENS VAN HET VOORBEELD	31
BIJLAGE B VOORBEELDEN VAN ASPECTEN	33
BIJLAGE C FORMULES	55
BIJLAGE D TOEREKENING EFFICIENCYVERBETERINGEN	63

## Methode ter bepaling IEE



## SAMENVATTING

Producenten en consumenten hebben invloed op (en zijn verantwoordelijk voor) het directe energiegebruik behorende bij hun eigen handelingen. Dit energiegebruik kan beïnvloed worden door een andere keuze te maken in beschikbare productiemethoden en -middelen. De overheid gebruikt diverse instrumenten om producenten te bewegen dit eigen energiegebruik te verlagen.

Producenten hebben daarnaast mogelijkheden om via productontwikkeling de eigenschappen van hun producten aan te passen. Dat kan van invloed zijn op het toekomstig energiegebruik bij de afnemers van deze producten, maar ook op het energiegebruik van toeleveranciers. Deze invloed op het energiegebruik van anderen wordt het Indirect Energie-Effect (IEE) genoemd. Tot nu toe heeft de overheid producenten niet gestimuleerd via deze indirecte energie-effecten het nationaal energiegebruik te verlagen. In de komende meerjarenafspraken energie-efficiency zullen deze aspecten wel aan bod komen. Om de indirecte energie-effecten van producenten te kunnen waarderen is een methode ontwikkeld waarmee deze effecten worden gekwantificeerd.

Oorzaken van indirecte energie-effecten zijn onder andere dematerialisatie (minder materiaalgebruik, en daardoor minder energiegebruik bij de leveranciers) en substitutie (gebruik van materialen die met minder energiegebruik kunnen worden geproduceerd). Ook ontwerpaspecten die van invloed zijn op het toekomstig energiegebruik van een product, de levensduur van een product, of de verwerkbaarheid van een product in de afvalfase hebben indirecte energie-effecten tot gevolg. Met een systematische aanpak is het mogelijk de indirecte energie-effecten van al deze aspecten te kwantificeren.

De omvang van de indirecte energie effecten die een bedrijf teweegbrengt door productwijzigingen kan van belang zijn bij de afwegingen die worden gemaakt in het kader van energiebesparingsdoelstellingen. Het is niet ondenkbaar dat het indirect energie-effect van een productontwikkeling een veel grotere invloed heeft buiten het eigen bedrijf dan de mogelijkheden tot energiebesparing binnen het bedrijf, zoals bijvoorbeeld in doelstellingen van MJA's wordt nagestreefd.

Voor het bepalen van de omvang van indirecte energie-effecten was nog geen universele en geschikte methode beschikbaar. Daarom is door ECN een methode ontwikkeld en in deze rapportage beschreven.

Met de ontwikkelde methode is het mogelijk om de totale energetische effecten van productontwikkeling te bepalen. De methode gaat uit van een vergelijking van een situatie met gebruik van het nieuw ontwikkeld product in vergelijking met een situatie zonder dit nieuwe product. Basis van de vergelijking is de functie die het nieuw ontwikkeld product vervult. In de vergelijking worden de energetische aspecten van zowel productie, gebruik, als ook de uiteindelijke afdanking meegenomen.

De methode ter bepaling van de indirecte energie-effecten kent vier fasen (zie bijgaand figuur).

- In de definitiefase wordt vastgelegd van welk product de indirecte energie-effecten worden bepaald. Tevens wordt gedefinieerd welke functie het nieuwe product vervult, en welk oud product door het innovatieve product wordt vervangen.
- In de systeemfase worden de systeemgrenzen vastgelegd. Binnen de systeemgrenzen liggen alle processen die als gevolg van de innovatie veranderen.
- In de inventarisatiefase dienen alle relevante gegevens te worden verzameld die noodzakelijk zijn voor berekening van de indirecte energie-effecten.
- Tot slot wordt de feitelijke berekening uitgevoerd.

Bij de berekeningen wordt een onderverdeling gemaakt naar de effecten die optreden in de productiefase, effecten in de gebruiksfase en effecten in de afdankfase van een product. De rekenregels en formules voor de berekeningen van al deze effecten zijn in de rapportage opgenomen.

De methode is geschikt om indirecte energie-effecten van een productmodificatie te kwantificeren. Wel kunnen er discussies ontstaan omtrent de toewijzing van de effecten aan betrokken partijen. Bij indirecte energie-effecten zijn vaak meerdere partijen betrokken. De methode doet geen uitspraak welke partij verantwoordelijk is voor welk deel van de totale energiebesparing. Dit allocatieprobleem is niet eenduidig op te lossen. Wel zijn er richtlijnen te geven om tot een afgewogen allocatie te komen.

In deze rapportage is een fictief voorbeeld uitgewerkt. Met dit voorbeeld worden de diverse aspecten van indirecte energie-effecten verduidelijkt en worden de berekeningen geïllustreerd. De gevolgen van bijvoorbeeld levensduurverlenging of hergebruik worden hiermee inzichtelijk gemaakt. Uit het voorbeeld blijkt dat de energiebesparingen als gevolg van een productmodificatie veel groter kunnen zijn dan het eigen energiegebruik van de betreffende producent.

## 1. INLEIDING

Binnen de ‘Meerjarenaafspraken Energie-efficiency’ (MJA) tussen het Ministerie van Economische Zaken en de industrie heeft het energiebesparingsbeleid zich over de periode 1989-2000 vooral gericht op productieprocessen. In de Energiebesparingsnota 1998 en het Actieprogramma Energiebesparing 1999-2002 heeft het Ministerie aangegeven dat bij de tweede ronde MJA's sprake zal zijn van verbreding en verdieping. Voor procesefficiency bestaat de invulling hiervan uit het stimuleren van meer fundamentele procesaanpassingen, zogenoemde doorbraaktechnologieën. Daarnaast is een aantal nieuwe energiebesparingsthema's aangegeven: duurzame energieopwekking, energiezuinig productontwerp, industriële samenwerking op bedrijfsterrainen, verbetering van logistiek en meer aandacht voor de processen in relatie tot de productketen. Dit betreft vaak energiebesparing die niet optreedt bij het bedrijfsproces dat wordt aangepast, maar tengevolge van deze aanpassing tredt deze energiebesparing elders in de keten op. Daarom worden deze effecten in deze rapportage aangeduid met “indirecte energie-effecten”.

In dit kader heeft ECN voor Corus een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de energie-effecten van productverbetering. Het gaat hierbij om de energie-effecten van dematerialisatie, materiaalsubstitutie en effecten tijdens de gebruiksfase. De indirecte energiebesparing door deze effecten bleek van dezelfde grootte orde als de efficiencyverbetering van de processen bij Corus en kan gedeeltelijk worden toegeschreven aan inspanningen van het staalbedrijf.

De efficiencyverbetering van processen wordt uitgedrukt met de Energie Efficiency Index (EEI). Doelstellingen in het kader van de eerste generatie MJA's worden jaarlijks vastgesteld en op brancheniveau gerapporteerd aan het ministerie van Economische Zaken. Deze monitoring met een energie-efficiency index is eenvoudig, inzichtelijk en breed geaccepteerd. Het is een belangrijk middel in de communicatie en de beleidsevaluatie.

Indien de energiebesparingsdoelstelling van een bedrijf wordt verbreed met nieuwe thema's voldoet de EEI niet meer. Er zal een andere methode moeten worden gehanteerd om besparingseffecten te kwantificeren. Een dergelijke methode moet dezelfde kenmerken hebben als de EEI, namelijk inzichtelijk en eenvoudig vast te stellen en geaccepteerd door de betrokken partijen.

Voor het bepalen van de omvang van indirecte energie-effecten was nog geen universele en geschikte methode beschikbaar. Daarom is door ECN een methode ontwikkeld en in deze rapportage beschreven.

De in dit rapport weergegeven methodiek beperkt zich tot fysieke productverbeteringen die leiden tot veranderingen in het energiegebruik elders in de keten. Energiebesparing wordt gerealiseerd indien per saldo over de gehele keten minder energiegebruik optreedt per eenheid, gebruikt product of per functie die een product in de maatschappij vervult. De maker van het veranderde product initieert deze besparing. Besparingseffecten als gevolg van productverbetering zijn alleen te kwantificeren in relatie tot eerdere generaties producten: er dient een referentieproduct te worden aangegeven.

Diverse effecten worden met de methodiek gekwantificeerd, zoals dematerialisatie, materiaalsubstitutie, besparing tijdens de productlevensfase, levensduurverlenging en recycling. Een consistente behandeling van deze effecten vraagt om een gestructureerde aanpak, die binnen dit project ontwikkeld is. Deze methode zal tevens ondersteuning kunnen bieden bij het identificeren van mogelijkheden voor productontwikkeling.

### Leeswijzer

In dit rapport wordt eerst in hoofdstuk 2 een definitie en afbakening van een aantal gebruikte begrippen gegeven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de methode gepresenteerd die geschikt is om indirecte energie-effecten te kwantificeren. Hoofdstuk 4 gaat in op de bruikbaarheid van de methode. Tot slot worden conclusies getrokken en worden suggesties gedaan voor nadere uitwerking en toepassing van de methode.

In de bijlagen zijn een aantal oorzaken van indirecte energie-effecten uitgewerkt in schema's, zijn de formules opgenomen voor de berekeningen, en wordt uitgebreid ingegaan op de allocatieproblematiek.

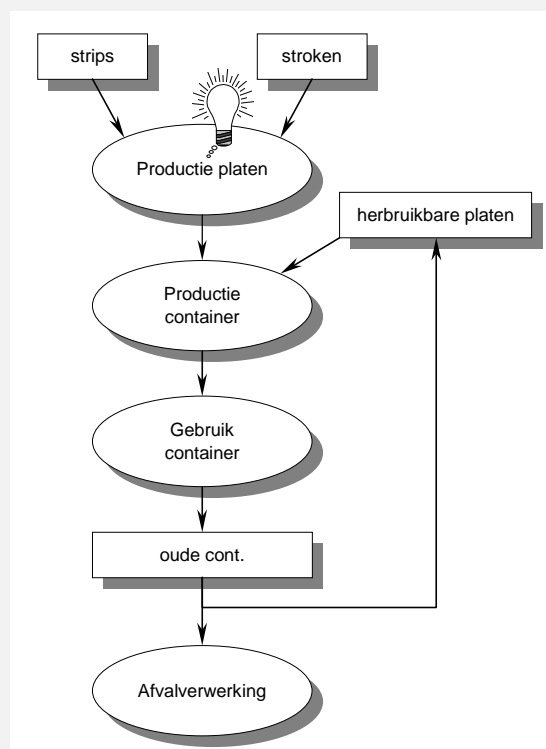
In dit rapport is een voorbeeld opgenomen ter illustratie van de methode en de berekeningen. Dit voorbeeld, dat in alle hoofdstukken wordt gebruikt, betreft een speciale container. Incidenteel worden in de tekst andere voorbeelden aangehaald van praktijksituaties indien deze meer tot de verbeelding spreken.

#### *Het voorbeeld: De container-op-maat*

Ten behoeve van de bouw van speciale containers maakt een fabrikant van plaatmateriaal speciale constructieplaten. Voor de productie van de platen maakt de fabrikant gebruik van aangeleverde strips van Aluminium en stroken **B**eukenhout.

De platen worden op maat gemaakt voor een afnemer die met deze platen speciale Containers bouwt.

De container wordt vervolgens door afnemers gedurende een beperkte periode gebruikt voor transport en opslag. Nadat de container technisch is afgeschreven wordt deze grotendeels in een vuilverbranding verwerkt. Een deel van de platen kan soms worden hergebruikt. Onderstaand figuur is een schematische weergave van dit voorbeeld.



Figuur 1.1 *Een voorbeeldproces*

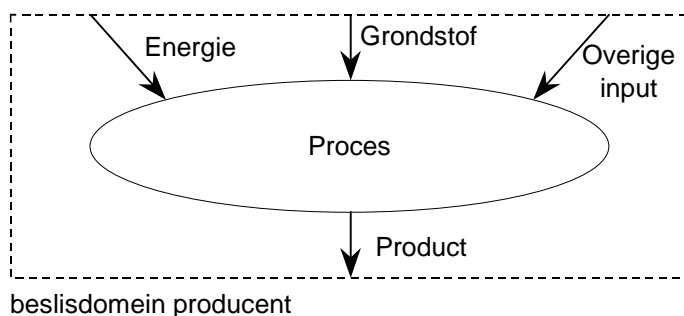
De indirecte energie-effecten zullen worden geïllustreerd aan de hand van een innovatie bij de productie van platen. De getallen die in dit voorbeeld worden gebruikt staan in bijlage A.



## 2. DEFINITIES EN AFBAKENING

In dit hoofdstuk wordt duidelijk gemaakt hoe de termen proces, product, materiaalsubstitutie, dematerialisatie en recycling worden gebruikt.

Processen worden gedefinieerd door het product dat ze voortbrengen, en de inputs (grondstoffen, energie, kapitaal, arbeid) die daarvoor worden gebruikt (Figuur 2.1).



Figuur 2.1 *Schematische weergave proces*

In beginsel staan de input en de output van een proces in vaste verhouding tot elkaar, een verandering in deze verhouding wordt beschouwd als een verandering van het proces. Energie-efficiency, zoals gebruikt in de Meerjarenaafspraken, is gedefinieerd als de hoeveelheid gebruikte energie gedeeld door de hoeveelheid geproduceerde producten. Een producent heeft de vrijheid (beperkt door economische mogelijkheden) keuzes te maken met betrekking tot zijn proces: hij kiest in beginsel zijn input en output. Deze keuzemogelijkheden worden het beslisdomein van een producent genoemd. Langs de grenzen van zijn beslisdomein bevinden zich markten, waar ook andere partijen een rol spelen. Deze markten beperken de keuzemogelijkheden van een producent, maar andersom heeft de keuze van een producent ook invloed op de markten, en daarmee weer op andere partijen.

Indirecte energie-effecten hebben met name betrekking op de energetische gevolgen van deze invloed.

Een productieproces maakt onderdeel uit van een productienetwerk, een verzameling van processen die gezamenlijk een productieketen vormen. Schematisch is een keten van processen weergegeven in Figuur 2.2. Met dit schema kan het optreden van indirecte energie-effecten worden verduidelijkt. De begrippen worden toegelicht aan de hand van proces C, een van de processen in de totale keten.

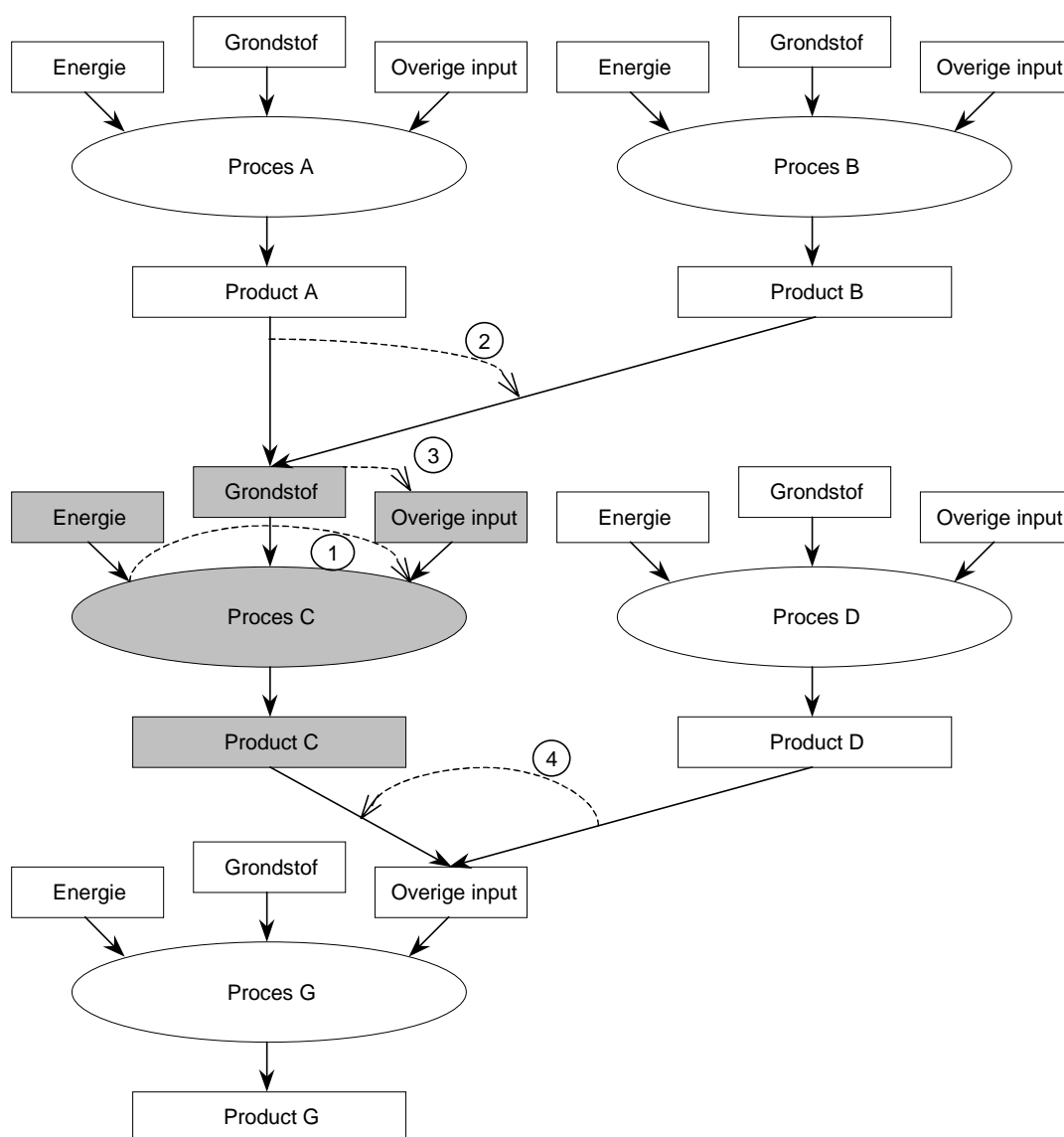
### 2.1 Procesefficiency versus indirecte energie-effecten

Eerst zal de huidige methode van vaststelling van procesefficiency, zoals die wordt gehanteerd in de meerjarenaafspraken energie-efficiency worden gedefinieerd. Procesefficiency speelt zich af binnen het beslisdomein van de producent, en dus binnen een beperkt deel van het productienetwerk. Procesefficiency in een proces treedt op via pijl ① (zie Figuur 2.2.): Het energiegebruik per eenheid product wordt verminderd. Extra kapitaalgoederen (overige invoer) in de vorm van energiebesparende uitrusting leiden tot deze besparing. In economische termen vindt substitutie plaats van energie door kapitaal in de productiefunctie. De Specifieke Energie Consumptie (SEC) is de energie voor het proces gedeeld door de productie. De SEC daalt in dit voorbeeld omdat het energiegebruik voor het proces daalt. (De productiehoeveelheid wordt verondersteld onveranderd te blijven.) Deze waarde van de SEC ten opzichte van de oude referentiewaarde bepaalt weer de energie-efficiency index.

Voor elk proces in de productketen kan zo een procesefficiency worden gedefinieerd. Ook het omgekeerde effect kan optreden. In dat geval treed een negatieve procesefficiency op.

*Het voorbeeld:*

De platenproducent verbruikt voor elke plaat die hij produceert gemiddeld 10 GJ aan energie. Door een andere productiemethode bespaart hij op grondstof en neemt de verkoopwaarde van zijn product toe. Helaas neemt door dit nieuwe proces ook het energiegebruik toe tot 11 GJ per plaat. Dit is een negatieve procesefficiency. De energie efficiency index wordt  $11/10 = 110\%$ . NB: in de MJA's geeft een index kleiner dan 100% een verbetering aan.



Figuur 2.2 *Schema producten- en processenketen*

Veranderingen in de procesefficiency van producent C worden niet gezien als indirect energie-effect. Ze zijn een direct gevolg van maatregelen die de producent binnen zijn beslisdomein neemt, en spelen zich ook volledig af binnen dit beslisdomein.

Indirecte energie-effecten treden op als door beslissingen en veranderingen binnen het beslis-domein van een producent *buiten* dit beslisdomein effecten optreden die gevolgen hebben voor het energiegebruik bij andere processen. Er zijn diverse mogelijkheden, waardoor het energiegebruik buiten het beslisdomein worden beïnvloed. De drie belangrijkste mogelijkheden zijn in figuur 2.2 aangegeven met de pijlen ②, ③ en ④.

## 2.2 Materiaalsubstitutie

Materiaalsubstitutie is het vervangen van de ene grondstof door de andere grondstof. Indien voor productieproces C de grondstof A vervangen wordt door B conform pijl ② kan het energiegebruik in de keten veranderen. De hoeveelheid A-productie vermindert en dus de daarvoor benodigde energie. De B-productie groeit. Als per saldo het gezamenlijk energiegebruik van processen A en B per eenheid productie van C daalt, dan is er sprake van een indirecte energiebesparing. Een voorbeeld zou de vervanging van aluminium door kunststof kunnen zijn in een huishoudelijk artikel, of toepassing van hout in plaats van gewapend beton in een gebouw. Voor het bepalen van de totale efficiencyverbetering zou nu het energiegebruik van het hele systeem van A, B en C moeten worden beschouwd.

### *Het voorbeeld:*

De platenproducent vervangt een aluminium strip door een strook beukenhout. Het energiegebruik in de aluminiumindustrie zal dalen (er hoeft minder aluminium gemaakt te worden), maar in de houtverwerkende industrie zal dit toenemen (er moet meer hout worden gezaagd). Omdat de daling in energiegebruik van de aluminium industrie groter is dan de toename bij de houtverwerkende industrie is er per saldo sprake van een daling in het energiegebruik.

## 2.3 Dematerialisatie

Dematerialisatie is het verminderen van het grondstofverbruik. Indien volgens pijl ③ de invoer van de hoeveelheid A wordt verminderd, bijvoorbeeld door een extra inzet van arbeid of kapitaal, kan ook energiebesparing optreden. De totale energie-input voor de productie van C vermindert omdat er minder van A wordt gebruikt en derhalve minder energie voor proces A. Als voorbeeld kan de productie van een beeldschermbehuizing dienen van dunwandiger materiaal. Dit vereist bijvoorbeeld een investering in nieuwe spuitgietmallen. Dit wordt vaak bedoeld met dematerialisatie: minder materiaal voor hetzelfde product. Om voor dit effect de totale energiebesparing te bepalen dient het proces A en C te worden beschouwd. Omdat bij proces A een volume-effect optreedt (er hoeft minder aan proces C te worden geleverd) worden ook alle inputs van proces A minder. Dat betekent dat ook voor de productie van deze inputs weer volume-effecten optreden. Voor het bepalen van het totale effect kan men dus in principe eindeloos terug in de keten gaan. Het totale effect betreft een eventueel procesefficiency-effect in proces C en volume-effecten in de voorgaande processen.

### *Het voorbeeld:*

De platenproducent kan bij elke plaat nog één aluminium strip (een onderdeel van de plaat) laten vervallen. Hierdoor hoeft er minder aluminium te worden geproduceerd. Het energiegebruik in de aluminiumindustrie zal hierdoor dalen en daarmee daalt ook het totale energiegebruik in de gehele keten.

## 2.4 Energiegebruik tijdens het gebruik van een product

Kapitaalgoederen of duurzame consumptiegoederen kunnen tijdens de gebruiksfase veel energie gebruiken. Met name bij gebouwen en vervoermiddelen is doorgaans het energiegebruik voor productie ervan lager dan voor het gebruik. Relatief kleine veranderingen aan deze producten kunnen grote energie-effecten hebben. Zo kan gewichtsbesparing in een auto, door toepassing van aluminium in plaats van staal, brandstof besparen tijdens het gebruik. Niettemin is per auto voor de productie van primair aluminium meer energie nodig dan voor primair staal. In Figuur 2.2 is G bijvoorbeeld een proces, waarbij substitutie van een ouder transportmiddel D door de efficiëntere versie C (pijl ④) invloed kan hebben op het energiegebruik van proces G. Er treden nu niet alleen volume-effecten op bij proces C en D, maar ook een procesefficiency-effect bij proces G. Om het totale effect van een verandering bij proces C te bepalen worden niet alleen eerdere processen beschouwd, maar ook volgtijdige processen.

### *Het voorbeeld:*

De gebruiker koopt geen conventionele containers meer, maar schaft een container aan die gemaakt is van de speciale innovatieve platen. Deze container weegt minder. Hoewel het effect niet groot zal zijn, zal het energiegebruik voor transport van de container toch afnemen. De gebruiker bespaart op energie. Er treden echter nog meer effecten op. De productie van de traditionele containers zal afnemen. Ook de productie van de toeleveranciers voor deze container daalt. Hierdoor treedt een daling op in het totale energiegebruik van de betrokken producenten. De productie van nieuwe containers neemt toe, evenals de productie voor de toeleverende industrie voor deze containerbouw. Dit geeft een toename aan energiegebruik bij deze producenten.

## 2.5 Energiegebruik bij het afdanken van een product

Na gebruik van een product vindt een afdankingsproces plaats: storten, verbranding en/of recycling (hergebruik van materialen/componenten). Ook hier kunnen energie-effecten optreden, onder andere via terugwinning van warmte of energie-intensieve materialen. De keuze van materialen in de ontwerpfase is derhalve van invloed. Ook het gemak waarmee componenten te scheiden en weer te verwerken zijn, heeft invloed op het energiegebruik in de afdankfase. Restmaterialen zullen vervolgens weer verderop in de tijd mogelijk een substituut zijn voor primaire materialen. De keuze van een materiaal in proces kan dus verder vooruit in de keten effect hebben op energiegebruik.

### *Het voorbeeld:*

De container wordt aan het eind van de levensduur afgedankt en verbrand in een AVI. Met de vrijkomende warmte wordt stroom geproduceerd. Omdat de materialen van de nieuwe container een hogere verbrandingswaarde hebben kan er per container meer stroom worden geproduceerd.

## 2.6 Samenwerking in de keten

Om een bepaalde efficiencyverbetering te bereiken kan het nodig zijn dat er op meer plaatsen een ingreep plaatsvindt. Minder materiaal stoppen in een product is niet altijd mogelijk zonder een hogere kwaliteit toe te passen. De materiaalleverancier moet deze betere kwaliteit ontwikkelen, waarna de materiaalverwerker zijn ontwerp kan aanpassen. Een andere mogelijkheid is dat een afnemer zijn proces aanpast om een lagere grondstofkwaliteit te kunnen accepteren, zodat de leverancier minder energie-intensieve bewerkingen hoeft uit te voeren. Verbeteringen in

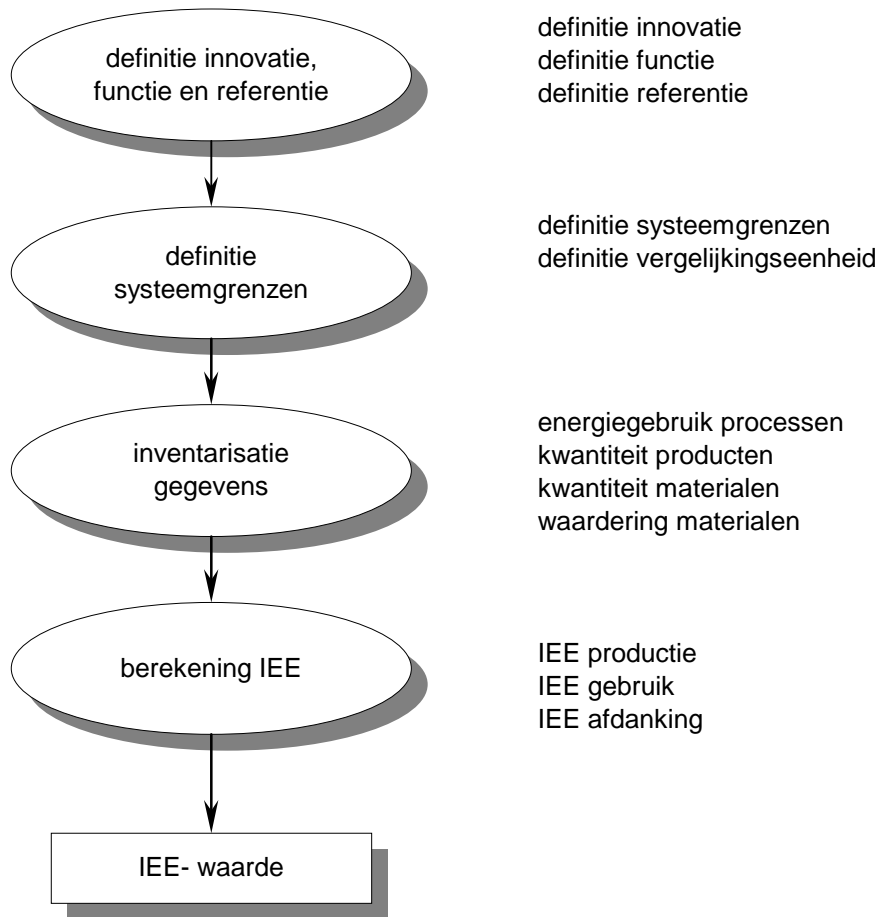
de keten zullen soms het gevolg zijn van de initiatieven van één producent, maar kunnen soms ook alleen maar ontstaan bij samenwerking van meerdere partijen. Ook indirecte energie-effecten die optreden als gevolg van een productmodificatie kunnen soms alleen maar tot stand komen als meerder partijen samenwerken.

## 2.7 Conclusie

Om het totale energie-effect van een verandering in een productiesysteem weer te geven moet dus het energiegebruik in het totale systeem worden beschouwd. Voor alle eerder optredende processen is dat theoretisch na te trekken, praktisch beschouwd moeten hier echter veronderstellingen worden gemaakt. Voor de bepaling van het effect wordt uitgegaan dat de verhoudingen in deze afzonderlijke processen niet veranderen. Het is niet mogelijk toekomstig optredende effecten exact te bepalen omdat ze nog moeten plaatsvinden. Ook hier dienen aannamen te worden gemaakt over toekomstige productstromen, processen en mogelijke besparingen.

Voor het bepalen van indirecte energie-effecten van een productinnovatie zijn dus veronderstellingen nodig over processen die bij andere bedrijven en op een ander tijdstip plaatsvinden. Dit behoeft geen belemmering te zijn voor een goed werken monitoring-systeem. In de lopende MJA's worden ook veronderstellingen gemaakt, bijvoorbeeld over het conversierendement van elektriciteitsopwekking.

## Methode ter bepaling IEE



Figuur 3.0 *Fasen in de bepaling van IEE*

### 3. IEE METHODIEK

Bij de bepaling van de Indirecte Energie-Effecten gaat het erom om de energetische effecten van veranderingen (innovaties) zichtbaar te maken. De bepaling van indirecte energie-effecten is gebaseerd op een vergelijking van een referentiesituatie (een situatie waarin een innovatie niet is toegepast) met een innovatieve situatie (een situatie waarin de innovatie is doorgevoerd). De IEE wordt uitgedrukt in een getal met een eenheid. Een IEE-getal kleiner dan 0 betekent dat het totaal energiegebruik in de innovatieve situatie lager is dan het energiegebruik in de referentiesituatie. De eenheid van een IEE is afhankelijk van de situatie, maar zal in het algemeen de gedaante hebben van ‘een verandering in hoeveelheid energiegebruik (per functie) gedurende een periode [J/jaar]’. Een negatieve waarde duidt dus op een besparing.

De methode voor bepaling van indirecte energie-effecten bestaat uit een aantal stappen (Figuur 3.0).

1. *Definitiefase;*  
In deze fase worden de innovatie, de gevolgen van de innovatie, en de referentie vastgesteld
2. *Systeemfase;*  
In de systeemfase worden de grenzen van het systeem vastgesteld, en de vergelijkingsmaatstaf tussen de referentiesituatie en de innovatieve situatie vastgelegd. In deze fase wordt bepaald welke processen en materiaalstromen in de vergelijking worden meegenomen
3. *Inventarisatiefase;*  
In de inventaristiefase moeten de getallen voor de berekeningen worden verzameld. Dit betreft niet alleen het energiegebruik van de processen, maar ook de omvang van materiaalstromen en het energiegebruik dat behoort bij de productie van die stromen
4. *Berekeningen IEE.*

De IEE zal meestal worden bepaald omdat men de gevolgen wil weten van een productinnovatie. Het innovatieve product is hierdoor het startpunt van de IEE-analyse. Uitgaande van dit innovatieve product kan worden bepaald wat de functie van dit product is, en welk “traditioneel” product door dit innovatieve product zal worden vervangen.

In dit hoofdstuk zal de methode weer worden geïllustreerd aan de hand van het gehanteerde voorbeeld.

*Het voorbeeld:*

Een fabrikant van plaatmateriaal maakt speciale constructieplaten. Voor de productie van de platen maakt de fabrikant gebruik van aangeleverde strips van Aluminium en stroken Beukenhout.

De platen worden op maat gemaakt voor een afnemer die met deze platen speciale Containers bouwt.

De plaatfabrikant ontwerpt een nieuwe plaat, waardoor hij minder grondstoffen nodig heeft, maar tevens heeft deze nieuwe plaat voordelen voor de containerbouwer en uiteindelijk ook voordelen voor de gebruiker van de container.

Bij de productie van de nieuwe plaat zal het energiegebruik voor fabricage van de platen toenemen, maar elders kan het energiegebruik als gevolg van deze ontwikkeling dalen. Met de bepaling van de IEE kan worden aangegeven of de ontwikkeling van een innovatieve plaat uit energetisch oogpunt een succesvolle ontwikkeling is.

### 3.1 De definitiefase

#### *Vaststellen innovatie*

Om de indirecte energie-effecten van een productwijziging vast te kunnen stellen moet het innovatieve product worden gedefinieerd en moeten de innovatieve aspecten worden aangegeven. Belangrijk is de verschillen met de referentiesituatie vast te leggen, inclusief de energie-effecten die het gevolg zijn van mogelijke innovatieve ingrepen. De uiteindelijke referentiesituatie kan pas volledig worden vastgelegd als de functie van het innovatieve product is beschreven.

Innovatieve wijzigingen van een product hebben betrekking op de veranderingen in de kenmerken van het product, maar ook op veranderingen in de benodigde grondstoffen, veranderingen in het fabricageproces, en veranderingen in de afvalstromen.

#### *Het voorbeeld:*

Het innovatieve product is een nieuwe constructieplaat. Bijzonderheden van de nieuwe plaat, in vergelijking met de oude plaat zijn:

- Minder grondstoffen, en in andere verhouding.
- Moeilijker te maken.
- Eenvoudigere constructie mogelijk van de container.

De afvalstromen die bij de fabricage vrijkomen zijn nihil, en worden dus verwaarloosd.

#### *Vaststellen gevolgen innovatie*

Een veranderd (tussen)product kan gevolgen hebben op de volgtijdige processen in de productiefase, op de gebruiksfase van het uiteindelijke eindproduct, en op de afvalfase. Indien het product van een bepaalde processtep verandert, heeft dit gevolgen voor de volgende processtep. Alle processen die als gevolg van de innovatie belangrijk veranderen worden meegenomen in de analyse. Welke verandering belangrijk is, is afhankelijk van de situatie.

Gevolgen in de opvolgende productiefasen en processen kunnen zijn:

- Verandering materiaalgebruik.
- Verandering in procesvoering.
- Veranderingen in producten.

Gevolgen in de gebruiksfase kunnen zijn:

- Veranderingen in gebruiksduur.
- Veranderingen in energiegebruik tijdens het gebruik, zowel direct als indirect.

Gevolgen in de afvalfase kunnen zijn:

- Veranderingen in hoeveelheid en samenstelling van het afval.
- Veranderingen in de verwerkingsmogelijkheden van het afval.

#### *Het voorbeeld:*

Het proces volgend op de fabricage van platen is het bouwen van een container. De containerbouwer zal voordelen ondervinden van de nieuwe plaat. Met de nieuwe plaat is een sterkere constructie mogelijk, waardoor het benodigd aantal platen vermindert en het energiegebruik zal dalen. Na constructie van de container zal deze worden gebruikt.

In de gebruiksfase treden ook een aantal veranderingen op. De container zal gemiddeld langer meegaan in gebruik. Voorheen bezweek nog wel eens een container binnen de afgesproken levensduur. Daarnaast zal de gebruiker kunnen profiteren van een geringe besparing op energiekosten (omdat het gewicht van de container vermindert).



Ook in de afvalfase zijn er gevolgen. Een voortijdig bezwaken container kon worden ingeleverd bij de bouwer. Doordat met de nieuw vormgegeven plaat een sterkere constructie mogelijk is zal dit naar verwachting in de toekomst niet meer voorkomen. Een deel van het plaatmateriaal van ingeleverde containers kon worden hergebruikt, maar dit zal in de innovatieve situatie niet meer van toepassing zijn. Al het afval zal via een AVI worden verwerkt. Hierin komt geen verandering. Wel zal mogelijk de hoeveelheid en samenstelling van het afval veranderen.

Het is mogelijk dat een van de vervolgprocessen niet noemenswaardig verandert, maar dat er wel aanmerkelijke veranderingen optreden in de gebruiksfase of de afvalfase. In deze situatie wordt ook het 'onveranderd' vervolgproces (wat ligt tussen het proces met de innovatie en de gebruiksfase) meegenomen in de analyse.

#### *Vaststellen referentie*

De uiteindelijke functie van een innovatief product bepaalt welk conventioneel product wordt vervangen. In veel gevallen zal een verbeterd product hetzelfde, maar nog onverbeterde product vervangen (HR++ glas komt in de plaats van traditioneel dubbel glas of enkel glas), vaak ook nog van dezelfde fabrikant. Soms echter komen innovatieve producten van de ene fabrikant in plaats van traditionele producten van andere fabrikanten (stalen gevelbeplating in plaats van traditioneel metselwerk).

#### *Het voorbeeld:*

De innovatieve platen worden gebruikt bij de bouw van speciale containers. Ze vervangen hierbij de traditionele platen van dezelfde platenfabrikant. De referentie voor de innovatieve platen zijn dus de traditionele platen.

## 3.2 Systeemfase

#### *Vaststellen systeemgrenzen van de innovatieve- en referentiesituatie*

De systeemgrenzen dienen alle processen te omvatten die als gevolg van de innovatie significant veranderen. De materiaalstromen die de grenzen passeren dienen aangegeven te zijn. Daarnaast is het belangrijk het tijdsaspect bij de systeemgrenzen vast te leggen. Indien de levensduur in de innovatieve situatie niet gelijk is aan de levensduur in de referentiesituatie dient dit expliciet te worden aangegeven en verwerkt in de verdere analyse. Het is voor de berekening van een IEE niet noodzakelijk dat beide systeemgrenzen een gelijke periode beslaan, mits hiermee bij de uiteindelijke berekening van een IEE wel rekening mee wordt gehouden.

#### *Het voorbeeld:*

De processen die veranderen zijn:

- De fabricage van de platen.
- De bouw van containers
- Het gebruik van de containers.
- Het retourneren van defecte containers.

Deze processen liggen binnen de systeemgrenzen.

(De fabricage van strip verandert niet, al zal wel de hoeveelheid benodigde strip veranderen. Dit is echter een volume-effect, en geen procesverandering. De fabricage van strip blijft dus buiten de systeemgrenzen.)

De materiaalstromen die de systeemgrenzen passeren zijn.

- Stroken en strip voor de bouw van platen
- Afval van gebruikte containers

De overige materiaalstromen worden verondersteld gering in omvang te zijn, en worden in dit voorbeeld verwaarloosd.

De gemiddelde levensduur van een container zal door de innovatie toenemen. Dit zal effect hebben op de jaarlijks te produceren hoeveelheid platen.

In Figuur 3.1 (pag. 19) zijn de betrokken processen, materialen en systeemgrenzen aangegeven.

### *Vaststellen vergelijkingseenheid*

Een eenduidige vergelijkingseenheid is belangrijk bij de betekenis en waardering van het uiteindelijk berekend getal.

De IEE zal bepaald worden per product, dan wel functie of dienst dat een uiteindelijk eindproduct vervult. Deze functie of dienst is zowel voor de referentie als voor de innovatie hetzelfde. Daarnaast kan het noodzakelijk zijn een bepaalde tijdsperiode mee te nemen. Indien de levensduur niet veranderd kan men de tijdsperiode gelijk stellen aan de levensduur.

Afhankelijk van de gewenste situatie kan een IEE van een product of dienst omgerekend worden naar de IEE voor de totale productie van een fabrikant, een markt, of een (inter)nationaal effect.

#### *Het voorbeeld:*

De uiteindelijke functie die met de container wordt uitgeoefend is het vervoer van een zekere hoeveelheid goederen over een zekere afstand gedurende een bepaalde periode. Zowel de hoeveelheid goederen als de afstand waarover deze moeten worden getransporteerd zal niet veranderen. Men kan daarom in dit voorbeeld de functie vereenvoudigen tot 'het gebruik van een container'

De betrokken tijdsperiode is in eerste instantie de levensduur van een container. Omdat de levensduur van een container als gevolg van de innovatie verandert zal de uiteindelijke IEE berekend worden in een energiebesparing per jaar gebruik van een container.

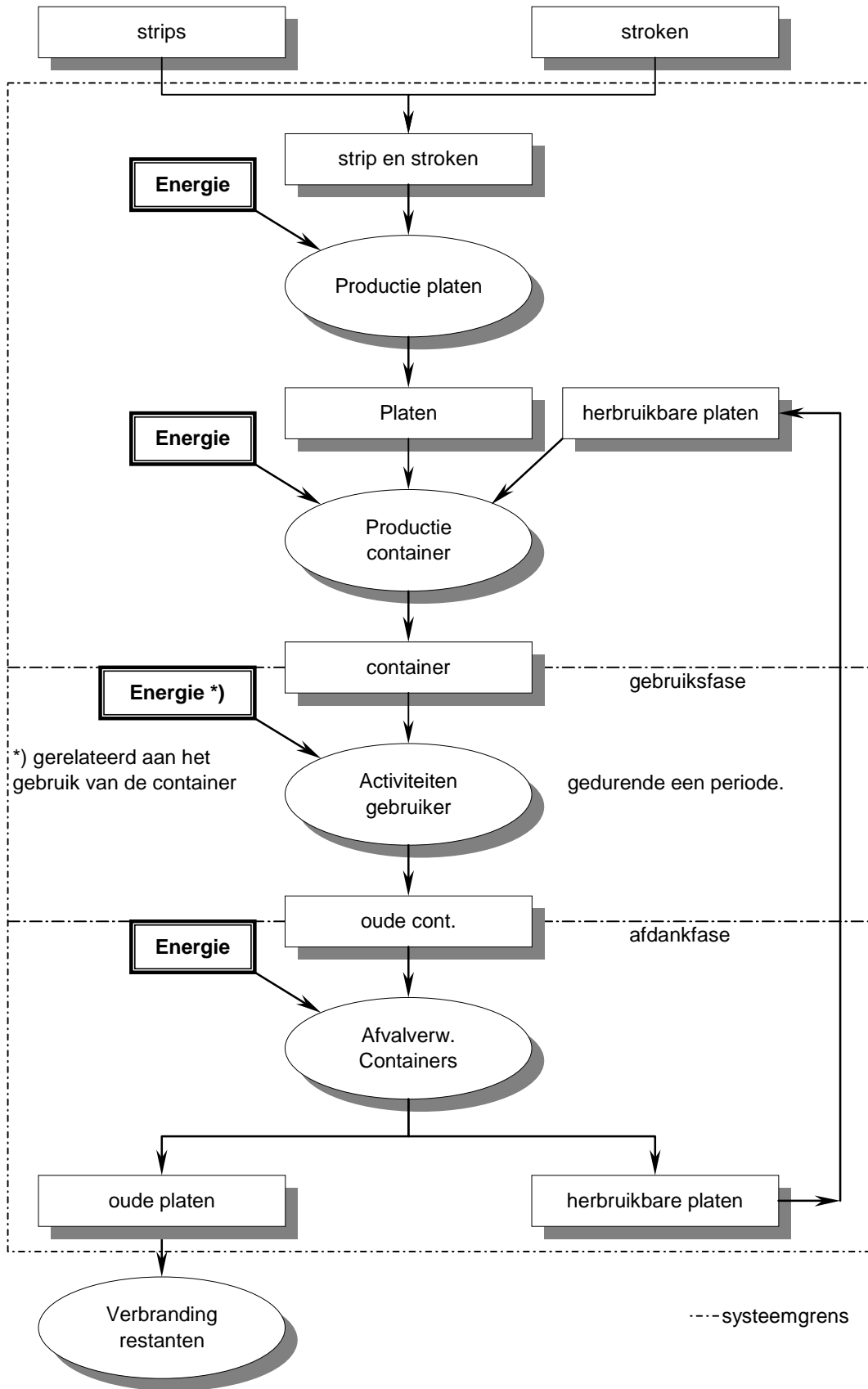
NB: Bovenstaande aanname is bijvoorbeeld niet van toepassing als de inhoud van de container is vergroot. Een innovatieve container zou in dat geval meer opslagruimte bieden dan een referentie-container. De vergelijkingseenheid zou in dat geval 'een jaar lang een m<sup>3</sup> opslagruimte' kunnen zijn.

## 3.3 Inventarisatiefase

### *Kwantificeren materiaalstromen*

Per proces moeten de specifieke materiaalstromen (hoeveelheid input per hoeveelheid output) worden gekwantificeerd.

Materialen die de grens van het systeem overschrijden vertegenwoordigen een hoeveelheid energie. Hierbij moet men niet alleen denken aan de verbrandingswaarde van producten (de stookwaarde van bijvoorbeeld hout) maar ook aan de energie die is gebruikt om ingaande producten te fabriceren. Ook de uitgaande materiaalstromen zullen vaak een energiewaarde vertegenwoordigen. Materiaalstromen tussen de afzonderlijke processen binnen de systeemgrenzen beïnvloeden de afzonderlijke bijdrage van de diverse processen aan het geheel.



Figuur 3.1 Product en procesketen van het gebruikte voorbeeld

*Het voorbeeld:*

Er is sprake van levensduur verlenging.

Voor de productie van één plaat wordt in de referentiesituatie 5 aluminium strips en 2 stroken beukenhout gebruikt. In de innovatieve situatie zijn dit respectievelijk 2 strips en 4 stroken

Voor de productie van één container wordt in de referentiesituatie 22 platen gebruikt, waarbij er gemiddeld 2 afkomstig zijn van hergebruik. In de innovatieve situatie zijn er slechts 18 platen nodig, maar zal geen hergebruik plaatsvinden.

In het gebruik van de container zijn geen overige materiaalstromen betrokken die zullen veranderen.

In de afdankfase zal het materiaal van alle containers uiteindelijk in een AVI belanden, uitgezonderd de platen die kunnen worden hergebruikt. Per container zijn dit in de referentiesituatie 20 platen. In de innovatieve situatie zijn dit 18 platen.

*Kwantificeren energiegebruik productieprocessen*

Alle processen binnen de systeemgrenzen leveren een bijdrage aan het totale energiegebruik. Om het totale energiegebruik binnen de systeemgrenzen te bepalen is het nodig om het specifiek energiegebruik van de betrokken processen te bepalen. Op basis van dit specifiek energiegebruik, en de productievolumina van de processen is het totale energiegebruik te berekenen.

Veranderingen in het specifiek energiegebruik worden vaak aangeduid met ‘procesefficiency’. In bepaalde situaties wordt een verbetering van de procesefficiency gezien als primair energie-effect, zoals wordt nagestreefd in de MeerJaren Afspraken. Indien bij het kwantificeren van procesefficiency wordt geconstateerd dat er veranderingen optreden tussen het referentieproduct en het innovatieve product moet tevens worden aangegeven of men dit effect waardeert als indirect energie-effect.

*Het voorbeeld:*

- Het energiegebruik voor de fabricage van platen is in de referentiesituatie bepaald op 10 GJ per plaat. In de innovatieve situatie zal dit zijn opgelopen tot 11 GJ per plaat. Deze verslechtering van energie-efficiency speelt zich af binnen de grenzen van het bedrijf dat de innovatie doorvoert en is daarmee per definitie geen ‘indirect effect’ (zie paragraaf 2.1).
- Het energiegebruik voor de bouw van de containers zal dalen van 4 GJ per container naar 3 GJ per container. Deze verbetering in procesefficiency treedt op buiten de directe invloedssfeer van de platenfabrikant, en wordt daarom gewaardeerd als een indirect energie-effect.
- Het demonteren van defecte containers en het uitsorteren van herbruikbare platen zal komen te vervallen. Het energiegebruik in de referentiesituatie is gemiddeld 0,5 GJ per bruikbare plaat. Hier is geen sprake van verandering van procesefficiency, maar van het vervallen van een proces.

*Kwantificeren energie-effecten tijdens gebruiksfase*

Een bijzonder proces is “het gebruik” van het eindproduct. Door de innovatie kan ook het energiegebruik in de gebruiksfase veranderen. Onderscheid kan worden gemaakt op:

- Energiegebruik voor het functioneren van het product;
- Ander energiegebruik, beïnvloed door het functioneren van het product, of als gevolg van het toepassen van het product;
- Energiegebruik voor het conditioneren van het product (onderhoud aan het product).

Het energiegebruik voor het functioneren van het product is het directe energiegebruik door het product zelf. Voor een koelkast is dit bijvoorbeeld het elektriciteitsgebruik voor de motor en de inwendige verlichting.

Door het functioneren van een product kan ander energiegebruik worden beïnvloed. Door het gebruik van bijvoorbeeld HR-glas wordt het energiegebruik voor verwarming van de woning verlaagd. Ook het energiegebruik dat bijvoorbeeld het gevolg is van het regelmatig transporte-

ren van een product behoort te worden meegenomen. Zo bepaalt bijvoorbeeld de vormgeving en het gewicht van een caravan het brandstofverbruik van de trekkende auto.

Onder energiegebruik voor het conditioneren van het product kan men het energiegebruik rekenen dat gepaard gaat met onderhoud, zoals het 'olie verversen' of 'schilderen'. Hierbij gaat het niet alleen om het energiegebruik behorende bij de onderhoudshandeling, maar ook om het volledige energiegebruik dat heeft plaatsgevonden om de onderhoudsproducten (verf, olie) te fabriceren.

In de praktijk zullen deze factoren alleen worden bepaald indien er sprake is van een "relevante" omvang. Veel aspecten zullen daardoor worden verwaarloosd.

Zowel energiegebruiken voor het functioneren, beïnvloed door het functioneren, als voor het conditioneren van een product zijn vaak tijdsgebonden (dagelijks stroomverbruik, jaarlijks schilderen) of gerelateerd aan de functie (brandstofverbruik per afgelegde kilometer).

Energiegebruik dat als gevolg van de innovatie niet verandert hoeft niet te worden gekwantificeerd.

*Het voorbeeld:*

Tijdens het gebruik van de container zal deze regelmatig worden getransporteerd. Door gewichtsvermindering zal een besparing plaatsvinden. In de referentiesituatie is het energiegebruik voor transport en handling berekend op 20 GJ per maand per container. De besparing op energiegebruik bij de gebruiker is ingeschat op 5%.

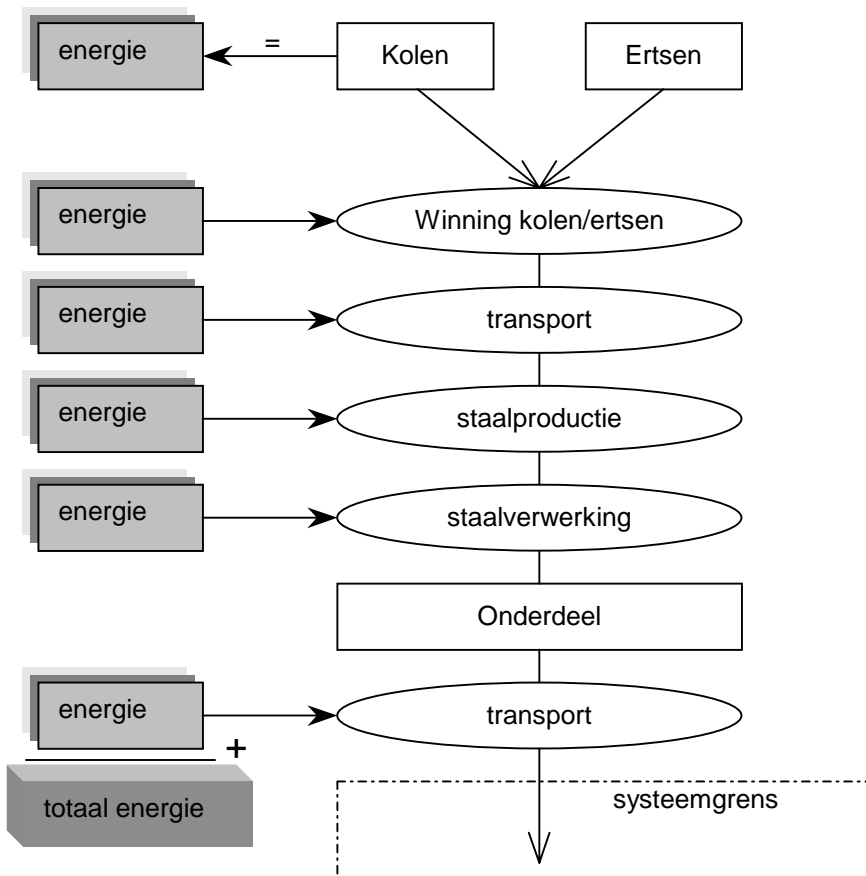
Overige effecten treden niet op. (Er is geen onderhoud aan de containers, isolatie-eigenschappen etc. zijn niet van belang of zijn niet veranderd.)

*Waardering materiaalstromen*

Met de energetische waardering van materialen bedoelen we de hoeveelheid energie die is besteed om tot een bepaald product of materiaal te komen (zie Figuur 3.2, pagina 22). De energetische waardering van de ingaande materiaalstromen die de systeemgrenzen passeren dient gebaseerd te zijn op het volledig energiegebruik voor de productie van deze materialen, vanaf de bron tot dat het product aan de grens van het systeem wordt afgeleverd. De verbrandingswaarde van gebruikte grondstoffen (in MJA's vaak gedefinieerd als 'feedstock' of 'non-energetisch gebruik') dient verdisconteerd te zijn.

De meeste materialen zullen de systeemgrenzen verlaten in de afdankfase. Voor het waarderen van deze materiaalstromen dient onderscheid te worden gemaakt naar de methode van afvalverwerking. Mogelijke vormen van verwerking zijn:

- *Hergebruik*  
Hergebruik is de meestal een energie-efficiënte vorm van afdanking omdat in dit geval (een deel van) het product, eventueel na een revisie, direct opnieuw inzetbaar is. Voor de betreffende component komt dit neer op levensduurverlenging.
- *Recycling*  
Onder recycling wordt de verwerking van (een deel van) het product verstaan waarbij materialen na verwerking als grondstof, opnieuw inzetbaar zijn.



Figuur 3.2 Voorbeeld energiewaarde inkomend materiaal

- *Omzetting*

Omzetting van (een deel van) het afgedankte product betekent dat (een deel van) de toegepaste materialen op zodanige wijze verwerkt wordt dat ze niet meer voor dezelfde toepassing inzetbaar zijn, maar andere producten opleveren. Tot omzetting horen bijvoorbeeld de thermische verwerkingsprocessen waarbij materialen omgezet worden in brandstoffen of elektriciteit.

- *Storten*

Bij storten van een product vindt geen verdere benutting meer plaats. Mogelijk terug te winnen inhoudelijke energie gaat verloren. (Bij winning van stortgas moet men storten als een vorm van 'omzetting' opvatten.)

Bij de uitgaande materiaalstromen (met name in de afvalfase) is de "energiewaarde" afhankelijk van het energiegebruik van de alternatieve productieroutes met een gelijkwaardig eindproduct

- Bij stort van afval heeft een afvalproduct geen restwaarde.
- Bij recycling is de waarde afhankelijk van de energiebesparing die wordt bereikt doordat winning en bewerking van primaire grondstoffen wordt voorkomen.
- Bij thermische verwerking van afvalstoffen kan energie worden teruggewonnen. De waarde is afhankelijk van de vermeden inzet van conventionele brandstoffen voor een gelijkwaardige energieopwekking.

*Het voorbeeld:*

Er zijn slechts twee ingaande, en één uitgaande materiaalstroom.

- Voor de fabricage van een aluminium strip is het totale energiegebruik (vanaf de winning van bauxiet tot aan de aflevering aan het magazijn van de platenfabrikant) ingeschat op 5 GJ per strip.
- Voor de stroken beukenhout is deze waarde ingeschat op 3 GJ per strook.
- Een plaat die wordt verbrand in een AVI levert uiteindelijk een hoeveelheid stroom op. Hierdoor wordt bespaard op de inzet van conventionele energiedragers in een conventionele centrale. De verbrandingswaarde van een plaat is in de referentiesituatie 0,8 GJ. Doordat het elektrisch rendement van een AVI lager ligt dan van een conventionele elektriciteitscentrale, wordt hiermee 0,5 GJ brandstofinzet vermeden. Door de veranderde samenstelling van de plaat zal de verbrandingswaarde toenemen tot 0,96 GJ per plaat, en zal de vermeden brandstofinzet 0,6 GJ zijn.

### 3.4 Berekening van de indirecte energie-effecten

Bij het berekenen van de IEE is het mogelijk de berekeningen op te splitsen in afzonderlijke deelberekeningen voor de productiefase, de gebruiksfase en de afdankfase. Deze opsplitsing kan het inzicht in de resultaten verhogen.

Opsplitsing van de IEE over verschillende (gelijktijdig optredende) innovatieve aspecten, zoals dematerialisatie, materiaalsubstitutie, levensduurverlenging, verbeterde bruikbaarheid in de afdankfase, etc. is complex, omdat dubbeltellingen kunnen voorkomen. Wel is het mogelijk deze afzonderlijke aspecten achtereenvolgend stapsgewijs door te rekenen, maar de gekozen volgorde heeft invloed op de verdeling van het totaal over de afzonderlijke resultaten.

De IEE wordt berekend door het verschil te bepalen tussen het energiegebruik per tijdsperiode in de referentiesituatie en het energiegebruik per tijdsperiode in de innovatieve situatie.

Het totale energiegebruik in de referentiesituatie of de innovatieve situatie is een optelling van het energiegebruik van alle processen binnen de systeemgrenzen en een optelling van de energie die is toegekend aan alle materialen die deze grenzen passeren in de betreffende situatie.

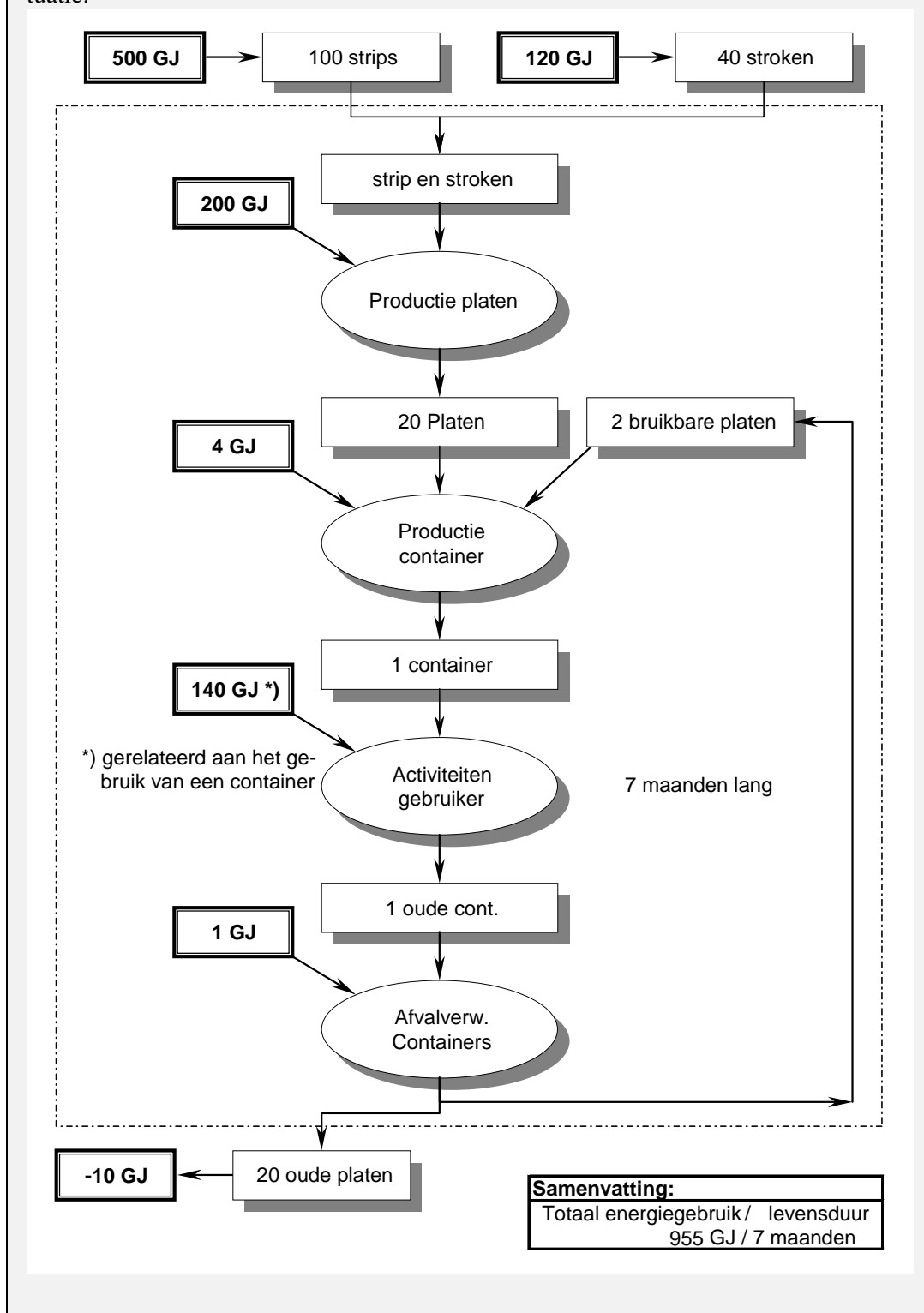
Wel moet nog een correctie worden toegepast. Als gevolg van de innovatie is het mogelijk dat een verbetering in de procesefficiency optreedt. Procesefficiency die optreedt bij de innovator wordt niet gezien als een indirecte energie-effect, en moet daarom in mindering worden gebracht op het berekende verschil tussen de twee situaties.

$$IEE = \left( \frac{\sum E_{processen} + \sum E_{materialen}}{Levensduur} \right)_{\text{innovatief}} - \left( \frac{\sum E_{processen} + \sum E_{materialen}}{Levensduur} \right)_{\text{referentie}} - Corr$$

Formules voor een gedetailleerde berekening van de afzonderlijke componenten in bovenstaande formule staan uitgewerkt in bijlage C.

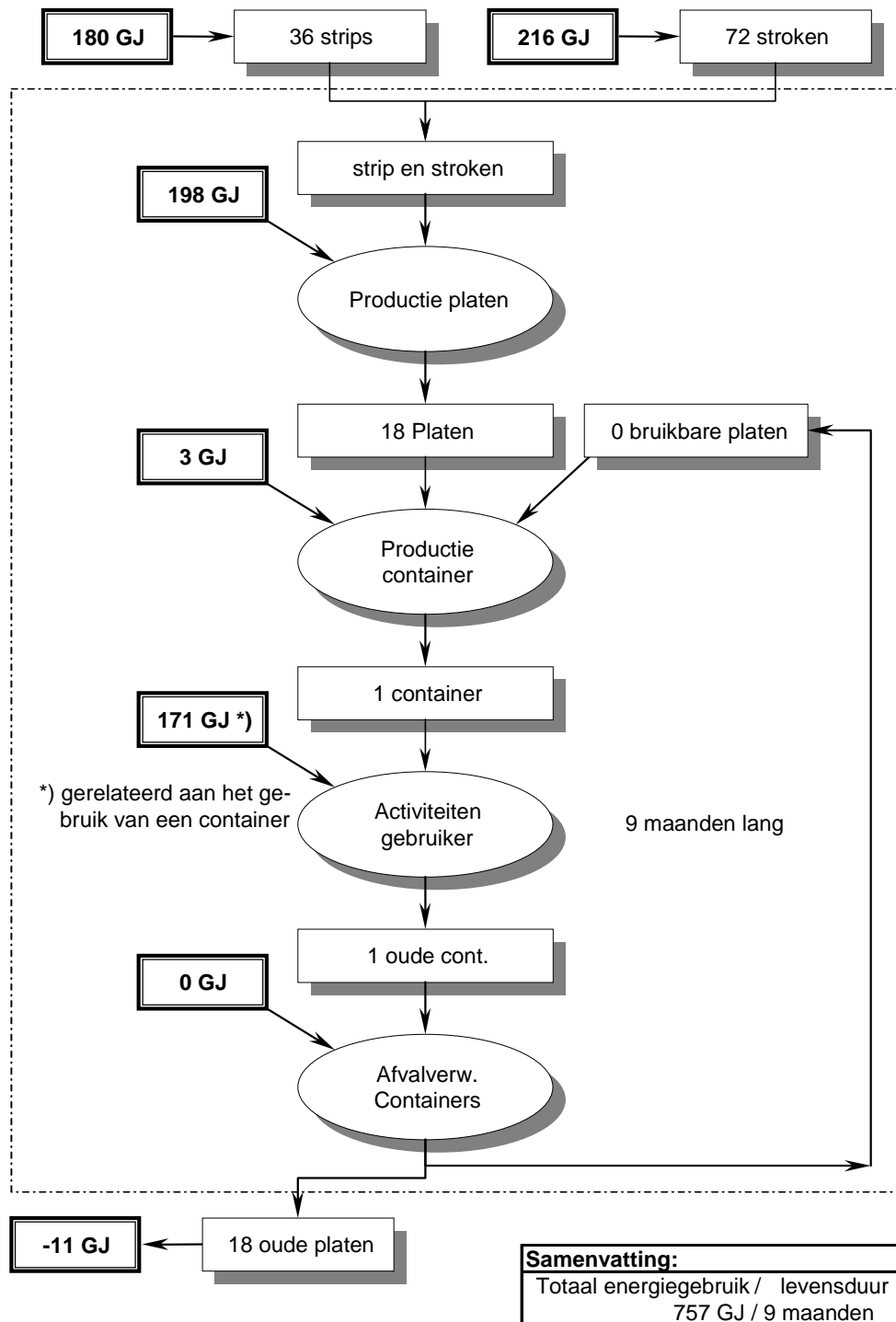
*Het voorbeeld:*

In onderstaand schema zijn de processen en materialen weergegeven in de referentiesituatie.





Het schema voor de innovatieve situatie:



De correctie voor procesefficiency is met de beschikbare cijfers (zie bijlage A) te berekenen.

De correctiefactor heeft betrekking op de innovatieve situatie. Er worden in deze situatie per container 18 platen gemaakt. De SEC voor de productie is met 1 GJ per plaat toegevoegd, zodat de verslechtering van procesefficiency 18 GJ per container bedraagt. Ook bij de correctiefactor moet rekening worden gehouden met de levensduur.

De IEE kan nu eenvoudig worden berekend:

$$IEE = \left( \frac{757}{9/12} \right)_{\text{innovatief}} - \left( \frac{955}{7/12} \right)_{\text{referentie}} - \left( \frac{18}{9/12} \right)_{\text{correctie}} = 651 \text{ GJ per jaar gebruik van een container}$$

De IEE is een negatief getal. Er treedt dus een besparing op.

De bijdrage van de afzonderlijke effecten is afhankelijk van de omvang van deze effecten. In dit voorbeeld wordt de grootste bijdrage geleverd door de levensduurverlenging, gevolgd door de dematerialisatie bij de containerbouw. Grootste nadelig effect is het vervallen van het hergebruik van een aantal panelen. De getallen in dit voorbeeld zijn echter willekeurig gekozen. In bijlage B worden de effecten afzonderlijk doorgerekend. Door het afzonderlijk doorrekenen van de effecten wordt echter geen rekening gehouden met kruiseffecten, (door bijvoorbeeld de verlenging van de levensduur worden er minder containers gebouwd, en valt er dus ook minder voordeel te halen bij de bouw van deze containers). Onderstaande tabel is een samenvatting van de resultaten uit bijlage B.

Aanpassing	Bijdrage
Procesveranderingen bij plaatproductie	0 (geen IEE)
Dematerialisatie bij plaatproductie	-171
Substitutie bij plaatproductie	-137
Modificatie proces containerbouwer	-2
Verlaging energiegebruik tijdens gebruiksfase	-12
Dematerialisatie bij containerbouwer	-278
Hogere waarde afval	-3
Vervallen van hergebruik	+137
Verlenging levensduur	-310
subtotaal	-913
kruiseffecten	262
Totaal	-651 GJ per jaar gebruik van een container.

## 4. BRUIKBAARHEID IEE-METHODE

### 4.1 Toepassing van de methode

Bij de ontwikkeling van de methode ter bepaling van de indirecte energie-effecten als gevolg van productinnovatie is duidelijk geworden, dat de IEE in grote lijnen eenduidig en vaak eenvoudig is te bepalen. In een aantal gevallen volstaat het bepalen op hoofdlijnen niet en zal een diepere en gedetailleerdere uitwerking moeten plaatsvinden. Door deze gedetailleerde analyse wordt de materie ook complexer. Afhankelijk van de aard van de innovatie dient de diepgang te worden vastgesteld. Met de ontwikkelde methode kan op een zeer gedetailleerd niveau de IEE worden bepaald, maar kan de analyse ook beperkt blijven tot de hoofdlijnen.

Aspecten als levensduurverlenging hebben tot gevolg dat volume-effecten optreden over alle betrokken processen. Doordat een product langer meegaat, hoeven er jaarlijks minder producten ter vervanging te worden geproduceerd en neemt de jaarlijkse hoeveelheid afval af.

Bij hergebruik of recycling treden er effecten op in de afvalfase, maar ook in de productiefase, omdat herbruikbare componenten hier weer worden ingezet.

Tijdens de levensduur van een product spelen een groot aantal aspecten een rol die van invloed zijn op het totale energiegebruik. Niet alleen het energiegebruik van het product zelf, maar ook het energiegebruik wat door het innovatieve product kan worden beïnvloed

De uiteindelijke functie van het innovatieve product bepaalt met welk referentieproduct moet worden vergeleken. Het zal in de praktijk voorkomen dat een innovatief product een geheel andere productieroute kent dan het referentieproduct (bijvoorbeeld een kunststof onderdeel van een voertuig in plaats van en stalen onderdeel). Ook in deze situaties is de methode geschikt om een IEE te bepalen.

De intentie van de methode is een 'eenvoudige' methodiek. Indien we de methode vergelijken met een andere 'tools', zoals een volledige LCA analyse, dan is de bepaling van een IEE beperkter, maar ook eenvoudiger. De gegevens kunnen beperkt blijven tot die aspecten die in het kader van energiegebruik van belang zijn.

In vergelijking met de bepaling van een EnergieEfficiencyIndex in het kader van een MJA is de methode echter complexer. Een EEI heeft betrekking op de eigen bedrijfsprocessen, met een duidelijk product. Het benodigd cijfermateriaal komt volledig uit eigen bedrijf. Een IEE heeft juist betrekking op processen buiten het eigen bedrijf, gerelateerd aan een functie die een product in de maatschappij vervult. Hiervoor is meer inzicht vereist, en het verzamelen van benodigd cijfermateriaal zal meer moeite kosten. Een zekere mate van standaardisering van energiegebruik bij processen en materialen zal aan dat bezwaar tegemoet komen.

### 4.2 Toerekening van indirecte effecten

Kenmerk van indirecte energie-effecten is dat deze effecten optreden buiten het beslisdomein van de betreffende fabrikant, en dus bij andere partijen. Vaak kunnen indirecte effecten echter alleen optreden dankzij de medewerking van deze partijen.

Een van de overheidsdoelstellingen is het verlagen van het energiegebruik. Tot nu toe worden bedrijven aangesproken op hun efficiency met betrekking tot energiegebruik via de MJA's. De indirecte energie-effecten vallen buiten de invloedssfeer van de huidige MJA's. Hoewel indirecte energie-effecten soms vanzelf optreden kan ondersteunend overheidsbeleid dit energiebesparingpotentieel vergroten.

Dit roept een aantal vragen op:

- Welke doelen kunnen worden gesteld?
- Wie is verantwoordelijk voor de behaalde resultaten?

Een methode voor het bepalen van indirecte energie-effecten is in dit rapport beschreven. Algemene (nationale) doelstellingen op gebied van indirecte energiebesparingen op hoofdlijnen zijn op basis van algemene inzichten in te schatten. Gaat het echter om verantwoordelijkheden voor het realiseren van deze doelstellingen, dan is het noodzakelijk zijn om nadere analyses uit te voeren.

De realiseerbare doelen voor elke verantwoordelijke zullen moeilijk te kwantificeren zijn. Kenmerk van komende innovaties is dat ze momenteel nog onbekend zijn. De doelstelling voor de toekomst zullen moeten worden gebaseerd op ervaringen uit het verleden en op concrete plannen en ontwikkelingen bij het bedrijfsleven. Het aantal uitgevoerde studies naar indirecte energie-effecten is nog beperkt, zodat een bruikbaar referentiekader voor prognoses ontbreekt.

Voor de realisatie van beleidsdoelstellingen is een belangrijke vraag wie verantwoordelijk is voor het realiseren van indirecte energie-effecten en wie het optreden van deze effecten als prestatie kan claimen.

Uitgangspunt in dit rapport is een productinnovatie met een indirect energie-effect. De indirecte energie-effecten zijn uit dit oogpunt volledig toe te wijzen aan de innovator van het product.

In praktijk kunnen productinnovaties het gevolg zijn van samenwerking tussen meerdere partijen. De indirecte energie-effecten zullen dan in onderling overleg worden verdeeld, al dan niet gebaseerd op een verdeelsleutel, bijvoorbeeld de verhouding in onderlinge financiële bijdrage aan de productontwikkeling.

Het ontwikkelen van een methode om indirecte energie-effecten toe te wijzen aan betrokken partijen zal door ECN in 2000 worden ontwikkeld.

In bijlage B zijn een aantal voorbeeldsituaties opgenomen, waarbij tevens kort wordt ingegaan op de allocatieproblematiek in het betreffende voorbeeld.

In bijlage D wordt de achtergrond en problematiek omtrent allocatie verder uitgewerkt.

## 5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### *Conclusies:*

- 1 Met de beschreven methode is het mogelijk de indirecte energie-effecten van productinnovaties te bepalen. Noodzakelijk voor de bepaling zijn echter:
  - Bekendheid met de functie die het gemodificeerd product gaat vervullen.
  - Het kunnen definiëren van een referentieproduct dat in een situatie zonder productmodificatie een gelijkwaardige functie vervult.
  - Bekendheid met de effecten van de modificaties op de opvolgende productiefasen, gebruiksfase en afdankfase.Daarnaast kan het noodzakelijk zijn te beschikken over gegevens van:
  - Energiegebruik van alle veranderende processen.
  - Energiegebruik voor de productie van de benodigde grondstoffen voor het referentieproduct en het innovatieve product.
  - Energiegebruik tijdens de levensduur van het product.
- 2 De indirecte energie-effecten zijn in grote lijnen vaak eenvoudig te bepalen. Vaak zijn de verschillen tussen het innovatieve product en het referentieproduct beperkt, zodat de systeemgrens eenvoudig gekozen kan worden. In sommige situaties is een grotere diepgang noodzakelijk. Met de gepresenteerde methode kunnen ook complexe situaties gedetailleerd worden uitgewerkt.
- 3 Bepaling van een indirect energie-effect is eenvoudiger dan de toepassing van een LCA-methode. In vergelijking met de bepaling van een SEC, zoals gebruikt in MJA's is de IEE-methode echter complexer.
- 4 De hier gepresenteerde methode is tevens een goed instrument om aan te geven, waarin een productie- en gebruiksketen de aandacht naar moet uitgaan teneinde het energiegebruik in de keten te verlagen.

### *Aanbevelingen:*

- 1 De methode heeft zich nog niet in de praktijk bewezen. Derhalve is het belangrijk een aantal praktijkcases uit te werken, waardoor zowel industriële partijen als de overheid kunnen worden geïnteresseerd.
- 2 Om als onderdeel van een beleidsinstrument van de overheid te kunnen functioneren dienen drie aspecten nader te worden uitgewerkt.
  - Acceptatie van de begrippen en methoden door overheid en bedrijfsleven.
  - Uniforme werkwijze voor het bepalen van het energiegebruik voor de productie van gebruikte materialen, gebaseerd op 'standaard' processen en 'standaard' materialen.
  - Overeenstemming over de methode van toewijzen van de resultaten aan betrokken actoren.ECN zal in 2000 een studie uitvoeren naar de systematiek van de 'verdeling van de verantwoordelijkheden' met betrekking tot IEE.
- 3 De verwachtingen omtrent het potentieel van indirecte energie-effecten zijn hoog. Dit zal echter nog moeten worden aangetoond met dit instrument.



## BIJLAGE A BASISGEGEVENS VAN HET VOORBEELD

In onderstaande tabel zijn de basisgegevens opgenomen van het ‘containervoorbeeld’ in zowel de referentie situatie als de innovatieve situatie.

<i>Materialen</i>	Referentie	Innovatief	Eenheid
Productie strip aluminium	5	5	GJ totaal primair energiegebruik per strip
Productie strook beukenhout	3	3	GJ totaal primair energiegebruik per strook

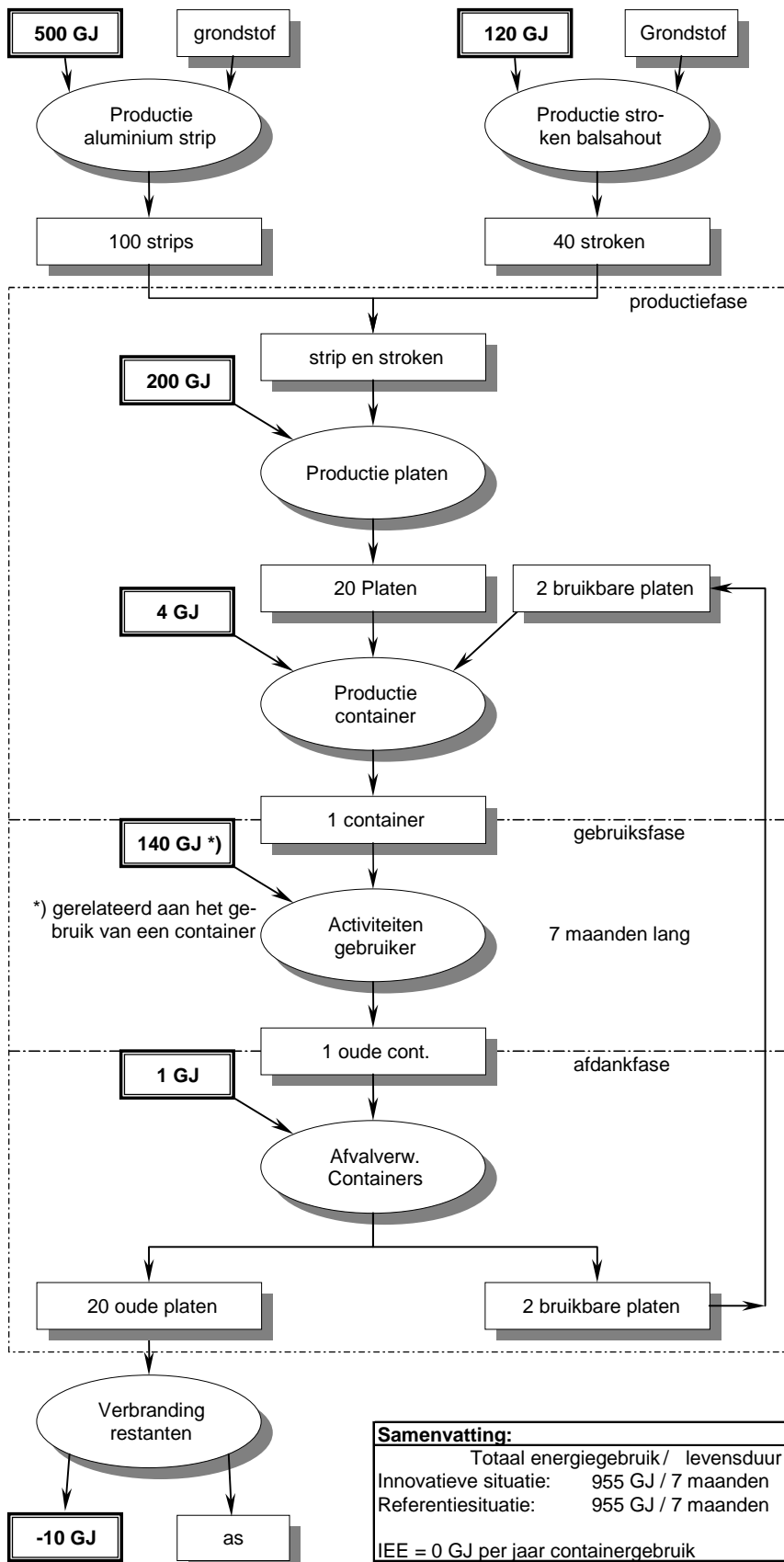
<i>Productie plaat</i>	Referentie	Innovatief	Eenheid
Energie	10	11	GJ per geproduceerde plaat
Materialen	5	2	stuks strips aluminium
	2	4	stuks stroken beukenhout

<i>Constructie container</i>	Referentie	Innovatief	Eenheid
Energie	4	3	GJ per geproduceerde container
Materialen	22	18	stuks platen

<i>Gebruik container</i>	Referentie	Innovatief	Eenheid
Gebruiksduur	7	9	maanden
Energiegebruik	20	19	GJ per maand gebruik

<i>Afdankfase</i>	Referentie	Innovatief	Eenheid
Verbrandingswaarde	-0,8	-0,96	GJ per plaat
Rendement AVI	25	25	% elektrisch rendement
Rendement e-centrale	40	40	% elektrisch rendement
Herbruikbare platen	2	0	stuks platen per container
Energie voor retourproces	0,5	0,5	GJ per bruikbare plaat

**Scenario B-0: Referentiesituatie**



schema B-0



## BIJLAGE B VOORBEELDEN VAN ASPECTEN

Deze bijlage bevat voorbeelden van de diverse aspecten die een rol spelen bij IEE. In deze voorbeelden wordt gebruik gemaakt van het voorbeeld van de container. In dit voorbeeld traden er diverse effecten op als gevolg van de innovatie. In deze bijlage worden de effecten afzonderlijk behandeld.

### *De uitgangssituatie*



In bijgaand figuur (schema B-0) is de uitgangssituatie weergegeven. Hierbij zijn de basisgegevens gebruikt uit bijlage A. Het totale energiegebruik tijdens de 7 maanden levensduur van een container bedraagt 955 GJ. Het jaarlijks energiegebruik als gevolg van het gebruik van een container is derhalve 1637 GJ.

### *Behandelde voorbeelden*

De volgende voorbeelden hebben betrekking op:

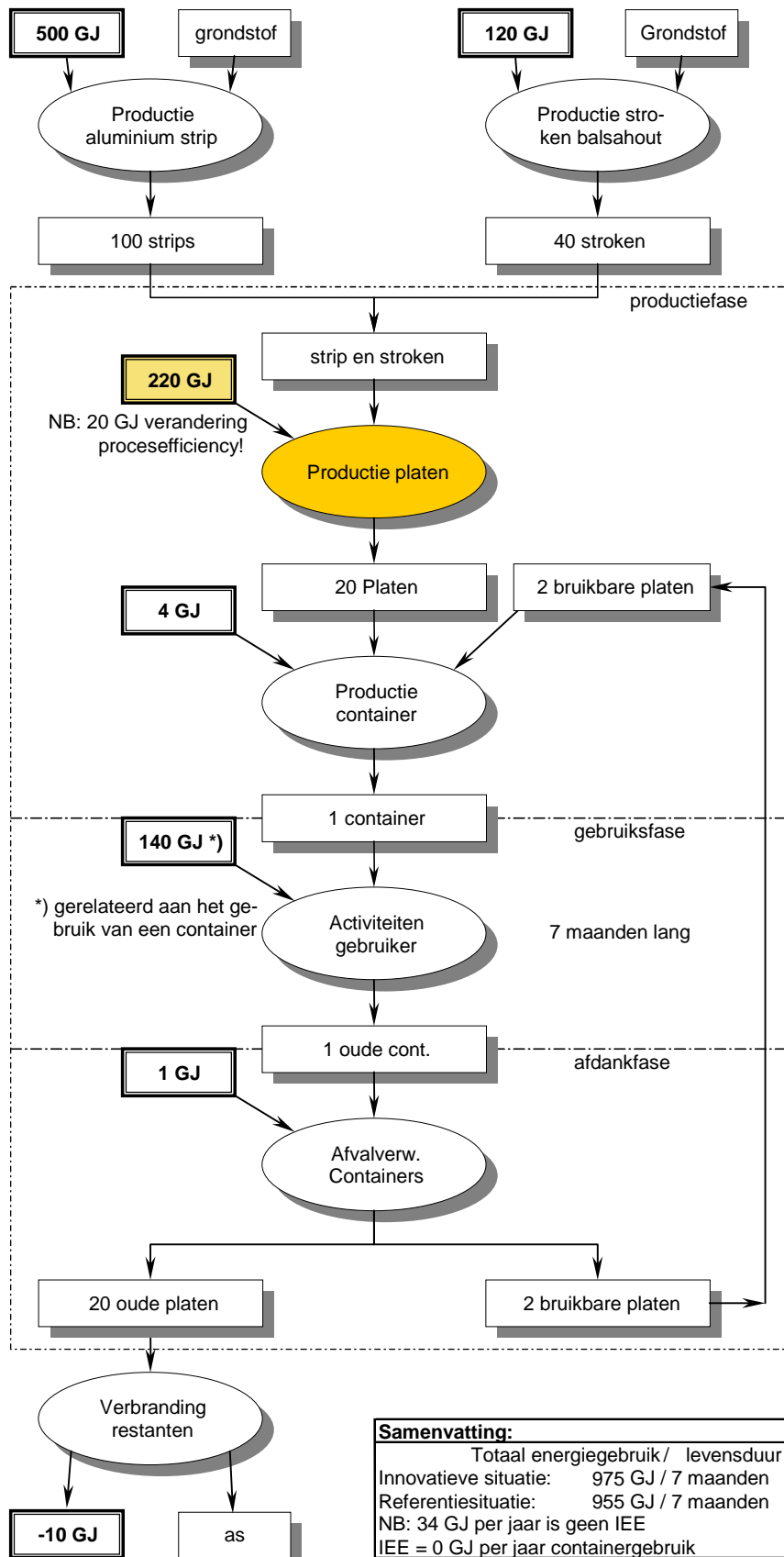
1. procesmodificaties van het eigen proces,
2. dematerialisatie,
3. substitutie,
4. procesmodificaties van een vervolproces,
5. veranderingen in het energiegebruik tijdens de gebruiksfase,
6. dematerialisatie bij een afnemer,
7. veranderingen in de afvalfase, waardering afval,
8. veranderingen in de afvalfase, hergebruik,
9. veranderingen in de levensduur,
10. alle voorgaande veranderingen gelijktijdig.

### *Toelichting bij de voorbeelden*

De initiële verandering en de gevolgen van deze verandering binnen de grenzen van het systeem worden kort toegelicht. In het schema wordt de initiële verandering aangegeven met de kleur . De gevolgen van deze verandering zijn  gekleurd.

Indien er dubbeltellingen kunnen optreden omdat indirecte energie-effecten een relatie kunnen hebben met procesefficiency zoals gedefinieerd binnen MJA's, wordt dit aangegeven. Tevens wordt bij elk voorbeeld de allocatieproblematiek kort verwoord.

**Scenario B-1: Procesveranderingen van het eigen proces.**  
 Het maken van een plaat kost iets meer energie.



schema B-1

### B-1: *Procesverandering van het eigen proces als gevolg van modificatie*

Voor het produceren van een innovatief product moet meestal het productieproces in meer of mindere mate worden aangepast. In het gekozen voorbeeld kost het produceren van een plaat meer energie. De SEC neemt toe van 10 naar 11 GJ

#### *Doorwerking effecten*

De aanpassing heeft slechts betrekking op het productieproces van de platen. In de rest van de productketen zijn er geen gevolgen.

Het jaarlijks energiegebruik in het voorbeeld neemt toe met 34 GJ.

NB: Dit voorbeeld betreft een verandering in het specifiek energiegebruik van het proces van de innovator, en is dus volgens de definitie van IEE geen IEE-effect, maar een primair efficiency effect.

#### *Relatie met MJA's*

MJA's hebben betrekking op procesefficiency. Energie-effecten van procesveranderingen als gevolg van productmodificaties worden dan ook vaak op de een of andere manier in de resultaten van MJA's verwerkt.

Bij situaties waarbij het energiegebruik voor productie vermindert zal in het algemeen door het bedrijfsleven het voordeel geclaimd worden binnen een MJA.

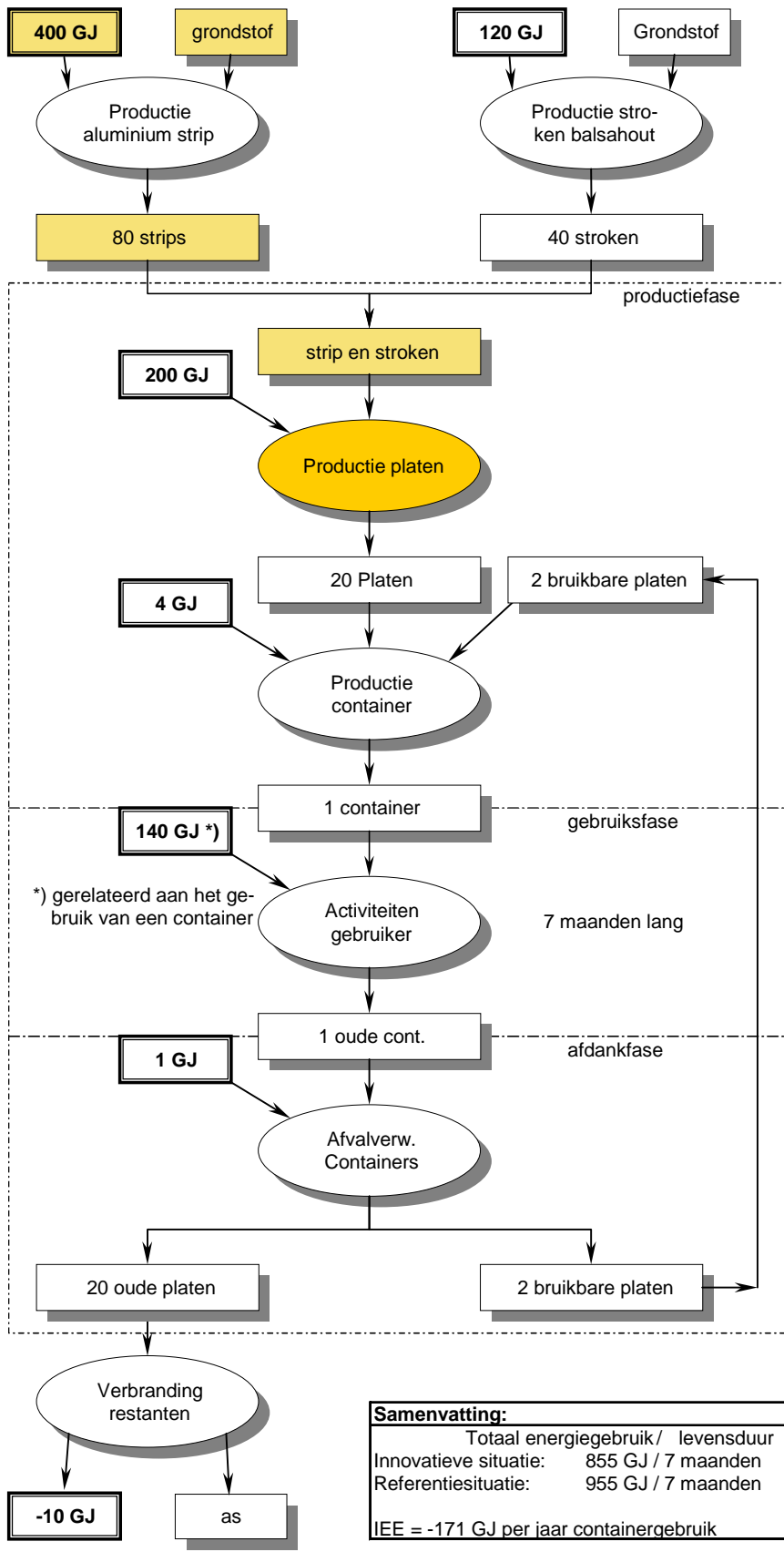
In het voorbeeld treedt echter een negatief effect op. Bij de huidige meerjarenafspraken wordt voor dit (in dit geval negatieve) effect vaak gecorrigeerd. De meerjarenafspraken gaan uit van een specifiek energiegebruik per product, waarbij in het kader van het *totale* voorbeeld terecht de vraag gesteld mag worden of het specifiek energiegebruik van het *nieuwe* product nog vergeleken moet worden met dat van het *oude* product.

In het kader van dit *beperkte* voorbeeld zoals in bijgaand schema 1 is weergegeven treden er voor de afnemers van het product geen verschillen op die van invloed zijn op het energiegebruik.

#### *Toewijzing van IEE*

Omdat dit geen indirect energie-effect is, is er ook geen probleem met de toewijzing.

**Scenario B-2: Dematerialisatie.**  
 Voor een plaat zijn minder grondstoffen nodig.



schema B-2

## *B-2: Dematerialisatie*

In bijgaand voorbeeld is de hoeveelheid strips per plaat met één verminderd. Hierdoor zal het productievolume van de toeleveranciers en de achterliggende aluminiumindustrie omlaag gaan, en daarmee ook hun energiegebruik verminderen.

### *Doorwerking effecten*

De aanpassing heeft slechts betrekking op de hoeveelheid benodigde grondstoffen voor het productieproces van de platen. In de rest van de productketen zijn er geen gevolgen.

Het totale jaarlijkse energiegebruik in dit voorbeeld neemt af met 171 GJ.

### *Relatie met MJA's*

Er is geen relatie met MJA's

### *Toewijzing van IEE*

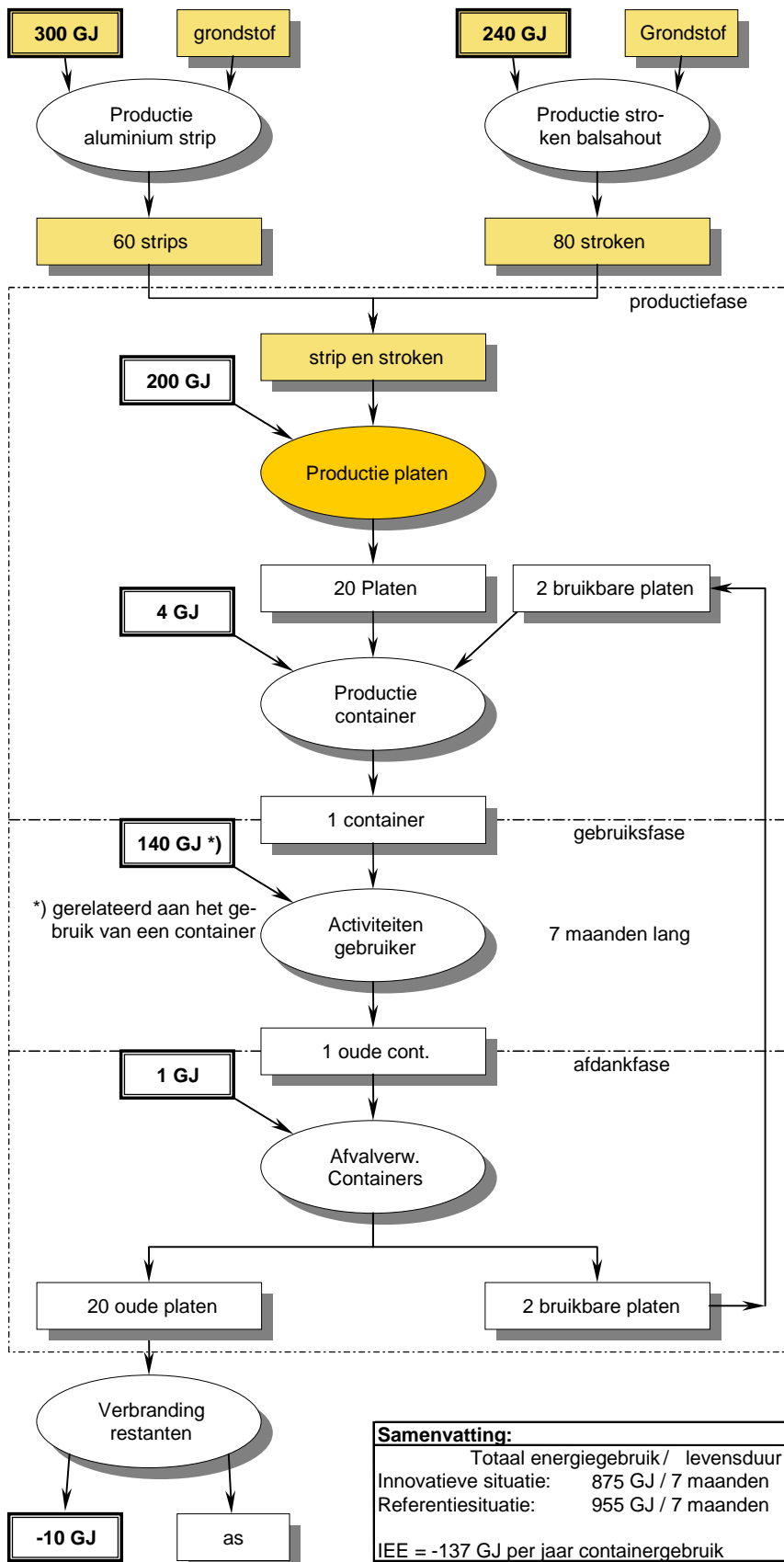
De indirecte energie-effecten zijn volledig toe te wijzen aan de fabrikant van de platen. Hij is de enige die een keuze maakt, en een aanpassing doorvoert. Er treden alleen volume effecten op in 'achterwaartse' richting.

Een andere benadering is echter ook mogelijk: "De containerfabrikant koopt andere platen (substitutie) waarvoor minder materiaal is gebruikt." Deze redenering is toepasbaar als de innovatieve platen al enige tijd op de markt verkrijgbaar zijn en de containerfabrikant besluit over te stappen op deze nieuwe platen. Dit is vanuit de containerbouwer gezien een vorm van substitutie. Ook vanuit de uiteindelijke gebruiker kan een dergelijke redenering worden gehanteerd. Hij koopt immers geen gewone container, maar een container die gemaakt is van speciale platen, waarvoor andere grondstoffen zijn gebruikt.

De IEE (in dit rapport) heeft echter betrekking op productinnovaties. De gebruiker innoveert niet, en kan derhalve geen aanspraak maken op de IEE van een productinnovatie. De containerbouwer kan claimen een innovatieve container te produceren, gemaakt van ander plaatmateriaal.

In de context van het voorbeeld wordt de innovatie doorgevoerd door de platenfabrikant. De containerbouwer pleegt geen veranderingen, maar koopt nog steeds zijn platen bij dezelfde leverancier. De IEE kan om deze reden volledig worden toegewezen aan de platenfabrikant.

**Scenario B-3: Substitutie.**  
Er vindt een verschuiving plaats in de grondstoffen.



schema B-3

### B-3: *Substitutie*

Bij substitutie wordt de ene grondstof vervangen door een andere grondstof. Doordat beide grondstoffen elk met een verschillende hoeveelheid energie geproduceerd worden, treedt een indirect energie-effect op. In het voorbeeld wordt voor de productie van elke plaat 2 aluminium strips vervangen door twee stroken beukenhout

#### *Doorwerking effecten*

De aanpassing heeft slechts gevolgen voor de hoeveelheid gebruikte materialen voor een plaat. De toeleveranciers van deze materialen (en de achterliggende aluminium en houtindustrie) zullen hun productievolume zien afnemen, dan wel toenemen. In de rest van de productketen zijn er geen gevolgen.

Het jaarlijks energiegebruik in het voorbeeld neemt af met 137 GJ

#### *Relatie met MJA's*

Er is geen relatie met MJA's. De effecten van substitutie worden niet verwerkt in MJA's.

#### *Toewijzing van IEE*

De indirecte energie-effecten zijn volledig toe te wijzen aan de fabrikant van de platen. Hij is de enige die een keuze maakt, en een aanpassing doorvoert. Er treden alleen volume effecten op in 'achterwaartse' richting.

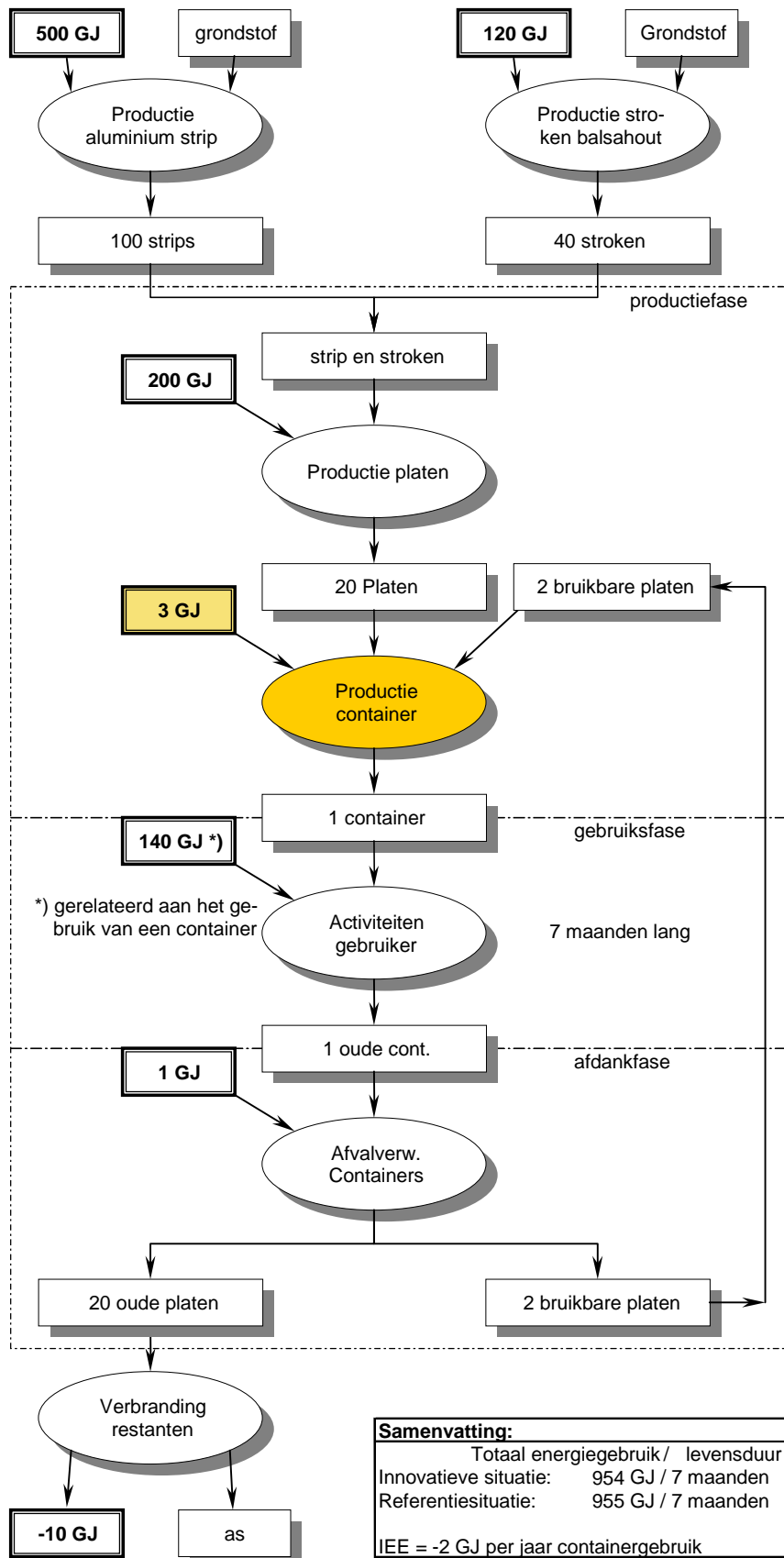
Evenals bij voorbeeld B-2 is ook hier weer een andere redenering mogelijk.

In de context van het voorbeeld wordt de innovatie doorgevoerd door de platenfabrikant. De containerbouwer pleegt geen veranderingen, maar koopt nog steeds zijn platen bij dezelfde leverancier. De IEE kan om deze reden volledig worden toegewezen aan de platenfabrikant.

#### *Opmerking*

Het is te verwachten dat een dergelijke aanpassing in de gebruikte grondstoffen ook gevolgen heeft voor de afvalfase (verandering van verbrandingswaarde, meer hout, minder aluminium). In dit *beperkte* voorbeeld op deze pagina is dit echter achterwege gelaten.

**Scenario B-4: Procesmodificaties bij een volgend proces.**  
De productie van een container uit nieuwe plaat kost minder energie.



schema B-4



#### *B-4: Procesmodificaties bij een vervolgproces*

Door het aanleveren van een beter product kan bij een afnemer een voordeel op energiegebruik ontstaan, zonder dat deze daar extra inspanningen voor moet plegen. De procesefficiency van de afnemer wordt beïnvloed. In dit voorbeeld neemt het specifiek energiegebruik van de containerbouwer af van 4 GJ per container naar 3 GJ per container.

#### *Doorwerking effecten*

De aanpassing heeft slechts gevolgen voor de procesefficiency van de containerbouwer. In de rest van de productketen zijn er geen gevolgen.

Het jaarlijks energiegebruik in dit voorbeeld neemt af met 2 GJ

#### *Relatie met MJA's*

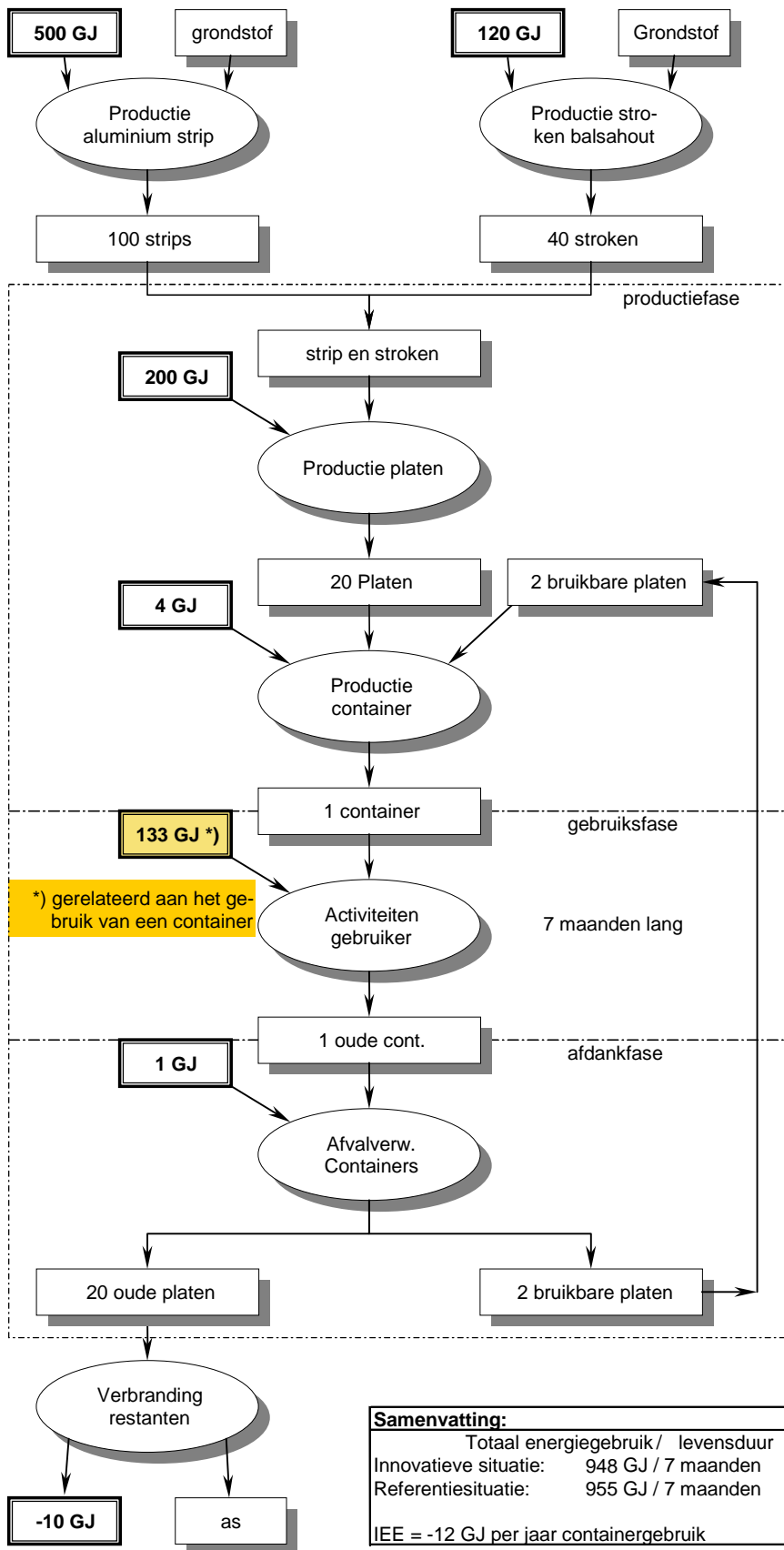
Er is een relatie met MJA's. De optredende effecten zijn niet te eenduidig te onderscheiden van directe energiebesparing als gevolg van verbeteringen in de procesefficiency van de betrokken containerbouwer. Slechts in de context van dit voorbeeld kan worden aangenomen dat deze verbetering van procesefficiency een direct gevolg is van de innovaties van de platenfabrikant, en dus een indirect energie-effect is. In praktijk zal deze eenduidige relatie vaak niet bestaan.

In veel MJA's zijn mogelijkheden opgenomen om nadelige energie-effecten als gevolg van andere grondstoffen te verdisconteren. Voordelige effecten (zoals in dit voorbeeld) zullen echter vaak als resultaat van een eigen inspanning kunnen worden aangemerkt (bewuste keuze voor een betere kwaliteit grondstof). Dubbeltelling met MJA-resultaten is derhalve niet uitgesloten.

#### *Toewijzing van IEE*

De energiebesparingen treden op binnen het beslisdomein van de containerfabrikant. Hiermee kunnen de energie-effecten door deze fabrikant niet als indirect energie-effect worden aangemerkt (zie de definitie van IEE, paragraaf 2.1). Indien de effecten niet worden gezien als een verbetering van de procesefficiency, maar als indirect energie-effect dan kunnen ze volledig worden toegewezen aan de platenproducent.

**Scenario B-5: Veranderingen tijdens de gebruiksfase.**  
 Een container verbruikt minder energie in de gebruiksfase.



schema B-5

### *B-5: Verandering van het energiegebruik tijdens de gebruiksfase*

In het gekozen voorbeeld daalt het energiegebruik van de gebruiker als gevolg van een gewichtsvermindering van de container. Omdat het energiegebruik in de gebruiksfase gering is in vergelijking met het totale energiegebruik van de productieketen is ook het effect van een besparing gering.

In situaties waar een groot deel van het totale energiegebruik plaatsvindt tijdens de gebruiksfase kunnen innovaties van een product in deze fase een veel grotere invloed hebben.

#### *Doorwerking effecten*

De aanpassing heeft slechts betrekking op het energiegebruik van de gebruiker. In de rest van de productketen zijn er geen gevolgen.

Het totale jaarlijks energiegebruik in het voorbeeld neemt af met 12 GJ

#### *Relatie met MJA's*

Er is een potentiële relatie met MJA's. Indien de gebruiker een MJA heeft afgesloten zal het de verandering in energiegebruik in de MJA-resultaten worden verwerkt. Niet alle gebruikers van goederen vallen echter onder een MJA.

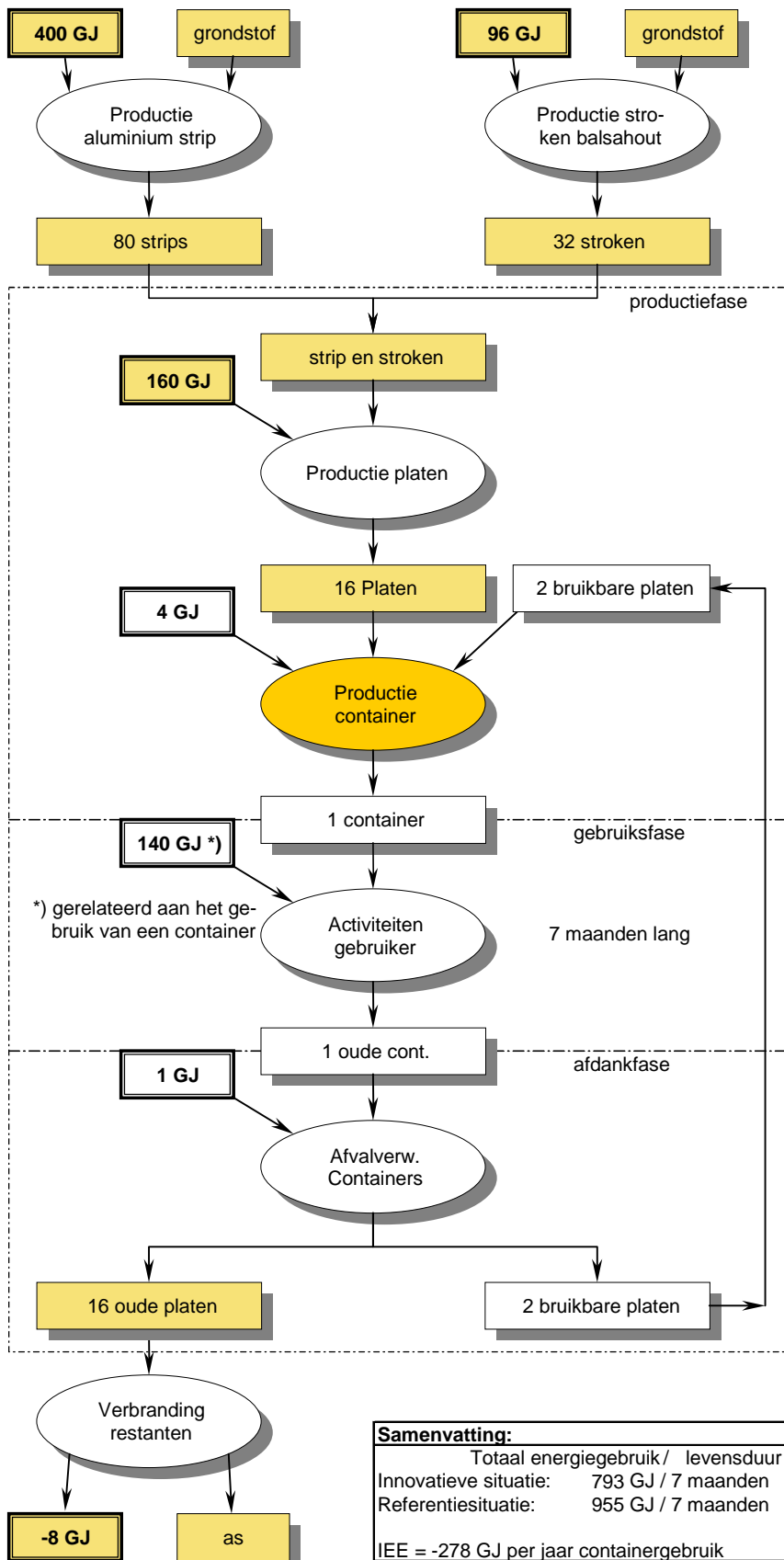
#### *Toewijzing van IEE*

Indien de energie-effecten worden gezien als een indirect energie-effect is er nog geen eenduidige toewijzing van de effecten. In principe zijn er twee redeneringen mogelijk.

- Vanuit de platenproducent: hij maakt innovatieve platen, waardoor de container lichter wordt, en de gebruiker uiteindelijk energie bespaart.
- Vanuit de containerbouwer: hij koopt andere platen (substitutie), waardoor de innovatieve container die hij bouwt lichter is, en de gebruiker energie bespaart. (Hierbij wordt weer verondersteld dat de innovatieve platen op de markt verkrijgbaar zijn, en de containerbouwer een bewuste keuze maakt om deze platen te gebruiken).

In de context van het voorbeeld wordt de innovatie doorgevoerd door de platenfabrikant. De containerbouwer pleegt geen veranderingen, maar koopt nog steeds zijn platen bij dezelfde leverancier. De IEE kan om deze reden volledig worden toegewezen aan de platenfabrikant.

**Scenario B-6: Dematerialisatie bij een afnemer.**  
Er zijn minder platen nodig om een container te maken.



schema B-6

### *B-6: Dematerialisatie bij een afnemer*

In het gekozen voorbeeld zijn voor de bouw van containers minder platen nodig. Hierdoor treed een volume-effect op voor alle voorliggende processen. Niet alleen daalt het aantal platen, en daarmee het totale energiegebruik van de platenproducent, maar ook daalt de jaarlijkse productie van strip en stroken.

De effecten zijn vergelijkbaar met het voorbeeld 4 uit deze bijlage. Belangrijk verschil is echter dat dematerialisatie niet optreedt bij de initiator van de verbeteringen, maar bij zijn afnemer. Dit kan mogelijk discussies oproepen bij de toekenning van de effecten.

#### *Doorwerking effecten*

De aanpassing veroorzaakt volume-effecten in de plaatproductie en alle voorliggende processen. In het vervolg van de productketen zijn er geen gevolgen. Wel zijn er volumegevolgen in de afvalfase.

Het jaarlijks energiegebruik in het voorbeeld neemt af met 278 GJ.

#### *Relatie met MJA's*

Er is geen relatie met MJA's. Er is geen invloed op procesefficiency.

#### *Toewijzing van IEE*

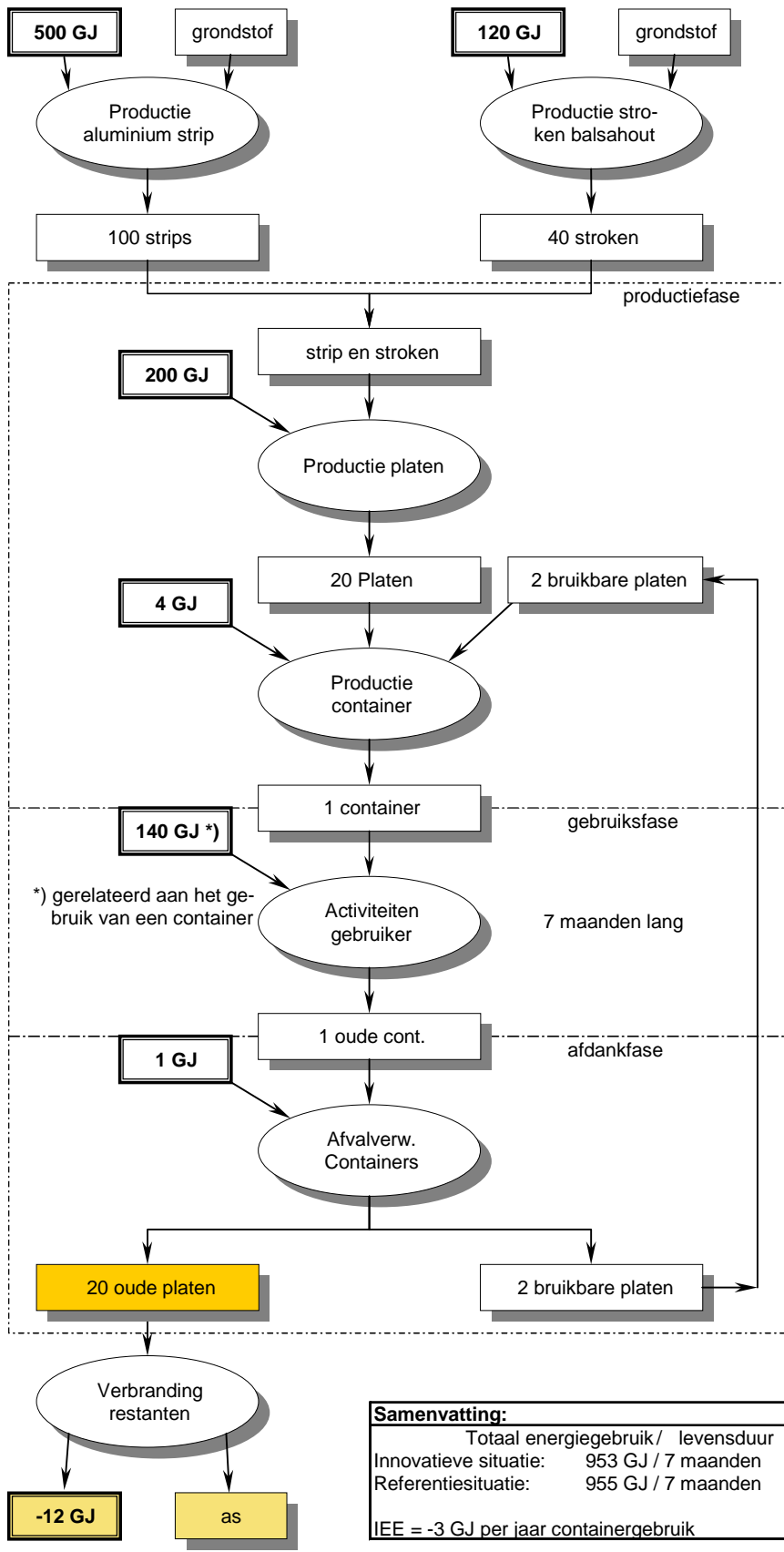
Er treden volume-effecten op die in principe gelijkwaardig zijn met de situatie in voorbeeld B-2, maar daarnaast treden er ook volume-effecten op bij de platenfabrikant.

Het specifiek energiegebruik van de platenproducent wordt verondersteld gelijk te blijven (10 GJ per plaat). Er is dus geen sprake van verbetering van procesefficiency. Het absolute energiegebruik van de platenfabrikant daalt echter wel als gevolg van de verminderde productie. Hoewel deze daling in energiegebruik zich afspeelt binnen het beslisdomein van de platenfabrikant wordt dit, toch gezien als een indirect energie-effect. Dit is te onderbouwen doordat de directe oorzaak voor de verminderde productie ligt in het feit dat de containerbouwer minder platen nodig heeft.

Evenals bij de voorgaand voorbeelden kan ook de containerbouwer indirecte energie-effecten claimen, onder de veronderstelling dat er een innovatieve container wordt geproduceerd, gemaakt van andere platen (substitutie).

In de context van het voorbeeld wordt de innovatie doorgevoerd door de platenfabrikant. De containerbouwer pleegt geen veranderingen, maar koopt nog steeds zijn platen bij dezelfde leverancier. De IEE kan om deze reden volledig worden toegewezen aan de platenfabrikant.

**Scenario B-7: Veranderingen in de afdankfase, waarde van afval.**  
Een nieuwe plaat levert bij verbranding meer energie op.



schema B-7

### *B-7: Veranderingen in de afvalfase, waardering afval*

Veranderingen in een product hebben gevolgen voor de mogelijkheden en effecten van afvalverwerking van dat product. In het gebruikte voorbeeld is de verbrandingswaarde van de platen toegenomen. Hierdoor kan in en AVI meer elektriciteit worden opgewekt, en wordt zodoende een grotere inzet van primaire brandstoffen vermeden.

#### *Doorwerking effecten*

De aanpassing heeft slechts effecten op de waardering van de afvalstromen. In de rest van de productketen zijn er geen gevolgen.

Het jaarlijks energiegebruik in het voorbeeld neemt af met 3 GJ.

#### *Relatie met MJA's*

Er is in potentie een relatie met MJA's mogelijk. De procesefficiency van verwerkingsprocessen kan door verandering in aanbod van materiaal verschuiven.

Relaties met MJA's treden naar verwachting niet op als er slechts volume-effecten in de afvalstromen optreden.

#### *Toewijzing van IEE*

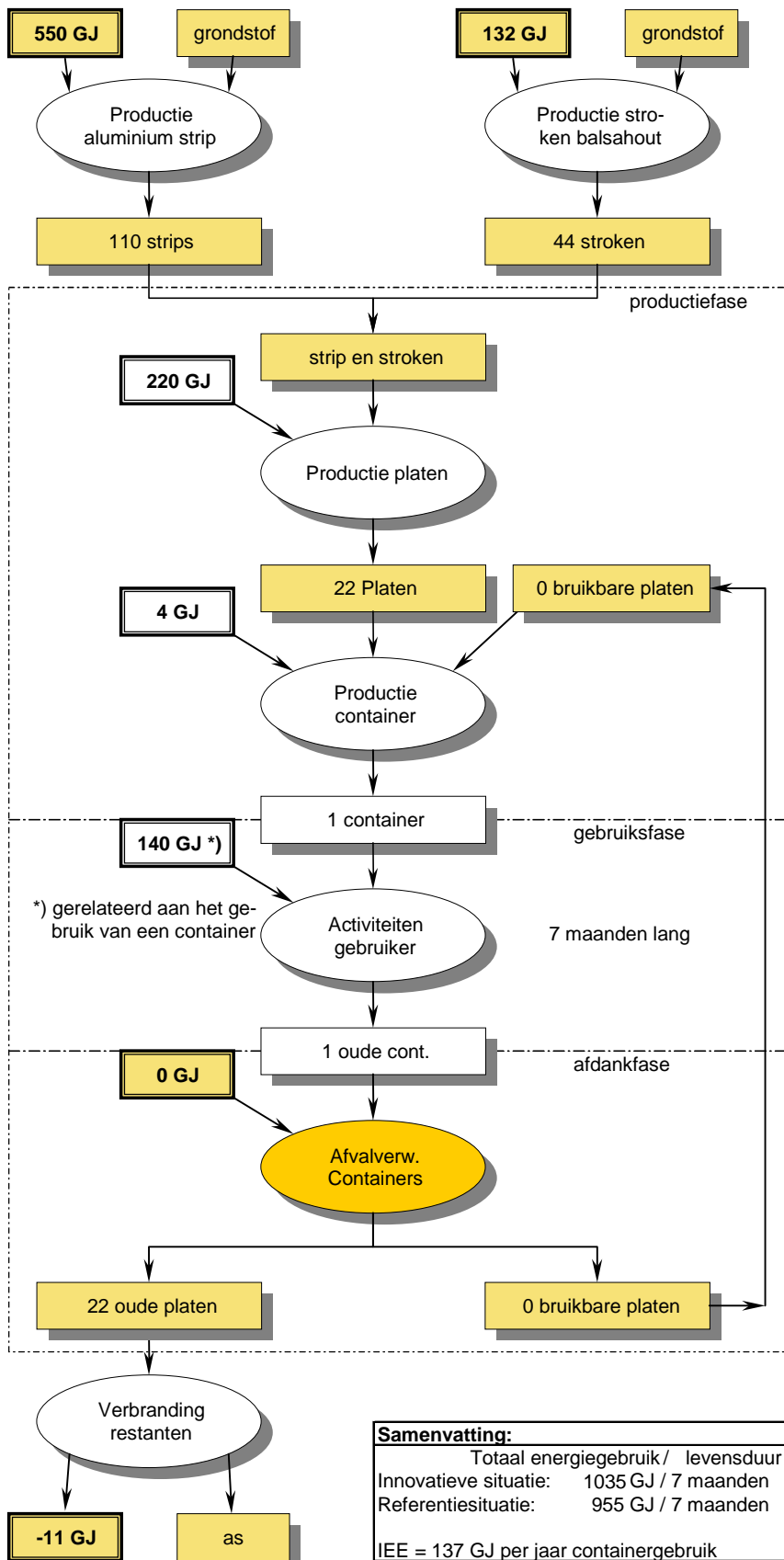
In principe kunnen zowel de fabrikant van de platen, de containerbouwer, als de gebruiker van de container aanspraak maken op de indirecte energie-effecten. De gebruiker kan dit echter niet doen op basis van het begrip productinnovatie.

Voor de platenproducent is het evident dat zijn innovatieve plaat de oorzaak is van de verhoogde opbrengst tijdens de verbranding.

De containerbouwer kan echter weer claimen dat hij een innovatieve container produceert, gemaakt uit andere platen.

In de context van het voorbeeld wordt de innovatie doorgevoerd door de platenfabrikant. De containerbouwer pleegt geen veranderingen, maar koopt nog steeds zijn platen bij dezelfde leverancier. De IEE kan om deze reden volledig worden toegewezen aan de platenfabrikant.

**Scenario B-8: Veranderingen in de afdankfase, hergebruik.**  
 Hergebruik van oude platen is niet meer mogelijk.



schema B-8



### *B-8: Veranderingen in de afvalfase, hergebruik*

Door hergebruik wordt inzet van primaire grondstoffen en energiegebruik voor productie vermeden. In dit voorbeeld komt hergebruik te vervallen. Hierdoor vervalt ook het energiegebruik dat gekoppeld was aan de retourstroom van de platen.

#### *Doorwerking effecten*

De aanpassing heeft gevolgen voor de het aanbod van de totale hoeveelheid afval naar de AVI (dit neem toe, meer energierugwinning) maar ook voor de hoeveelheid platen die moet worden geproduceerd. Dit geeft natuurlijk weer volume-effecten in alle voorliggende processen.

Het jaarlijks energiegebruik in het voorbeeld neemt toe met 137 GJ.

#### *Relatie met MJA's*

Er is geen relatie met MJA's. Hergebruik heeft geen invloed op procesefficiency, en zal niet in MJA's tot uitdrukking komen.

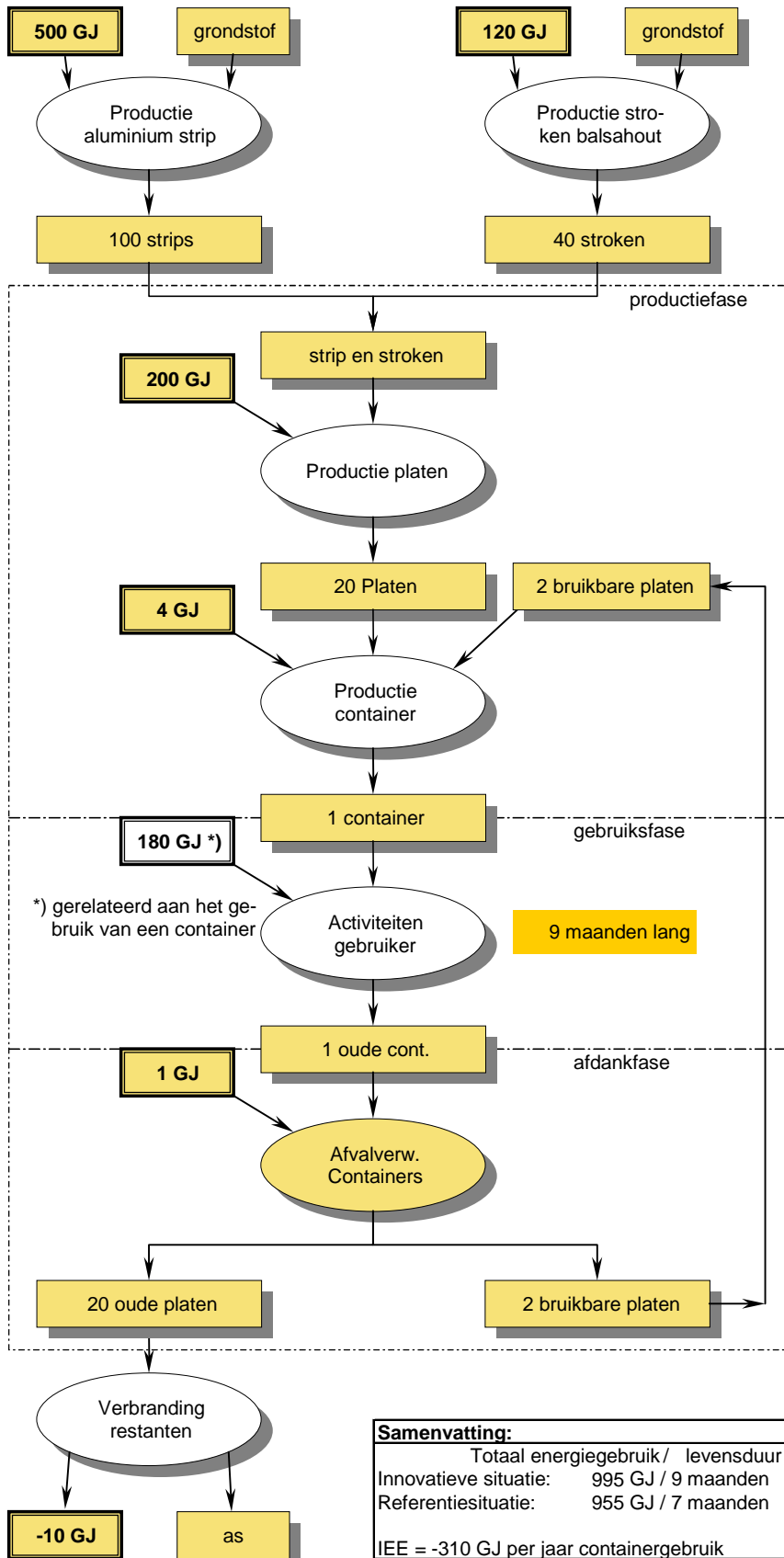
#### *Toewijzing van IEE*

Ook in deze situatie kunnen zowel de platenfabrikant als de containerbouwer aanspraak maken op de (in dit geval negatieve) indirecte energie-effecten.

Het feitelijk hergebruik van platen gebeurt door de containerbouwer. In het gekozen voorbeeld is echter aangenomen dat het wegvallen van de retourstroom een direct gevolg is van de innovatieve platenproductie. Om deze reden worden de indirecte energie-effecten volledig toegewezen aan de platenleverancier.

Vergelijkbaar is de situatie bij bijvoorbeeld statiegeldflessen. Door verbeteringen in de vormgeving van de fles (minder kans op breuk) door de glasindustrie is de flessenvuller (bijvoorbeeld een bierbrouwerij) in staat het hergebruik op te voeren.

**Scenario B-9: Veranderingen in de levensduur.**  
Een container gaat langer mee.



schema B-9

### *B-9: Veranderingen in de levensduur*

Door verlenging van levensduur treden een groot aantal volume-effecten op. Zowel voor de volledige productieroute, als voor de afvalroute wordt de jaarlijkse hoeveelheid verminderd. In de gebruiksfase treden geen veranderingen op.

#### *Doorwerking effecten*

De aanpassing heeft gevolgen voor de totale keten. Bij alle betrokken processen en de gebruikte materialen treden volume-effecten op.

Het jaarlijks energiegebruik in het voorbeeld neemt af met 310 GJ.

#### *Relatie met MJA's*

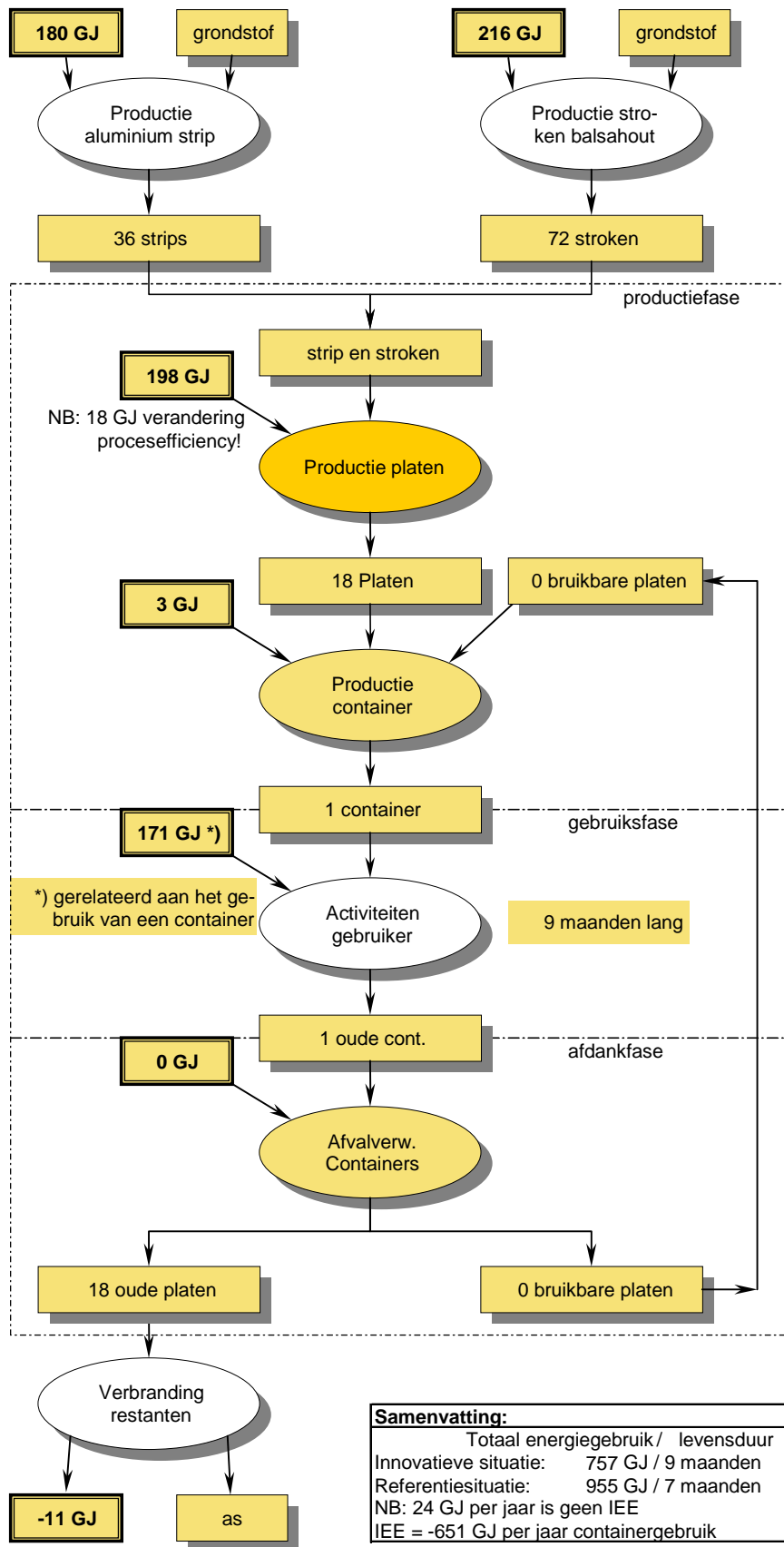
Er is geen relatie met MJA's. Verlenging van levensduur heeft geen invloed op procesefficiency en zal niet in MJA's tot uitdrukking komen.

#### *Toewijzing van IEE*

Ook in deze situatie kunnen zowel de platenfabrikant als de containerbouwer aanspraak maken op de indirecte energie-effecten. Zijn het innovatieve platen, waarmee een nieuw type container wordt gebouwd, of is het een innovatieve container, gemaakt van andere platen?

In de context van het voorbeeld wordt de innovatie doorgevoerd door de platenfabrikant. De containerbouwer pleegt geen veranderingen, maar koopt nog steeds zijn platen bij dezelfde leverancier. De IEE kan om deze reden volledig worden toegewezen aan de platenfabrikant.

**Scenario B-10: Alle voorgaande veranderingen gelijktijdig**



schema B-10

## B-10: Alle voorgaande veranderingen gelijktijdig

Alle veranderingen uit de voorgaande 9 schema's zijn nu gelijktijdig doorgevoerd

### *Doorwerking effecten*

De effecten zijn een optelling van alle voorgaande effecten gezamenlijk. De getallen kunnen echter niet zonder meer worden opgeteld doordat 'kruiseffecten' optreden. Zo is bijvoorbeeld het voordeel van substitutie verminderd nu het totaal aantal te produceren platen is afgenomen.

Onveranderd blijven de processen die buiten het schema liggen (fabricage van strips en stroken, afvalverbranding).

Ook onveranderd blijven de activiteiten van de gebruiker. Uitgangspunt bij de bepaling van de IEE is immers dat het innovatieve product een gelijkwaardige functie vervult met het referentieproduct. Wel neemt het energiegebruik van de gebruiker af.

Het jaarlijks energiegebruik in het voorbeeld neemt af met 627 GJ.

### *Relatie met MJA's en toewijzing van IEE*

Voor de relaties met MJA's en de problematiek rondom toewijzing van de indirecte energie-effecten wordt verwezen naar de voorgaande voorbeelden.

### *Bijdrage van de afzonderlijke effecten.*

De bijdrage van de afzonderlijke effecten is afhankelijk van de omvang van deze effecten. In dit voorbeeld wordt de grootste bijdrage geleverd door de levensduurverlenging, gevolgd door de dematerialisatie bij de containerbouw. Grootste nadelig effect is het vervallen van het hergebruik van een aantal panelen. De getallen in dit voorbeeld zijn echter willekeurig gekozen.

Door het afzonderlijk doorrekenen van de effecten wordt geen rekening gehouden met kruiseffecten, (door bijvoorbeeld de verlenging van de levensduur worden er minder containers gebouwd, en valt er dus ook minder voordeel te halen bij de bouw van deze containers).

Aanpassing	Bijdrage
Procesverandering bij plaatproductie	0 (geen IEE)
Dematerialisatie bij plaatproductie	-171
Substitutie bij plaatproductie	-137
Modificatie proces containerbouwer	-2
Verlaging energiegebruik tijdens gebruiksfase	-12
Dematerialisatie bij containerbouwer	-278
Hogere waarde afval	-3
Vervallen van hergebruik	+137
Verlenging levensduur	-310
subtotaal	-913
kruiseffecten	262
Totaal	-651



## BIJLAGE C FORMULES

In deze bijlage zijn de formules opgenomen voor de berekening van de totale Indirecte Energie-Effecten. De formules voor berekening van een IEE in deze bijlage zullen worden toegelicht met het voorbeeld van de container uit hoofdstuk 2 en 3. Bij de berekening wordt een opsplitsing gemaakt naar productiefase, gebruiksfase, en afvalfase.

### *Het voorbeeld:*

Zoals al aangegeven in hoofdstuk 3 (pagina 15) wordt de IEE berekend om te bepalen of de innovatie van de platenfabrikant uit energetisch oogpunt succesvol is.

In paragraaf 3.2 (pagina 18) is vastgelegd dat de IEE wordt berekend in een hoeveelheid energiebesparing (of ontsparing) per jaar gebruik van een container.

Hergebruik van de platen is een aspect dat zowel een rol speelt bij de afdankfase van de container, als bij de productiefase. De voor- en nadelen van hergebruik worden in de productiefase meegenomen.

De gebruikte getallen staan in bijlage A.

### C.1 Productiefase

In de productiefase treden indirecte energie-effecten door de volgende effecten:

- Volume-effecten
- Proceseffecten

De effecten van volumeveranderingen zijn eenduidig toe te wijzen aan de indirecte energie-effecten. Bij veranderingen in energiegebruik door proceseffecten bestaat de kans op verwarring tussen indirecte energiebesparing en directe energiebesparing (procesefficiency). Om deze reden worden procesefficiency effecten buiten de hoofdformule gehouden. De effecten in procesefficiency die worden aangemerkt als indirect energie-effect kunnen via een correctie in de formule worden meegenomen.

### *Het voorbeeld:*

Het energiegebruik van de containerbouwer zal afnemen van 4 GJ per container naar 3 GJ per container (procesefficiency!). Komt dit doordat de platenfabrikant een betere plaat heeft gemaakt, of komt dit doordat de bouwer een betere plaat heeft gekocht?

In dit voorbeeld wordt de verbetering van de procesefficiency bij de containerbouwer gezien als een gevolg dat toe te rekenen is aan de activiteiten van de platenfabrikant, en is dus een indirect energie-effect.

Het verschil tussen het energiegebruik van het referentieproduct en het innovatieve product in de productiefase wordt als volgt berekend:

$$IEE_{prod} = \left( \frac{\sum P_{inn} + \sum (M_{inn} \times E_{inn})}{L_{inn}} \right) - \left( \frac{\sum P_{ref} + \sum (M_{ref} \times E_{ref})}{L_{ref}} \right) - Corr \quad (1)$$

$IEE_{prod}$  = Indirect energie-effect in de productiefase. [J/jaar]  
 $inn$  = In de innovatieve situatie  
 $ref$  = In de referentiesituatie

M <sub>...</sub>	=	Hoeveelheid toegepaste materialen	[hoev./periode]
E <sub>...</sub>	=	Specifieke energiewaarde betreffende materialen	[J/hoeveelheid]
P <sub>...</sub>	=	Energiegebruik productieprocessen.	[J/periode]
L <sub>...</sub>	=	Tijdsduur beschouwde periode	[jaar/periode]
Corr	=	Correctie voor veranderingen in procesefficiency	[J/jaar]

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots \quad (2)$$

P<sub>1,2,3</sub> = Energiegebruik afzonderlijke productieprocessen binnen de systeemgrenzen in de beschouwde periode [J/periode]

$$P_{1,inn} = V_{1,inn} \times E_{spec1,inn} \quad (3)$$

P<sub>1,inn</sub> = Energiegebruik proces1 in de innovatieve situatie [J/periode]  
V<sub>1,inn</sub> = Productievolume van product 1 in de innovatieve situatie [hoev./periode]  
E<sub>spec1,inn</sub> = Specifiek energiegebruik voor productie van product 1 in de innovatieve situatie [J/hoeveelheid]

$$P_{1,ref} = V_{1,ref} \times E_{spec1,ref} \quad (4)$$

P<sub>1,ref</sub> = Energiegebruik proces1 in de referentiesituatie [J/periode]  
V<sub>1,ref</sub> = Productievolume van product 1 in de referentiesituatie [hoev./periode]  
E<sub>spec1,ref</sub> = Specifiek energiegebruik voor productie van product 1 in de referentiesituatie [J/hoeveelheid]

$$\sum (M_{...} * E_{...}) = (M_x * E_x + M_y * E_y + M_z * E_z + \dots) \quad (5)$$

M<sub>x,y,z...</sub> = Verbruik hoeveelheid materialen x, y, z, etc welke de systeemgrens passeren gedurende betrokken periode. [hoev./periode]  
E<sub>x,y,z...</sub> = Specifiek energiegebruik voor productie van betreffend materiaal, inclusief de verbrandingswaarde van de gebruikte grondstoffen. [J/hoev.]

De betrokken materialen kunnen van diverse bronnen afkomstig zijn. Dit is van belang bij de bepaling van het specifieke energiewaarde.

*Materialen afkomstig van primaire grondstoffen:*

Het energiegebruik van alle voorliggende processen en de verbrandingswaarde van de gebruikte grondstoffen wordt volledig meegenomen.

*Materialen afkomstig van recycling en downcycling:*

Het energiegebruik van voorliggende processen wordt op '0' gesteld. Wel wordt het energiegebruik meegenomen om de materialen geschikt te maken voor recycling (reinigen, zeven, etc). De verbrandingswaarde van de producten wordt volledig meegenomen.



*Materialen welke worden hergebruikt:*

Het energiegebruik van voorliggende processen wordt op '0' gesteld. Wel wordt het energiegebruik meegenomen om de materialen geschikt te maken voor hergebruik (reinen, reviseren, etc). De verbrandingswaarde van de producten wordt volledig meegenomen.

$$Corr = \frac{\sum (Pe \times factor)}{L_{inn}} \quad (6)$$

Pe = Effect verandering procesefficiency [J/periode]  
Factor = Wegingsfactor (0% tot 100%) [J/hoeveelheid]

$$\sum (Pe \times factor) = (Pe_1 \times factor_1) + (Pe_2 \times factor_2) + (Pe_3 \times factor_3) + \dots \quad (7)$$

Pe<sub>1</sub> = Effect verandering procesefficiency van proces 1 [J/periode]  
Factor<sub>1</sub> = Wegingsfactor voor proces 1 0 – 100%

Met de wegingsfactor kan worden bepaald of men een verandering van een procesefficiency wel of niet ziet als een indirect energie-effect. Een correctie vindt voor 100% plaats, als de verbetering van procesefficiency volledig buiten de indirecte energie-effecten valt. Het is in ieder geval van toepassing op de procesefficiency van de fabrikant die de innovatie doorvoert. Een wegingsfactor van 0% kan worden toegepast als de verandering in procesefficiency van een proces volledig gezien wordt als indirecte energie-effecten van een innovatie bij een ander productieproces.

$$Pe_1 = V_{1,inn} \times (E_{spec1,inn} - E_{spec1,ref}) \quad (8)$$

V<sub>1,inn</sub> = Productievolume van product 1 in de innovatieve situatie [hoev./periode]  
E<sub>spec1,inn</sub> = Specifiek energiegebruik voor productie van product 1 in de innovatieve situatie [J/hoeveelheid]  
E<sub>spec1,ref</sub> = Specifiek energiegebruik voor productie van product 1 in de referentie situatie [J/hoeveelheid]

*Het voorbeeld:*

Referentiesituatie.

Het energiegebruik van de processen bestaat uit

- energiegebruik voor de productie van nieuwe platen (20 platen, 10 GJ per plaat)
- energiegebruik voor het retourneren van herbruikbare platen (2 platen , 0,5 GJ per plaat)
- energiegebruik voor containerbouw (4 GJ).

Het materiaalgebruik is voor iedere container 100 aluminium strips en 40 stroken beukenhout. (De herbruikbare platen blijven binnen de systeemgrenzen!)

De levensduur van een container is 7 maanden (7/12 jaar).

Innovatieve situatie.

Het energiegebruik voor de processen bestaat uit

- energiegebruik voor de productie van nieuwe platen (18 platen, 11 GJ per plaat)
- energiegebruik voor de containerbouw (3 GJ per container).

Het materiaalgebruik is voor iedere container 36 aluminium strips en 72 stroken beukenhout.

De levensduur van een container is 9 maanden

De energiewaarde van strips is 5 GJ per strip aluminium.

De energiewaarde van stroken is 3 GJ per strook beukenhout.

De verandering in procesefficiency van de platenfabrikant wordt niet gezien als indirect energie-effect.

De verandering in procesefficiency van de containerbouwer wordt wel gezien als indirect energie-effect.

Berekeningen voor de innovatieve situatie:

$$\sum P_{inn} = (18 \times 11) + (0 \times 0,5) + (1 \times 3) = 201 \text{ GJ}$$

$$\sum (M \times E) = (36 \times 5) + (72 \times 3) = 396 \text{ GJ}$$

Berekeningen voor de referentie situatie:

$$\sum P_{inn} = (20 \times 10) + (2 \times 0,5) + (1 \times 4) = 205 \text{ GJ}$$

$$\sum (M \times E) = (100 \times 5) + (40 \times 3) = 620 \text{ GJ}$$

Berekening voor de correctie:

$$\sum (Pe \times factor) = (18 \times (11 - 10)) \times 100\% + (1 \times (3 - 4)) \times 0\% = 18 \text{ GJ}$$

Berekening IEE over de productiefase

$$IEE_{prod} = \left( \frac{201 + 396}{9/12} \right) - \left( \frac{205 + 620}{7/12} \right) - \left( \frac{18}{9/12} \right) = -642 \text{ GJ per jaar gebruik.}$$

## C.2 Gebruiksfasen

De berekening van de indirecte energie-effecten tijdens de gebruiksfase van een product is een complex geheel omdat hier een aantal uiteenlopende factoren invloed op uitoefenen. In paragraaf 0 is onderscheid gemaakt op.

- Energiegebruik voor het functioneren van het product;
- Energiegebruik beïnvloed door het functioneren van het product;
- Energiegebruik voor het conditioneren van het product.

Het bepalen van waarden en de berekening van de afzonderlijke componenten is mede afhankelijk van de situatie. In deze paragraaf worden daarom alleen de hoofdlijnen in een formule weergegeven.

$$IEE_{gebruik} = \left( \frac{\sum E_{func,inn} + \sum E_{beinvl,inn} + \sum E_{cond,inn}}{L_{inn}} \right) - \left( \frac{\sum E_{func,ref} + \sum E_{beinvl,ref} + \sum E_{cond,ref}}{L_{ref}} \right) \quad (9)$$

$IEE_{gebr.}$	= Indirect energie-effect in de gebruiksfase.	[J/jaar]
$E_{...}$	= Jaarlijks toerekenbaar energiegebruik	[J/periode]
func	= Voor het functioneren van het product	
beinvl	= Beïnvloed door het functioneren van het product	
cond	= Voor het conditioneren van het product	

*Het voorbeeld:*

De berekeningen voor deze fase kunnen beperkt blijven. Er is geen energiegebruik door de container zelf, en er is ook geen energiegebruik voor het conditioneren van de container. Er is alleen energiegebruik dat wordt beïnvloed door het product.

Referentiesituatie.

Het energiegebruik gerelateerd aan het gebruik is 20 GJ per maand gebruik.

De levensduur van een container is 7 maanden.

Innovatieve situatie.

Het energiegebruik gerelateerd aan het gebruik is 19 GJ per maand gebruik

De levensduur van een container is 9 maanden.

$$IEE_{gebruiksfase} = \left( \frac{0 + 0 + (9 \times 19)}{9/12} \right) - \left( \frac{0 + 0 + (7 \times 20)}{7/12} \right) = -12 \text{ GJ per jaar gebruik.}$$

### C.3 Afdankfase

Na afloop van de levensduur wordt een product afgedankt en dient een vorm van verwerking plaats te vinden. Mogelijke verwerkingsvormen zijn:

- Hergebruik
- Recycling
- Omzetting
- Storten

Ook tijdens de productiefase en tijdens de levensduur van het product kan afval ontstaan Dit afval moet eveneens in de analyse worden meegenomen.

De bovenstaande scenario's voor afdanking dienen in eerste instantie afzonderlijk te worden berekend.

Bij de bepaling van de IEE met betrekking tot de afvalfase moet men in de berekeningen uitgaan van een gemiddelde jaarlijks vrijkomende hoeveelheid afval. Om de omvang van de IEE te berekenen is het noodzakelijk de waarde van de afvalstromen van zowel de innovatieve, als het referentieproduct te bepalen.

$$IEE_{afdankfase} = \frac{\sum E_{restwaarde,inn}}{L_{inn}} - \frac{\sum E_{restwaarde,ref}}{L_{ref}} \quad (10)$$

$IEE_{afdank}$  = Indirecte energie-effecten tijdens de afdankfase [J/jaar]  
 $\Sigma E_{restw.}$  = De totale energetische waardering van de reststoffen [J/periode]

$$\sum E_{restwaarde} = E_{rw\_stort} + E_{rw\_omzetting} + E_{rw\_recycling} + E_{rw\_hergebruik} \quad (11)$$

$E_{restw.}$  = De totale energetische waardering van de reststoffen [J/periode]  
 $E_{rw\_stort}$  = De energetische waardering van reststoffen die worden gestort [J/periode]  
 $E_{rw\_omzett.}$  = De energetische waardering van reststoffen die worden omgezet [J/periode]  
 $E_{rw\_recycl}$  = De energetische waardering van reststoffen die worden gerecycled [J/periode]  
 $E_{rw\_hergebr.}$  = De energetische waardering van reststoffen die worden hergebruikt [J/periode]

#### *Waardebepaling van reststoffen*

Onderstaand zijn voor de vier verschillende opties van afvalverwerking de methoden opgenomen voor berekening van de restwaarde. Omdat het moment van afvalverwerking voor een

groot deel plaats vind aan het eind van de levensduur, zal het in een aantal gevallen noodzakelijk kunnen zijn een inschatting te doen van toekomstige verwerkingsprocessen.

- *Stort*

Bij stort heeft een restproduct geen waarde:

$$\boxed{E_{rw\_stort} = 0} \quad (12)$$

- *Omzetting*

Bij omzetting wordt de waarde bepaald door het nieuwe product dat uit de omzetting van het restproduct ontstaat. De waarde is het verschil tussen het energiegebruik van de conventionele methode om dit nieuwe product te maken en het energiegebruik noodzakelijk voor verwerking van het restproduct.

$$\boxed{E_{rw\_omzetting} = E_{productie} - E_{omzettingsproces}} \quad (13)$$

$E_{productie}$  = Volledig energiegebruik voor conventionele productie van het [J/periode]  
nieuwe product.

$E_{omzettingspro-}$  = Energiegebruik om het afval om te werken tot bruikbaar pro- [J/periode]  
ces duct.

- *Recycling*

Bij recycling wordt de waarde bepaald door het product (een halffabrikaat of grondstof) dat uit verwerking ontstaat. De waarde is het verschil tussen het energiegebruik van de conventionele methode om dit product te maken en het energiegebruik voor verwerking van het restproduct tot het nieuwe product.

$$\boxed{E_{rw\_recycling} = E_{nieuw} - E_{recyclingproces}} \quad (14)$$

$E_{nieuw}$  Volledig energiegebruik voor conventionele productie [J/peri-  
van deze grondstof. ode]

$E_{recyclingproces}$  = Energiegebruik om het afval om te werken tot bruikbare [J/periode]  
grondstof.

- *Hergebruik*

Bij hergebruik wordt de waarde bepaald doordat de productie van een volledig nieuw component wordt vermeden. Dit aspect is echter al bij de productie meegenomen. Het energiegebruik voor revisie van de herbruikbare producten is ook al bij de productiefase meegenomen. Daarom kan in de IEE-berekening van de afvalfase de volgende formule gehanteerd worden

$$\boxed{E_{rw\_hergebruik} = 0} \quad (15)$$

*Het voorbeeld:*

Referentiesituatie

- Per afgedankte container worden 20 platen verbrand. Met de vrijkomende warmte wordt elektriciteit opgewekt.
  - De verbrandingswaarde van een plaat is 0,8 GJ.
  - Per plaat is de opgewekte elektriciteit 0,2 GJe (aannee rendement AVI: 25%).
  - Een conventionele elektriciteitscentrale heeft een rendement van 40% (aannee).
- Met bovenstaande gegevens kan worden bepaald wat de productie aan elektriciteit is. Vervolgens kan worden berekend wat de vermeden brandstofinzet in een conventionele centrale is.

$$\begin{aligned} E_{omzetting,ref} &= 0 \\ Prod_{elektr.} &= 20 \times 0,2 = 4 \text{ GJ}_e \\ E_{productie} &= 4 / 40\% = 10 \text{ GJ} \\ E_{rw\_omzetting,ref} &= 0 - 10 = -10 \text{ GJ} \end{aligned}$$

Innovatieve situatie

- Per afgedankte container worden 18 platen verbrand. Met de vrijkomende warmte wordt elektriciteit opgewekt.
- De verbrandingswaarde van een plaat is anders dan in de referentiesituatie, namelijk 0,96 GJ. Oorzaak is een andere verhouding en hoeveelheid in de gebruikte materialen.
- Per plaat is de opgewekte elektriciteit 0,24 GJe (aannee rendement AVI: 25%).
- In een conventionele elektriciteitscentrale (aannee: 40% rendement) moet 0,6 GJ aan brandstof verstuikt worden om 0,24 GJe op te wekken.

$$\begin{aligned} E_{omzetting,inn} &= 0 \\ Prod_{elektr.} &= 18 \times 0,24 = 4,32 \text{ GJ}_e \\ E_{productie} &= 4,32 / 40\% = 10,8 \text{ GJ} \\ E_{rw\_omzetting,inn} &= 0 - 10 = -10,8 \text{ GJ} \end{aligned}$$

Met de hierboven berekende waarden kunnen de IEE van de afvalfase worden berekend:

$$IEE_{afvalfase} = \left( \frac{-10,8}{9/12} \right) - \left( \frac{-10}{7/12} \right) = 2,7 \text{ GJ per jaar gebruik.}$$

#### C.4 Totaal

De totale indirecte energie-effecten zijn een optelling van de hiervoor berekende IEE's van de productie-, gebruiks- en afdankfase.

$$IEE = IEE_{prod} + IEE_{gebruik} + IEE_{afdank} \quad (4.2.1)$$

*Het voorbeeld:*

De totale IEE zijn een optelling van de hiervoor berekende IEE per fase.

$$IEE = (-642) + (-12) + (2,7) = -651 \text{ GJ per jaar gebruik van een container}$$

De IEE-waarde is een negatief getal. Door de invoering van de innovatie wordt dus energie bespaard.

De IEE zijn effecten die zich afspelen buiten het beslisdomein (buiten de fabriek) van de platenproducent. Dit in tegenstelling tot de specifieke energieconsumptie (SEC) die betrekking heeft op het energiegebruik binnen het beslisdomein van de producent. Om de totale energiebesparing te bepalen kan de IEE nog worden afgewogen tegen de effecten in de procesefficiency (SEC) van de platenproducent.

Het energiegebruik bij de platenproducent neemt toe met 1 GJ per plaat. Voor een jaar lang gebruik van een container zal de producent  $18 \times 1 \times 12/9 = 24$  platen produceren. Het energiegebruik van de platenproducent neemt dus toe met  $1 \times 24 = 24$  GJ per jaar gebruik van een container.

NB: Er treed ook een volume-effect op bij de platenfabrikant. Voorheen maakte hij  $20 \times 1 \times 12/7 = 34,3$  platen per jaar. Dit volume-effect veroorzaakt een forse daling van zijn totale energiegebruik (maar niet in de SEC!). Dit volume-effect is echter al verrekend in de IEE.

In bijlage B zijn een aantal berekeningen opgenomen, waarbij alle aanpassingen een voor een worden doorgerekend. Uit deze berekeningen blijkt dat de verlenging van de levensduur in dit voorbeeld de grootste bijdrage heeft aan de IEE. Doordat er geen platen meer worden hergebruikt gaat een deel van de winst weer verloren.

## BIJLAGE D TOEREKENING EFFICIENCYVERBETERINGEN

In dit rapport is een methode beschreven waarmee de indirecte energie-effecten kunnen worden bepaald. Bij de realisering van deze effecten zijn meerdere actoren betrokken. Uit beleidsmatig oogpunt zal er behoefte ontstaan aan het al dan niet toerekenen van de indirecte energie-effecten aan betrokken actoren. Bij de toerekening van de effecten is de rol van actoren van belang.

### D.1 De rol van actoren

#### *Overheid*

De rol van de overheid is gelegen in het beheersen van het energiegebruik. Dit gebeurt uit hoofde van vastgestelde beleidsdoelen, zoals versterking van de economische structuur en reductie van de uitstoot van broeikasgassen. Derhalve definieert de overheid de doelvariabele energiegebruik. In het kader van MJA's is vastgesteld hoe met afzonderlijke energiedragers wordt omgegaan. De hiervoor gebruikte uniforme maat is het primair energiegebruik. Met dit instrument beïnvloedt de overheid slechts het directe energiegebruik van de betrokken bedrijven. De invloed van beslissingen van bedrijven strekt echter verder. Met het begrip "indirecte energie-effecten" heeft de overheid een mogelijkheid om de verantwoording voor energiegebruik te verbreden en aan inspanningen van bedrijven ook op dit vlak een waardering toe te kennen.

#### *Producenten en consumenten*

De uitvoerders van de productie- en verbruiksprocessen zijn de doelgroepen voor het besparingsbeleid. Zij worden door de overheid direct of indirect aangesproken op hun energiegebruik. Dit gebeurt niet in absolute zin met volumebeleid, maar in relatieve zin met efficiencybeleid. Bij kleine bedrijven en consumenten wordt meer een beleid gevoerd gericht op toepassing van energiebesparende technieken, energie-efficiënte apparaten en energiezuinige gebouwen. Bij MJA-bedrijven geldt als maatstaf daarvoor de ingekochte hoeveelheid energie ten opzichte van de hoeveelheid producten die worden gemaakt. Een verbetering hiervan wordt beschouwd als een prestatie van het bedrijf in het kader van de MJA.

### D.2 Het speelveld van actoren

De reikwijdte van de actoren, in het algemeen bedrijven, betreft in beginsel het eigen proces, niet processen van leveranciers of afnemers. De invloed die bedrijven kunnen uitoefenen op het energiegebruik van processen elders in de keten is beperkt.

#### *Definitie van proces en product*

Bij ieder bedrijf is het scala van inputs en producten verschillend, ook bij bedrijven in dezelfde sector. Een metaalbedrijf dat auto-onderdelen produceert zal per product meer energie gebruiken als er meer behandelingen plaatsvinden (bijvoorbeeld verzinken of lakken). Een bedrijf dat kleine series producten maakt is bijvoorbeeld moeilijk te vergelijken met een massaproductent. In het kader van de MJA's geven bedrijven zelf aan welke producten ze relateren aan het energiegebruik. Het is daarom vaak moeilijk efficiëncynormen voor hele bedrijfspgroepen te stellen. Een poging daartoe wordt gedaan in het kader van het convenant Benchmarking energie-efficiency voor een aantal betrekkelijk gestandaardiseerde processen. Voor elke bedrijfsvestiging zal niettemin een vertaling moeten plaatsvinden voor specifieke omstandigheden.

#### *Reikwijdte van actoren*

Actoren kunnen niet aangesproken worden op het daadwerkelijk realiseren van een besparing bij ander bedrijven of elders in de keten. Het is echter vaak mogelijk daarover een reële veron-

derstelling te maken. Elektriciteit wordt in MJA's bijvoorbeeld omgerekend naar primaire brandstof met behulp van een veronderstelling betreffende het gemiddelde opwekkendement. Bij een besparing op elektriciteit worden via deze methode ook de vermindering aan energieverliezen in de elektriciteitscentrale toegerekend aan het bedrijf dat de elektriciteitsbesparing realiseert.

### D.3 Motieven voor besparing

Verschillende motieven liggen ten grondslag aan energiebesparing. Energiebesparing is echter zelden het hoofdmotief voor een producent of afnemer. Via het prijsmechanisme gaat dit tot op zekere hoogte vanzelf: een product met grondstoffen waarvoor veel energie nodig was, zal gemiddeld duurder zijn. Voor een zuinig apparaat is een klant bereid gemiddeld meer te betalen. Het algemene streven naar kostenbesparing en opbrengstverhoging speelt een belangrijke rol.

#### *Hoofdmotief kostenbesparing*

Veel efficiencyverbeteringen worden primair uitgevoerd om andere redenen dan energiebesparing. Dat geldt voor direct energiegebruik [Voortgangsrapportages MJA: veel besparing door algemene procesvernieuwing, zie onder andere NOVEM voortgangsrapportages MJA, Chemie en Papier] en ook voor indirect gebruik. Bedrijven streven naar kostenbesparing, en energie is slechts één kostencomponent. Een metaalconstructiebedrijf zal niet onnodig zware producten bouwen, en waar mogelijk in het ontwerp materiaal besparen. Dit streven naar kostenbesparing leidt tot minder indirect energiegebruik voor materiaalproductie en transport. Niet altijd leidt een kostenbesparing tot minder energiegebruik, een arbeidsbesparende techniek kan bijvoorbeeld juist tot meer energiegebruik van machines leiden.

#### *Hoofdmotief opbrengstverhoging*

Het op basis van de vraag uit de markt steeds verbeteren van productkwaliteit en het introduceren van nieuwe producten is het andere hoofdmotief van bedrijven. Het betekent dat er meer kan worden verdiend. Indien er vraag is naar een energiezuinig product, dan loopt het bedrijfsbelang parallel met energiebesparing. Maar dat hoeft niet altijd het geval te zijn. Nieuwe producten als waterbedden, of autoaccessoires zoals airconditioning leiden juist tot méér energiegebruik. De vraag naar grotere auto's leidt tot meer materiaalgebruik in de productie en meer brandstofverbruik bij het rijden.

#### *Energiebeleid*

In hoofdstuk 2 is reeds aangegeven dat de overheid verschillende beleidsdoelen met betrekking tot energie nastreeft. Het MJA-beleid is op z.g. win-win situaties gericht: bedrijven zijn gemotiveerd om energie te besparen zolang dit spoort met de hoofdmotieven kostenbesparing en opbrengstverhoging. De mogelijkheden voor besparing op het direct energiegebruik zijn nog niet uitgeput, hoewel bedrijven steeds meer beducht zijn dat ze worden gedwongen tot het treffen van onrendabele besparingsmaatregelen. Het is aannemelijk dat er nog veel "win-win" mogelijkheden bestaan voor besparing op het indirect gebruik, omdat hier nauwelijks systematisch naar wordt gezocht. Er bestaan echter slechts zeer globale schattingen van een besparingspotentieel. [ECOFYS, Energiebesparing in een stroomversnelling, Utrecht, 1998, en Extra energiebesparing nader onderzocht, ECN-C-98-093, november 1998, P.Kroon et al.] Toch zijn deze omvangrijk genoeg om nader onderzoek te rechtvaardigen.

### D.4 Wegen tot besparing

Er is geen omvangrijke gedocumenteerde informatie beschikbaar betreffende besparing op het indirecte energiegebruik. Bekend is bijvoorbeeld de ontwikkeling van energiezuinige apparaten, de gebruiker bespaart energie omdat een producent een efficiëntere koelkast op de markt brengt. Bij convenanten betreffende "duurzaam bouwen" wordt expliciet de aandacht gevestigd op ma-



terialkeuze in relatie tot de milieubelasting bij materiaalproductie. Ook bij recycling, dat primair op afvalvermindering gericht is, treden zoals bekend belangrijke energie-effecten op [NOH, Energiekentallen].

Voor de in hoofdstuk 2 behandelde voorbeelden wordt aangegeven op welke wijze en welke actor welke besparing realiseert.

1. Bij procesefficiency (paragraaf 2.1) wordt de besparing gerealiseerd door de beheerder van het proces. De besparing is meetbaar op basis van gegevens die de beheerder zelf kan leveren. Het energiegebruik betreft alleen datgene dat het eigen bedrijf binnenkomt (verbruiksaldo).
2. Bij substitutie van energie-intensieve grondstoffen (paragraaf 2.2) realiseert de beheerder van het proces (in het voorbeeld de platenfabrikant) een volume-effect bij de producenten van grondstoffen (in het voorbeeld de producent van de aluminium strips en de producent van de stroken hout). De besparing ontstaat door verminderde productie, niet door procesefficiency bij de grondstofproducent. De procesbeheerder (de platenfabrikant) beschouwt niet alleen zijn eigen energiegebruik maar ook het gebruik voor productie van grondstoffen. Voor het bepalen van dat gebruik is nodig:
  - Het vaststellen van het materiaalverbruik en het normverbruik per jaar voor de relevante grondstoffen, overeenkomstig energie in de huidige MJA-praktijk.
  - Hanteren van een standaardwaarde voor energie per eenheid grondstof, eventueel kan een nadere specifieke waarde worden vastgesteld.De vaststelling van de besparing vindt plaats over het totale beschouwde gebruik: direct gebruik en indirect gebruik bij de grondstofproducent. Alleen relevante energie-intensieve grondstoffen tellen mee.
3. Bij dematerialisatie van een bepaald proces (paragraaf 2.3) gelden dezelfde principes als bij substitutie, de besparing ontstaat door minder energie-intensief materiaalgebruik. Als gevolg van een volume-effect vermindert het energiegebruik bij de toeleverancier. De gebruiker van de grondstoffen realiseert deze efficiencyverbetering.
4. Voor een product dat energie bespaard in de gebruiksfase (paragraaf 2.4) is zowel een producent als een afnemer nodig. In principe kunnen beide actoren de efficiencyverbetering claimen, hetgeen tot dubbeltellingen leidt.

Vanuit de gebruiker gezien betreft het verbetering van de procesefficiency, hij vervangt bijvoorbeeld een gewone door een zuinige koelkast. Voor de industriële gebruiker is het product één van de inputs, waarmee hij de energie-efficiency over zijn totale activiteiten verbetert. Dit gebeurt op dezelfde wijze waarop voorheen in MJA's wordt gerekend.

Voor de producent is sprake van efficiencyverbetering omdat hij ten dele verantwoordelijkheid neemt voor de totale gebruiksfase. Dit moet tot uitdrukking komen in een inspanning van de producent: een verandering van een ontwerp, een investering in nieuwe productiemiddelen.
5. Bij het afdanken van een product (paragraaf 2.5) wordt nog aanvullend energie gebruikt voor afvalverwerking en transport. Eventueel kan uit het product nog energie worden teruggewonnen. De producent bepaalt doorgaans de hoedanigheid van het product in de afdankfase en daarmee de mogelijkheden tot verwerking. Voor wat betreft de daadwerkelijke verwerking heeft de producent doorgaans geen verantwoordelijkheid, tenzij het een kortcyclisch product is en een terugnameverplichting of iets dergelijks bestaat, zoals bij sommige verpakkingen. In deze gevallen wordt de producent weer eigenaar van het afval en kan in die hoedanigheid aangesproken worden op effectieve verwerking.
6. Verbeteringen in de keten leiden evenals onder 4. tot dubbeltellingen. Wie nodig is om een bepaalde besparing te realiseren zal op grond daarvan een besparing kunnen claimen. Toerekening van besparing aan bepaalde bedrijven zou de uitkomst van een onderhandelingsproces kunnen zijn. Toerekening kan bijvoorbeeld op basis van de gemaakte kosten, of op basis van het referentiegebruik.

Efficiencyverbeteringen in de keten zijn mensenwerk. Integrale optimalisaties van het gehele productiesysteem leiden wellicht tot minimaal energiegebruik maar zijn niet praktisch te realiseren.

ren. In de hele keten zijn zeer veel processen en actoren betrokken, teveel om overeenstemming te krijgen over een set aanpassingen die uiteindelijk moeten leiden tot verbetering in de keten. In de praktijk zijn verbeteringen in de keten meestal het initiatief van één bedrijf.

Voorbeelden van optimalisatie in de keten betreffen onder andere:

- Logistieke optimalisatie van een grootwinkelbedrijf en zijn leveranciers.
- Ontwikkeling van een licht en sterk plaatmateriaal voor de automobiel industrie.
- Ontwikkelingen voor herbekleding/stoffering van oude zitmeubelen.

Bij deze optimalisaties zijn slechts enkele bedrijven in twee of hooguit drie niveaus in de keten betrokken. Deze initiatieven ontstaan vanuit mensen in bedrijven die inzicht hebben in de procesvoering van hun leveranciers of klanten. Deze mensen zien verbeteringsmogelijkheden die voor de bedrijven samen gunstig zijn.

*Het voorbeeld:*

De platenfabrikant had inzicht in de problemen van de containerbouwer. Hij kon de maatvoering en vormgeving zodanig aanpassen dat dit grote voordelen opleverden voor de bouw van de uiteindelijke container.

## D.5 Omvang van de besparing

Indirecte energiebesparing, ofwel energiebesparing elders in de keten, kan om verschillende redenen niet zomaar opgeteld worden bij directe energiebesparing.

Er zijn een aantal aspecten die een eenduidige bepaling van de omvang van de besparingen bemoeilijkt. In de behandelde methode ter bepaling van de indirecte energie-effecten is de keuze van de juiste referentiesituatie van groot belang voor het resultaat. Er zijn echter meer aspecten die verschillen met de huidige monitoring in MJA's en die van invloed zijn op de betekenis van indirecte energie-effecten.

### *Verbruik in absolute hoeveelheden*

Bij de MJA-systematiek is verbetering van het proces gericht op de efficiency, niet op het totale energiegebruik in absolute hoeveelheden. Een producent kan na de efficiencyverbetering zelfs meer energie gebruiken indien het productievolume stijgt. De besparing in absolute termen wordt berekend als verschil tussen het normgebruik en het werkelijk gebruik. Het normgebruik is het gebruik dat zou zijn opgetreden als het productievolume in het zichtjaar wordt gerealiseerd met de procespraktijk van het basisjaar. Het volume-effect is het normgebruik in het zichtjaar min het normgebruik in het basisjaar.

Bij de bepaling van indirecte energie-effecten treedt een vergelijkbare situatie op. Hierbij is de maatstaf echter de functie die een bepaald product vervult. De energie-effecten worden berekend per eenheid van deze functie. Volume-effecten bij bedrijven worden (bij een gelijkblijvende functievervulling) hierdoor meegenomen. Er kunnen echter ook volume-effecten ontstaan, als gevolg van een toenemende vraag naar een bepaalde functie, veroorzaakt door groei van de bevolking, economie, en welvaart.

### *Het tijdsverschil*

Een belangrijke afwijking van de huidige monitoring is het tijdselement. Energiebesparing elders in de keten betreft vaak ook energiebesparing in een andere periode. Voor energie-intensieve grondstoffen kan het een periode eerder plaatsvinden, energiezuinige producten zullen energie besparen tot in de verre toekomst. Besparing elders in de keten mag ook om deze reden niet zomaar opgeteld worden bij directe energiebesparing.

### *Het plaatsverschil*

Besparing elders in de keten vindt plaats bij andere bedrijven of verspreid, bij consumenten. Belangrijke effecten kunnen in het buitenland optreden. Dit maakt besparing uit hoofde van mi-

lieubeleid niet minder waardevol. In het kader van het zich ontwikkelende klimaatbeleid wordt reeds gesignaleerd dat toerekeningsproblemen kunnen ontstaan bij handel in elektriciteit of energie-intensieve materialen.

#### *Het verschil in energiedragers*

Elders in de keten kunnen andere energiedragers en energieconversieprocessen plaatsvinden. Energiebesparing kan daardoor anders gewaardeerd worden, zowel uit hoofde van kosten- als milieucriteria. De wijze van elektriciteitsvoorziening is hierin belangrijk, maar ook bijvoorbeeld de beschikbaarheid van restwarmte of duurzame energiebronnen. Met de liberalisering van de energiemarkten worden ook afnamepatronen steeds belangrijker.

#### *Dubbeltellingen*

MJA's en andere convenanten zijn expliciet een overeenkomst tussen overheid en bedrijven die een verbetering van de energie-efficiency willen realiseren. Het is derhalve van belang of een bedrijf elders in de keten gerealiseerde energiebesparing kan claimen. Van een nieuw energiezuinig apparaat kan bijvoorbeeld de besparing zowel aan de producent als de koper worden toegerekend. Beide actoren zijn immers nodig om de besparing te realiseren. Toerekening kan gebeuren op basis van algemene richtlijnen, maar kan ook onderwerp van een onderhandelingsproces zijn.

#### *Kruiseffecten en inflatie*

Indirecte energie-effecten hebben betrekking op de gehele keten. Deze keten en de processen in de keten zijn niet statisch. Dematerialisatie, bijvoorbeeld minder staalgebruik, heeft een waarde, omdat voor de productie van staal energie nodig is. Indien echter de staalindustrie zijn procesefficiency verhoogt, en er minder energie nodig is voor de productie van staal, is ook de waardering van de dematerialisatie lager. Een vergelijkbare situatie ontstaat inmiddels in het kader van de MJA's met betrekking tot elektriciteit. Nog steeds wordt aangenomen dat het gemiddeld opwekrendement 40% bedraagt. De gemiddelde efficiency van het elektriciteitspark neemt echter toe.

## D.6 Besparing in beleid

Voor een gericht beleid om indirecte energie-effecten te verwerken in beleidsdoelstellingen dient met voornoemde aspecten rekening te worden gehouden. Dit stelt enkele voorwaarden met betrekking tot de definitie en doelstelling van besparingsbeleid, de te hanteren referentiesituatie en de reikwijdte van actoren.

#### *Definitie*

Een duidelijk vastgelegde beleidsdoelstelling, op basis waarvan een doelvariabele is gedefinieerd, is een eerste vereiste. Deze beleidsdoelstelling en definitie dient dus ook betrekking te hebben op energiegebruik dat in andere periodes optreedt, op andere plaatsen en door andere energiedragers. Het betekent echter niet dat energiegebruik steeds op dezelfde manier moet worden gewaardeerd. Een strikt nationaal beleid zal energiebesparing in het buitenland op nul kunnen waarderen.

#### *Referentie*

In de MJA-praktijk is het hanteren van de referenties voor besparing bekend. De toestand van het bedrijf in het basisjaar is bij MJA's maatgevend: gerealiseerde besparing vóór dat jaar wordt niet gewaardeerd.

Elektriciteit wordt omgerekend naar primair verbruik tegen het gemiddelde omzettingsrendement in het basisjaar. Een besparing op elektriciteit wordt daarmee gewaardeerd met een inmiddels standaard situatie. Door een toename van de efficiency van elektriciteitsproductie ontstaat een overwaardering van de besparing op elektriciteit.

Besparing op energie-intensieve materialen, zoals bij substitutie en dematerialisatie, zal ook gebaseerd kunnen worden op de energie die in een basisjaar nodig was voor de productie ervan. De keuze voor een efficiënter werkende leverancier van materialen wordt daarmee echter niet als besparing geteld. Indien niet precies bekend is welk energiegebruik voor de gebruikte materialen nodig is, zou een standaardwaarde kunnen worden gehanteerd. Naar analogie van het gemiddelde rendement voor elektriciteitsproductie kan bijvoorbeeld het gemiddelde specifieke energiegebruik voor een materiaal worden gehanteerd. Voor besparing die nog in de toekomst gaat plaatsvinden zullen ook referentiewaarden moeten worden aangehouden, bijvoorbeeld betreffende de levensduur van een zuinig apparaat.

Met name bij besparing in de toekomst kan het relateren aan de efficiency in een basisjaar tot overschatting van de werkelijke prestatie leiden. Rekening houden met in de toekomst wijzigende omstandigheden geeft een beter beeld van de prestatie. Een innovatief product dat nu in vergelijking met andere producten zeer efficiënt omgaat met energie zal bij een lange levensduur aan het einde van deze periode een product kunnen zijn dat in vergelijking met dan beschikbare nog zuinigere alternatieven juist een product is dat inefficiënt omgaat met energie. De gemiddelde isolatiegraad van woningen is laag omdat woningen zo lang meegaan. Als de levensduur van woningen beperkt zou zijn tot 15 jaar zou de *gemiddelde* woning beter geïsoleerd zijn dan nu het geval is.

### *Reikwijdte vastleggen*

Als een producent voor een bepaald product indirect energie bespaart, dan geeft hij aan dat zijn beslissingen verder reiken dan de bedrijfsgrens. Indien een product met minder energie-intensieve materialen wordt gemaakt, wordt een besparing toegerekend aan de maker van het product. De producent dient over zijn andere producten dan echter ook een berekening van het indirect gebruik bij materiaalproductie te maken. Daarmee wordt consequent de reikwijdte van de actor aangegeven en daarmee de verantwoordelijkheid voor zowel besparings- als ontsparings-effecten. Dit betekent evenwel niet dat verantwoordelijkheid voor een bepaalde soort indirect gebruik eenzijdig wordt opgelegd. Voor homogene bedrijfsgroepen is evenwel een gelijke benadering van de reikwijdte gewenst.

## D.7 Samenvatting

Verbetering van indirecte energie-efficiency zal een bruikbaar concept voor besparingsbeleid moeten worden. Duidelijk dient echter te zijn:

- Met wie afspraken gemaakt kunnen worden over het realiseren van indirecte energie-efficiency?
- Welk energiegebruik het betreft?
- Welke referentie wordt gehanteerd bij de berekening van indirecte energie-effecten?
- En hoe gezamenlijk behaalde resultaten worden toegewezen aan betrokken actoren.