

**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
tel: 015 2 150 150  
fax: 015 2 150 151  
e-mail: ce@ce.nl  
website: www.ce.n

## **Meerprijs klimaatneutrale consumentenproducten**

**Rapport**

Delft, april 2001

Opgesteld door: Jessica van Swigchem  
Folmer de Haan



# Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:  
Swigchem, drs. J. van; ir. F. de Haan  
Meerprijs klimaatneutrale consumentenproducten  
Delft : CE, 2001

Overheidsbeleid / Duurzame ontwikkeling / Duurzaam produceren / Bedrijfs-  
beleid / Consumenten / Producten / Prijsstelling / Emissies / Kooldioxide /

Publicatienummer: 01.6744.06

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE  
Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
Tel: 015-2150150  
Fax: 015-2150151  
E-mail: [publicatie@ce.nl](mailto:publicatie@ce.nl)

Opdrachtgever: Ministerie van VROM  
Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider mevrouw  
Jessica van Swigchem.

© copyright, CE, Delft

## **CE**

### **Oplossingen voor milieu, economie en technologie**

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

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

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

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

# Inhoud

1	Inleiding	1
2	Productkeuze	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Criteria voor productkeuze	3
2.3	Keuze van de producten	5
3	Methodiek	7
3.1	Berekenen van de CO <sub>2</sub> -emissies over de productieketen	7
3.2	Mogelijkheden voor reductie of compensatie van CO <sub>2</sub> -emissies	9
3.3	Meerprijs van klimaatneutrale productie	11
4	Meerprijs voor CO <sub>2</sub> -reductie of -compensatie	13
4.1	Inleiding	13
4.2	Papieren luiers	13
4.2.1	CO <sub>2</sub> -emissies ten gevolge van de productie van papieren luiers	13
4.2.2	Meerkosten voor CO <sub>2</sub> -emissievrije of – gecompenseerde productie van luiers	14
4.2.3	Consequenties voor de prijs van papieren luiers af-fabriek	16
4.3	Koffie	16
4.3.1	CO <sub>2</sub> -emissies ten gevolge van de productie van koffie	16
4.3.2	Meerkosten voor klimaatneutrale productie	17
4.3.3	Consequenties voor de prijs van koffie af-fabriek	19
4.4	Diepvriessperziebonen	19
4.4.1	CO <sub>2</sub> -emissies ten gevolge van de productie van sperziebonen	19
4.4.2	Meerkosten voor klimaatneutrale productie	20
4.4.3	Consequenties voor de prijs van diepvriessperziebonen af-fabriek	22
4.5	Conclusies	22
	Literatuur	25
A	Basisgegevens	29
B	Luiers	39
C	Koffie	49
D	Diepvriesgroente	57



# 1 Inleiding

## **Achtergrond**

De Nederlandse overheid heeft de intentie om de economie een meer duurzaam karakter te geven. Dit kan onder meer inhouden dat consumentenproducten in de verre toekomst op een duurzame wijze worden geproduceerd. In optima forma strekt het duurzame karakter zich uit over alle aspecten en alle schakels in de productieketen.

De eerste stappen in deze richting worden momenteel gezet, door initiatieven in het bedrijfsleven (bijvoorbeeld Van Melle, Albert Heijn, Body Shop), en door activiteiten van de overheid (bijvoorbeeld door afspraken voor productbeleid gericht op een vraagverandering bij consumenten of initiatieven rond duurzaam ondernemen).

Toch is er nog een grote kloof tussen de huidige praktijk en een situatie die duurzaam mag worden genoemd. Zo wordt er veel aan energiebesparing gedaan in de industrie maar blijven de emissies substantieel, afvalpreventie is succesvol maar er verdwijnen nog steeds waardevolle grondstoffen uit de kringloop et cetera.

Tegen deze achtergrond voert het CE de (voor)studie uit 'Meerprijs van klimaatneutrale consumentenproducten'. Hierin onderzoeken we welk effect het overbruggen van bovengenoemde kloof tussen wens en praktijk zou kunnen hebben op de af-fabrieksprijs van enkele consumentenproducten.

## **Doelstelling van de studie**

Het doel van de (voor) studie is:

*Het verschaffen van een eerste inzicht in de te verwachten verhoging van de af-fabrieksprijs van drie consumentenproducten wanneer deze zonder CO<sub>2</sub>-emissies worden gemaakt of wanneer de CO<sub>2</sub>-emissies worden gecompenseerd.*

Het belang van dit onderzoek voor het Ministerie van VROM is: het gebruiken van de inzichten uit deze studie voor het op gang brengen van een discussie over klimaatneutraal ondernemen:

- met ketens en branches waar klimaatneutrale productie kansrijk lijkt;
- met consumenten indien blijkt dat de meerprijs relatief gering is en te verwachten is dat dit ook voor andere producten het geval is.

Deze studie omvat drie consumentenproducten. Deze zijn uitdrukkelijk gekozen *als voorbeeld* om een eerste indruk te krijgen van de meerkosten van klimaatneutrale producten.

Het project is als volgt afgebakend:

- Het onderzoek beperkt zich tot CO<sub>2</sub>-emissies en laat overige milieueffecten buiten beschouwing.
- De keten wordt beschouwd van grondstofwinning tot en met de productie. Transport van het product naar de verkooppunten en de afvalfase blijven buiten beschouwing.
- Die schakels in de productketen worden in het onderzoek betrokken waar 80% van de CO<sub>2</sub>-emissies plaatsvindt.
- Het onderzoek is verkennend van aard en zal alleen de belangrijkste technische opties om de productie zonder CO<sub>2</sub>-emissies te laten plaatsvinden in het onderzoek betrekken.

- Beschouwd wordt het effect van de meerkosten op de af-fabrieksprijs van de consumentenproducten, en niet op de winkelprijs; de reden voor deze keuze is dat het effect van de meerkosten op de winkelprijs mede afhankelijk is van de marktpositie en de marges. Een analyse hiervan viel buiten het verkennend karakter van de studie.
- Verpakkingen worden buiten beschouwing gelaten, eveneens vanwege het verkennend karakter van de studie.



## 2 Productkeuze

### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe tot een keuze van drie consumentenproducten is gekomen. In paragraaf 2.2 gaan we in op de criteria die we bij de keuze kunnen hanteren. In paragraaf 2.3 geven we aan voor welke producten is gekozen en in welke mate deze voldoen aan de criteria.

### 2.2 Criteria voor productkeuze

Om te komen tot een keuze van drie producten uit de bijna eindeloze hoeveelheid die aan consumenten wordt aangeboden is geen gemakkelijke zaak. Er zijn een behoorlijk aantal criteria mogelijk die leiden tot verschillende keuzen. Allereerst expliciteren we deze criteria.

#### 1 *Energie-intensief versus energie-extensief*

Producten kunnen een relatief hoge of lage energie-inhoud hebben. Hiermee wordt bedoeld de totale hoeveelheid energie die gebruikt is in de verschillende schakels van de productketen. In de literatuur wordt de energie-inhoud gewoonlijk uitgedrukt in ofwel de hoeveelheid energie per gulden (J/Dfl), ofwel de hoeveelheid energie per fysieke eenheid product (J/kilogram product of J/product)<sup>1</sup>. De eerste benadering sluit aan bij budgetonderzoeken bij Nederlandse huishoudens<sup>2</sup>, de tweede wordt gebruikt in de LCA-methodes<sup>3</sup>.

#### 2 *Intensiteit van gebruik*

Naast de energie-intensiteit is het van belang of een product een veel of weinig gekocht product is. Immers, een energie-intensief product dat weinig wordt gebruikt kan even of minder relevant zijn als een product met een relatief lage energie-intensiteit maar met een groot volume aan verkochte producten. Voorbeelden zijn melk en brood die energie-extensief zijn, maar die veel gebruikt worden in de Nederlandse huishoudens.

#### 3 *Energie-associatie*

In de perceptie van consumenten kunnen bepaalde producten energie-intensief zijn of niet, los van de werkelijke energie-intensiteit. Veelal is de perceptie een mengeling van werkelijke energie-intensiteit, de mate waarin dit product gebruikt wordt in een huishouden en bepaalde in het oog lopende energie-gerelateerde aspecten van producten. Een voorbeeld zijn diepvriesproducten die in de ogen van consumenten een hoge energie-associatie hebben doordat deze diepgevroren zijn.

#### 4 *Voeding versus niet-voeding*

Voedingsmiddelen zijn producten met een relatief korte levensduur. Ze zijn, mede daarom, aansprekend: iedere consument ziet en koopt dagelijks of wekelijks deze producten in de winkel en verwerkt ze thuis tot gerechten. Consumenten besteden een relatief groot aandeel van hun in-

<sup>1</sup> Zie bijvoorbeeld: Vink, E.J.B., M.F. Versteeg, T. Smidt, *Energiebewust consumeren*, CEA, 1998.

<sup>2</sup> Schmidt, T., A.D Postma, *Minder energiegebruik door een andere leefstijl? Project Perceptief*, 1999.

<sup>3</sup> Voor dit onderzoek is de benadering van het energiegebruik per fysieke eenheid de beste indicator omdat hierin de toegevoegde waarde (dus de marge tussen af-fabriek en de markt) niet is meegenomen.

komen aan voedingsmiddelen: circa 18% van het besteedbaar inkomen van een huishouden in 1995<sup>4</sup>. Men is relatief gevoelig voor de prijs van de producten.

Producten anders dan voedingsmiddelen worden minder vaak gekocht. Denk aan kleding, schoenen of meubilair. Men maakt andere afwegingen bij de aankoop; factoren als mode en kwaliteit spelen bijvoorbeeld een grotere rol.

#### 5 *Mogelijkheid tot een diverse maatregelenmix*

De maatregelen die genomen kunnen worden om de CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren of te compenseren, zijn grofweg: de inzet van duurzame energiedragers, het nemen van energie-efficiënte maatregelen en het compenseren van CO<sub>2</sub>-emissies. Het is wenselijk dat bij de gekozen producten de verwachting is dat een mix van maatregelen mogelijk is.

Of er sprake is van een mogelijke mix hangt onder andere af van twee factoren:

- de energiedragers die gebruikt worden in het beschouwde deel van de keten; voor elektriciteit, gas en motorbrandstoffen zijn er immers verschillende 'duurzaamheidsroutes'.
- de plaats in de keten waar de meeste CO<sub>2</sub>-emissies plaatsvinden; er zijn bijvoorbeeld producten waarvan de grondstoffen van ver komen en de CO<sub>2</sub>-emissies vooral het gevolg zijn van het transport (bijvoorbeeld tapioca als voedsel voor varkens); bij andere producten ontstaat het grootste gedeelte van de CO<sub>2</sub>-emissies tijdens de productie, bijvoorbeeld bij suiker of papier.

#### 6 *Breedte en overzichtelijkheid van de keten*

De onderzochte producten zouden zich moeten kenmerken door een redelijke breedte van de keten: deze moet meer actoren omvatten dan alleen de producent. Dit om de uitkomsten te laten aansluiten bij initiatieven van het Ministerie van VROM op het gebied van ketenoverleg. Verder is het wenselijk dat de keten overzichtelijk is, dus niet te veel actoren omvat. Dit om een aanspreekpunt te kunnen vinden voor informatie die nodig is in het onderzoek.

#### 7 *Eco-producten versus niet-ecoproducten*

Van steeds meer producten is een eco-variant te koop. Bij de twee gehanteerde keurmerken Milieukeur en SKALL wordt de energiecomponent bij SKALL niet meegenomen<sup>5</sup>, en bij het Milieukeur niet altijd of niet geheel<sup>6</sup>. De keuze om een eco-product te betrekken in dit onderzoek heeft als voordeel dat inzicht ontstaat in de meerprijs wanneer naast aspecten als bestrijdingsmiddelen ook energie wordt meegenomen. Dus de verhoging van de prijs als het product op meer aspecten 'groen' wordt geproduceerd.

#### 8 *Aansprekendheid van het product*

Tegen de achtergrond van het belang van de studie voor het Ministerie van VROM is de aansprekendheid van het product een criterium. Margarine is bijvoorbeeld meerzeggend dan sla-olie, suiker is interessanter dan honing, en t-shirts zijn een vaker gekocht product dan nachthemden, et cetera.

---

<sup>4</sup> Vringer, K., T. Gerlagh, K. Blok, *Het directe en indirecte energiebeslag van Nederlandse huishoudens in 1995*, Universiteit Utrecht, 1997.

<sup>5</sup> Mondelinge communicatie SKALL, dhr. Krismaan.

<sup>6</sup> Informatie van Milieukeur 'informatie voor producenten'.





## 2.3 Keuze van de producten

In deze paragraaf beschrijven we welke drie producten gekozen zijn en wat de argumenten zijn voor deze keuze.

Ter illustratie is Tabel 1 opgenomen waarin de energie-intensiteit (MJ/kilogram product) wordt aangegeven van een aantal voedings- en niet-voedingsproducten. Hierbij moet worden opgemerkt dat het om indicatieve getallen gaat, uit werkdocumenten van IVEM en CEA.

Tabel 1 Voorbeeld-producten (voeding en niet-voeding) variërend in energie-intensiteit

	<b>Energie-intensief (&gt;50 MJ/kg of MJ/liter);</b> bron: IVEM, CEA		<b>Energie-extensief (&lt;25MJ/kg of MJ/liter);</b> bron: IVEM, CEA	
	Product	Energie-intensiteit (MJ/kilogram of MJ/liter)	Product	Energie-intensiteit (MJ/kilogram of MJ/liter)
<b>Voeding</b>	Gedroogde groente	130	Aardappelen	2
	Aardbeien, kas	30	Aardappelmeel	16
	Vruchten gedr. / geconf.	64	eieren	4
	Chocolade	51	diverse koolsoorten	4
	Koffie / thee	47	bruinbrood	17
	Vlees, alle soorten	40-140	uien	4
	Vis, vers	185	suiker	10
	Vis, diepvries	123	bier <sup>7</sup>	10
	Zout, kruiden, specerijen	155	melk	9
	Kaas	60	yoghurt	10
	Roomboter	73	deegwaren	16
			spercie- snijbonen	22
			wortelen	4
			perzikken	16
		bananen	15	
		margarine	22	
		mineraalwater	4	
<b>Niet-voeding</b>	Sigaretten	171	Potgrond	2
	verf	81	bloembollen	10
	Lucifers	77	diervoeding	27
	Schoenen	155-250	Cement	6
	Jassen	313	Parketvloer	17
	Handdoek	140	Leidingwater	0,006
	Boek paperback	155		

In de twee *kolommen* staan de producten die het meest energie-intensief, respectievelijk het meest energie-extensief zijn. De tabel is gemaakt op basis van gegevens over het energiegebruik per kilogram product<sup>8</sup>. Hierin is het energiegebruik meegenomen van de grondstofwinning tot en met de afvalfase, dus het hele indirecte energieverbruik<sup>9</sup>.

In de twee *rijen* staan de energie-intensieve en -extensieve producten gerangschikt naar voeding en niet-voeding.

In een workshop met medewerkers van het Ministerie van VROM zijn drie producten geselecteerd die in voldoende mate voldoen aan de criteria die in de vorige paragraaf genoemd zijn. Deze producten zijn:

- papieren luiers;
- koffie;
- diepvriessperziebonen.

<sup>7</sup> Uitgedrukt in MJ/liter.

<sup>8</sup> Deze getallen zijn verstrekt door R. Kok, IVEM Groningen en T. Schidt, CEA Rotterdam.

<sup>9</sup> In deze studie is het energiegebruik tot en met de productie van belang, zonder transport-, gebruiks- en afvalfase.

Nogmaals zij opgemerkt dat deze producten uitsluitend zijn gekozen als voorbeeld. Het Ministerie van VROM is niet van plan om aan de hand van de resultaten van het onderzoek activiteiten te initiëren die specifiek gericht zijn op deze producten.

In Tabel 2 is weergegeven hoe de producten scoren op de criteria die in paragraaf 2.2 zijn genoemd. Er is aangegeven of het product voldoet aan het betreffende criterium (+) of niet (-), dan wel dat het neutraal scoort (0). Het criterium is daarbij zodanig verwoord dat het een pré is als een product hierop positief scoort<sup>10</sup>.

Tabel 2 Overzicht van de score van de gekozen producten op de criteria

Criteria	Papieren luiers	Koffie	Diepvriessperziebonen
Energie-intensief	+	+	0
Gebruiks-intensief	In bepaalde groep +	+	-
Associatie energie-intensief	0	0	+
Voeding/niet voeding	Niet-voeding	voeding	voeding
Mogelijkheden tot diversificatie in maatregelenmix	+	+	+
Breedte en overzichtelijkheid van de keten	0	Niet bekend	+
Eco-product	-	(ook)	(ook)
Aansprekendheid	+	+	+

<sup>10</sup> Bijvoorbeeld: energie-intensief versus energie-extensief wordt in de tabel opgenomen als energie-intensief omdat het wenselijk is om een product te onderzoeken dat gepaard gaat met een substantieel energiegebruik.

## 3 Methodiek

In dit hoofdstuk staat de methodiek beschreven die we hebben gevolgd om de meerprijs te berekenen van klimaatneutrale papieren luiers, koffie en diepvriessperziebonen.

De meerprijs is berekend via drie stappen, die hieronder per stap in een paragraaf beschreven zijn:

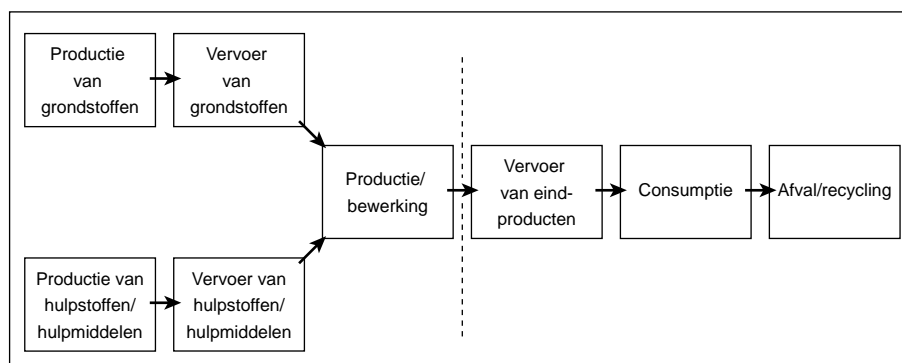
- het berekenen van de CO<sub>2</sub>-emissies over de productieketen (totdat het product de fabriek verlaat) (paragraaf 3.1);
- het inventariseren van mogelijkheden voor de reductie of compensatie van CO<sub>2</sub>-emissies, en van de kosten hiervan (paragraaf 3.2);
- het berekenen van de meerprijs van CO<sub>2</sub>-reductie of compensatie aan de hand van vier scenario's (paragraaf 3.3).

### 3.1 Berekenen van de CO<sub>2</sub>-emissies over de productieketen

De eerste stap voor het berekenen van de meerprijs van CO<sub>2</sub>-vrije of CO<sub>2</sub>-gecompenseerde producten is het berekenen van de huidige CO<sub>2</sub>-emissies die vrijkomen tot het moment dat het product de fabriek verlaat. Hierbij wordt gekeken naar het energiegebruik tijdens de productie van grondstoffen, van het transport van grondstoffen en halfabrikaten, en het energiegebruik tijdens de productie. Het gedeelte van de productketen nadat het product de fabriek verlaten heeft (groot- en detailhandel, consumptie en afvalfase) wordt in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

We plaatsen hierbij de kanttkening dat voor koffie en diepvriessperziebonen een substantieel gedeelte van het energiegebruik juist in deze laatste fase van de productieketen plaatsvindt<sup>11</sup>.

Figuur 1 Schematische voorstelling van productieketen



Van elke productiestap is het energiegebruik geïnventariseerd, en is (voor zover hierover gegevens voorhanden zijn) nagegaan om welke energiedragers het gaat.

<sup>11</sup> Koffie zetten is bijvoorbeeld verantwoordelijk voor circa 2/3 van het totale energiegebruik in de keten.

Het betreft zowel het energiegebruik voor energievragende processen tijdens de *productie*, als het gebruik van energie als *grondstof* (feedstock). Voor dit laatste, het gebruik van energie als grondstof, zijn de volgende aannames gedaan. De CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van de feedstock zijn berekend over de gehele keten heen, tot en met de afvalverwerking. De keten is dus niet 'geknipt' op het moment dat het product de fabriek verlaat. De redenen hiervoor zijn:

- Er treden inconsistenties op wanneer alleen de CO<sub>2</sub>-emissies worden meegenomen tot en met de productie:
  - In producten van plantaardige oorsprong is CO<sub>2</sub> opgeslagen bij de teelt, die vrij komt in de afvalfase. Wanneer de keten tot en met de productie wordt bekeken (inclusief de teelt), is sprake van een netto opname van CO<sub>2</sub>. Dit geeft echter een vertekend beeld omdat deze emissies tijdens de afvalfase weer vrij komen. Dus: deze worden klimaatneutraal verondersteld<sup>12</sup>.
  - In kunststof is CO<sub>2</sub> opgeslagen doordat aardolie als grondstof is gebruikt. Deze CO<sub>2</sub> komt vrij op het moment dat kunststof wordt verbrand. Echter, door het opwekken van energie tijdens het verbranden wordt tevens fossiele energie uitgespaard. De netto CO<sub>2</sub>-emissie van de feedstock is dus de in het product opgeslagen CO<sub>2</sub> minus de uitgespaarde CO<sub>2</sub> tijdens de afvalfase. Het is correct om dit geheel mee te nemen in de studie.
- Wanneer de feedstock wordt meegenomen, ontstaat een beeld van de meerkosten waarvoor de producent zich verantwoordelijk kan voelen.

Verder wordt zowel het *directe* als het *indirecte* energiegebruik meegenomen, voor zover de gegevens dit toelaten<sup>13</sup>. Het indirecte energiegebruik is bijvoorbeeld de energie die nodig is om de kunstmeststoffen te produceren die worden ingezet bij de teelt van koffie en sperziebonen.

Het energiegebruik in de verschillende productiestappen staat in de gebruikte bronnen in verschillende *eenheden* aangegeven: per kilogram grondstof, per luier, per kilogram eindproduct, per afgelegde kilometer, et cetera. Dit is omgerekend naar de in dit onderzoek gebruikte eenheid: Joules per kilogram eindproduct<sup>14</sup>.

Vervolgens is berekend wat de CO<sub>2</sub>-emissie is ten gevolge van de gebruikte Joules energie. Hiervoor zijn gegevens over de koolstofinhoud van de energiedragers gebruikt. In bijlage A staan de basisgegevens gepresenteerd.

---

<sup>12</sup> Er is alleen sprake van netto CO<sub>2</sub>-opname op het moment van de aanplant van een teelt (bijvoorbeeld bos) op een plaats waar daarvoor geen begroeiing was. Omdat het in het kader van het onderzoek niet mogelijk is na te gaan op welke plaatsen de bosaanplant plaatsvindt, is uitgegaan van klimaatneutrale teelt.

<sup>13</sup> Wanneer dat niet het geval is, wordt dit expliciet vermeld.

<sup>14</sup> Bij koffie gaat het om kilogram gemalen, maar nog niet gezette koffie.



### 3.2

#### Mogelijkheden voor reductie of compensatie van CO<sub>2</sub>-emissies

De tweede stap voor het berekenen van de meerprijs is het inventariseren van de mogelijkheden om CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren of te compenseren, en de kosten hiervan.

De volgende mogelijkheden zijn in het project meegenomen:

- *Efficiëntieverbetering*  
Het vergroten van de energie-efficiëntie van de productie of het transport (inclusief het verminderen van transport of het verminderd gebruik van hulpstoffen).
- *Inzet van duurzame energie*  
Het gaat om opties voor duurzame elektriciteit (wind, waterkracht, biomassa, zonne-energie), duurzaam gas (op basis van biomassa) en bio-brandstoffen voor transport<sup>15</sup>.
- *CO<sub>2</sub>-opslag*  
CO<sub>2</sub> kan worden afgevangen en worden opgeslagen in de diepe ondergrond, bijvoorbeeld in lege gasvelden of aquifers. Met opslag in de bodem is in ons land nog geen ervaring opgedaan. CO<sub>2</sub>-opslag is echter op korte termijn geen optie die bij kleinere vrijkomende hoeveelheden CO<sub>2</sub> kan worden toegepast; voor de onderzochte bedrijfstakken is dit dus momenteel geen reële optie.  
De eerste toepassingsmogelijkheden liggen in de chemie waar waterstof wordt geproduceerd en waarbij het vrijkomende CO<sub>2</sub> kan worden afgevangen en opgeslagen tegen relatief lage kosten. Ook elektriciteitscentrales zijn plaatsen waar het afvangen van CO<sub>2</sub> (en daaraan gekoppeld de opslag ervan) een mogelijke optie is voor de nabije toekomst.  
Voor dit project betekent het bovenstaande dat wij CO<sub>2</sub>-opslag meenemen als een soort 'compensatie'-optie. We veronderstellen dat de CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij de productie van de onderzochte producten gecompenseerd kan worden door opslag van eenzelfde hoeveelheid CO<sub>2</sub> die bij elektriciteitscentrales of in de chemie vrijkomt, tegen de daar geldende kostprijs.
- *Compensatie van CO<sub>2</sub>-emissies*  
We nemen twee mogelijkheden mee om CO<sub>2</sub>-emissies te compenseren:
  - *Bosaanplant:*  
Emissies van CO<sub>2</sub> kunnen worden gecompenseerd door bijvoorbeeld het aanplanten van bossen waardoor CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer wordt vastgelegd in het biotisch materiaal. De organisatie Face fungeert als intermediair tussen bosaanplant en organisaties die hun emissies willen compenseren. Het Nationaal Groenfonds doet dit voor bosaanplant uitsluitend in Nederland.
  - *Verhandelen van CO<sub>2</sub>-emissie(rechten):*  
Een derde mogelijkheid die weliswaar nog theoretisch is, maar wellicht in de komende jaren realiteit, is het verhandelen van CO<sub>2</sub>-emissies (of CO<sub>2</sub>-emissierechten). Het principe is dat op een wereldmarkt CO<sub>2</sub>-emissierechten te koop zijn. Door de handel hierin zullen CO<sub>2</sub>-emissies gereduceerd worden tegen de laagst mogelijke maatschappelijke kosten. Immers: bedrijven hebben de keus tussen zelf reductiemaatregelen nemen, of rechten kopen. Wanneer de kosten van de maatregelen beneden de handelsprijs liggen, zal men zelf maatregelen nemen; wanneer de kosten erboven liggen, zullen rechten gekocht worden. Zo worden, maatschappelijk gezien, de re-

<sup>15</sup> Voor de productie van FT-biodiesel wordt fossiele energie gebruikt (landbouwvoertuigen en verwerking van biomassa). Als zodanig is FT-biodiesel geen volledig duurzame optie. Wanneer we echter de reststoffen van biomassa meenemen (inzet voor elektriciteitsproductie of in een bio-WKK) is FT-biodiesel wel een CO<sub>2</sub>-neutrale optie.

ductiemaatregelen genomen op die plaatsen waar dat tegen de laagst mogelijke kosten kan.

In bijlage A staat aangegeven welke gegevens we gebruiken als basis om de kosten van emissiereductie of -compensatie bij de onderzochte producten te berekenen. In Tabel 3 zijn de *meerkosten* (cent per kilogram CO<sub>2</sub>) weergegeven van de opties die de basis zijn voor de berekeningen van de meerkosten<sup>16</sup>.

Tabel 3 Meerkosten van de CO<sub>2</sub>-emissiereductie en -compensatie opties

Reductiemogelijkheid	Concrete optie	Meerkosten (cent per kilogram CO <sub>2</sub> )
Efficiëntieverbetering	Diverse rendabele efficiëntiemaatregelen die per product verschillen	0
Duurzame energie	Duurzame elektriciteit (groene stroom)	16,7
	Biogas	12,0
	Biomotorbrandstoffen (FT-biodiesel)	13,7
CO <sub>2</sub> -opslag	In chemie en elektriciteitscentrales	4,5
Compensatie	Bossen (Face of optiedocument)	2,5
	Handel in CO <sub>2</sub> -emissierechten	7,3

Uit de tabel blijkt dat het uitvoeren van *rendabele efficiëntiemaatregelen* de goedkoopste manier is om CO<sub>2</sub>-emissie te reduceren. Hierbij maken we de volgende kanttekeningen. In de database ICARUS (1994) staan per sector genoemd welke efficiëntiemaatregelen mogelijk zijn op de korte termijn (van 1994 tot 2000) en op de langere termijn (tot 2015). Van de korte termijn maatregelen zijn tevens de kosten ingeschat, die vrijwel altijd negatief zijn: de maatregelen worden gezien als rendabel en leveren geld op. Het is algemeen bekend dat rendabele maatregelen in de praktijk niet altijd worden uitgevoerd, onder andere door de immateriële 'kosten' van tijdsinvestering, risico's van nieuwe technologieën, de kosten van implementatie, de bijscholing van personeel, etc.<sup>17</sup>. Er zijn echter geen reductiekostencurven beschikbaar die een overzicht geven van de werkelijke kosten.

In deze studie zijn we er daarom vanuit gegaan dat de rendabele maatregelen kostenneutraal kunnen worden uitgevoerd, dat wil zeggen: ze kosten geen geld, en leveren ook niets op. In realiteit zullen sommige wel rendabel zijn, andere zullen per saldo geld kosten vanwege andere kosten dan die van de investering en vanwege de risico's.

Uit Tabel 3 is tevens af te lezen dat het compenseren van CO<sub>2</sub>-emissies tegen lagere kosten kan worden gerealiseerd dan het vermijden van de CO<sub>2</sub>-emissies door de inzet van duurzame energie. De meerkosten van de eerste optie zijn grofweg een factor 3 lager dan die van duurzame energie.

<sup>16</sup> In de gebruikte bronnen staan de meerkosten aangegeven in de eenheid gulden per vermeden ton CO<sub>2</sub>. Hier worden deze getallen gepresenteerd in de eenheid: cent per kilogram vermeden CO<sub>2</sub>, omdat dit beter aansluit bij de in hoofdstuk 4 gepresenteerde CO<sub>2</sub>-emissies per kilogram product.

<sup>17</sup> Deze kosten worden ook wel transactiekosten genoemd of aangeduid als imponderabilia. Zie onder andere Wit, G. de, e.a., 1998; Velthuisen, J.W., 1995; Swigchem, J. van, e.a., to be published in 2001.



### 3.3 Meerprijs van klimaatneutrale productie

De laatste stap die we in dit onderzoek maken, is het berekenen van de meerprijs van het product af-fabriek wanneer dat zonder CO<sub>2</sub>-emissies wordt geproduceerd of hiervoor wordt gecompenseerd. We volgen de volgende route:

Er wordt bepaald, op basis van de 80/20-regel, welke schakels in de keten verantwoordelijk zijn voor de grootste CO<sub>2</sub>-emissies, tot minimaal 80% van de totale emissie.

Voor de schakels die tezamen minimaal 80% van de CO<sub>2</sub>-emissies veroorzaken, wordt gekeken naar mogelijke aanpassingen of vervangingen die deze schakel CO<sub>2</sub>-neutraal kan maken. Omdat er verschillende manieren zijn voor klimaatneutraal produceren, gebruiken we drie scenario's:

#### 1 *Duurzaam*

Alle toegevoegde energie wordt vervangen door duurzame energie. We vereenvoudigen daarbij de vele mogelijkheden die er zijn:

- duurzame elektriciteit: groene stroom
- duurzaam gas: gas op basis van biomassa (biogas)
- duurzame motorbrandstoffen: FT-biodiesel

De CO<sub>2</sub> die vastgelegd is in het product (als gevolg van het gebruik van fossiele energie als grondstof) wordt gecompenseerd door bosaanplant. De reden is, dat duurzame grondstoffen vaak op korte termijn niet voorhanden zijn.

#### 2 *Compensatie*

Alle vrijkomende CO<sub>2</sub>-emissies worden gecompenseerd. Er worden drie opties doorgerekend:

- compensatie van emissies door de aanleg van bos;
- opslag in de bodem van een equivalente hoeveelheid CO<sub>2</sub> die bij raffinaderijen of bij elektriciteitscentrales is vrijgekomen;
- compensatie door de (fictieve) aankoop van CO<sub>2</sub>-emissierechten op een fictieve wereldmarkt.

#### 3 *Efficiëntie*

In dit scenario worden de CO<sub>2</sub>-emissies zo veel mogelijk door energie-efficiënte opties teruggebracht. Hierbij wordt uitgegaan van de huidige productiewijze en manier van vervoer. Er wordt verondersteld dat gebruik gemaakt wordt van de rendabele energie-efficiënte opties die in ICARUS genoemd worden. Echter, niet alle gebruikte energie kan door energiebesparende maatregelen worden gereduceerd. Met behulp van ICARUS is het daarmee te reduceren potentieel aan CO<sub>2</sub>-emissies ingeschat. De resterende CO<sub>2</sub>-emissie wordt op een zo goedkoop mogelijke manier gecompenseerd namelijk door de aanplant van bos. Zie bijlage A voor een verdere uitleg en meer details.

#### *Doorkijk lange termijn*

Naast de scenario's wordt een doorkijk gegeven naar de lange(re) termijn: we geven aan op welke wijze de productie op termijn kan worden veranderd waardoor de CO<sub>2</sub>-emissies afnemen. Deels zijn dat andere productiewijzen, die momenteel nog in ontwikkeling zijn. Deels zijn het opties om de productielocaties en -logistiek anders te organiseren. Deze opties kunnen niet meegenomen worden in de berekening van de meerprijs omdat gegevens over de kosten van deze maatregelen niet voorhanden zijn.

Per scenario wordt een meerprijs of een bandbreedte daarin berekend van de af-fabrieksprijs.





## 4 Meerprijs voor CO<sub>2</sub>-reductie of -compensatie

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de resultaten weergegeven van het onderzoek. We presenteren de meerprijs waartegen CO<sub>2</sub>-emissies die vrijkomen tijdens de productie van papieren luiers, koffie en diepvriessperziebonen gereduceerd of gecompenseerd kunnen worden. In de bijlagen B, C en D is de berekening ervan stapsgewijs opgebouwd. In dit hoofdstuk vindt u de hoofdlijnen.

In paragraaf 4.2 gaan we in op papieren luiers. In de daarop volgende paragraaf 4.3 staat het product koffie centraal. Tenslotte staan de resultaten van het onderzoek voor het product diepvriessperziebonen in paragraaf 4.4 verwoord.

### 4.2 Papieren luiers

In deze paragraaf gaan we in op het product papieren luiers. In paragraaf 4.2.1 geven we een overzicht van de CO<sub>2</sub>-emissies die vrijkomen tijdens de verschillende productiefasen. In paragraaf 4.2.2 vindt u de meerkosten om ruim 90% van de CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren via respectievelijk de inzet van duurzame energie, compensatie en door een efficiënte mix van maatregelen.

Tenslotte gaan we in paragraaf 4.2.3 in op hetgeen deze kosten betekenen voor de prijs van luiers af-fabriek.

#### 4.2.1 CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van de productie van papieren luiers

In bijlage B zijn de CO<sub>2</sub>-emissies berekend die vrijkomen tijdens de productie, opgesplitst naar drie fasen: de productie van de grondstoffen (pulp/tissuepapier en kunststoffen), het vervoer van deze grondstoffen naar de locatie waar de luiers worden gefabriceerd, en tenslotte deze fabricage. In Tabel 4 staat een overzicht van deze resultaten, die in Figuur 2 ter illustratie grafisch zijn weergegeven.

Uit Tabel 4 en Figuur 2 blijkt dat de grootste CO<sub>2</sub>-emissies plaatsvinden tijdens de productie van kunststoffen (47%) en de eigenlijke fabricage van luiers (20%). en het gebruik van fossiele brandstoffen als grondstof voor kunststof dat voor 25% bijdraagt. De productie van pulp en tissuepapier gaan niet gepaard met CO<sub>2</sub>-emissies omdat er duurzame energie wordt gebruikt (houtafval)<sup>18</sup>.

De CO<sub>2</sub>-emissies tijdens het vervoer van de kunststoffen blijven bij de berekening van de meerkosten buiten beschouwing omdat de bijdrage relatief gering is.

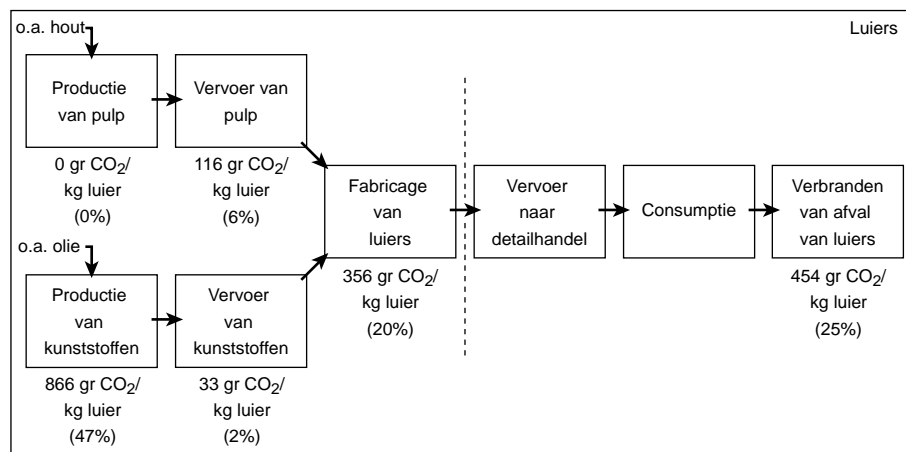
---

<sup>18</sup> De CO<sub>2</sub> die opgeslagen is in het hout dat voor de pulp en het tissuepapier is gebruikt, komt in de afvalfase van de luier weer vrij. In feite is in het gedeelte van de keten dat we in dit onderzoek betrekken sprake van negatieve emissies. Omdat de opslag van relatief korte duur is, is hier echter aangenomen dat deze opslag CO<sub>2</sub>-neutraal is.

Tabel 4 CO<sub>2</sub>-emissies in de verschillende fasen van de productie van luiers

		Energieverbruik [MJ/kg luier]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram/kg luier]	CO <sub>2</sub> -emissies [%]
Productie van grondstoffen	Pulp & Tissuepapier	26,1	0	0
	Kunststoffen, intrinsieke energie		454	25
	Kunststoffen, toegevoerde energie		866	47
Vervoer van grondstoffen	Pulp & Tissuepapier	1,58	116	6
	Kunststoffen	0,46	33	2
Fabricage van luiers		1,94	356	20
<b>Totaal</b>			<b>1825</b>	<b>100</b>

Figuur 2 Vereenvoudigde weergave van de productieketen van papieren luiers en de daarbij vrijkomende CO<sub>2</sub>-emissies



#### 4.2.2 Meerkosten voor CO<sub>2</sub>-emissievrije of –gecompenseerde productie van luiers

In deze paragraaf staat aangegeven op welke wijze de CO<sub>2</sub>-emissies gereduceerd of gecompenseerd kunnen worden. We gebruiken drie scenario's: duurzame productie, compensatie en een efficiëntie-scenario. Details over de aannamen en de gebruikte data staan in de bijlagen A en B.

##### Scenario duurzaam

In dit scenario wordt alle toegevoegde energie vervangen door duurzame energie. We veronderstellen dat dit op de volgende wijze gebeurt:

- *Productie van kunststoffen*  
De inzet van energie voor de productie van kunststoffen wordt vervangen door groene stroom en biogas.
- *Vervoer van pulp/tissuepapier*  
Het gebruik van diesel wordt vervangen door de inzet van bio-ethanol.

- *Fabricage van luiers*  
De gebruikte energie is elektriciteit, die vervangen wordt door groene stroom.

De CO<sub>2</sub> die opgeslagen is in het product als gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen als grondstof, wordt gecompenseerd door de aanplant van bos.

### Scenario compensatie

In het scenario compensatie worden alle CO<sub>2</sub>-emissies gecompenseerd. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden (zie paragraaf 3.3)<sup>19</sup>. Deze mogelijkheden geven een bandbreedte in de meerkosten: de kosten van compensatie via bossen zijn het laagst, die via fictieve handel het hoogst.

### Scenario efficiëntie

Bij dit scenario worden eerst rendabele energie-efficiënte maatregelen ingezet, en vervolgens worden de resterende CO<sub>2</sub>-emissies op een zo goedkoop mogelijke manier gecompenseerd.

Voor luiers betekent dit:

- *Productie van kunststoffen*
  - 25% van de ingezette energie bij de productie van kunststoffen wordt door rendabele maatregelen bespaard;
  - de overige CO<sub>2</sub>-emissies worden gecompenseerd door bosaanplant.
- *Vervoer van pulp/tissuepapier*  
De CO<sub>2</sub>-emissies worden gecompenseerd door bosaanplant.
- *Fabricage van luiers*
  - de CO<sub>2</sub>-emissies worden gecompenseerd door bosaanplant, omdat geen gegevens beschikbaar zijn over het besparingspotentieel.

De meerkosten die het gevolg zijn van deze drie scenario's staan weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5 Meerkosten voor een CO<sub>2</sub>-vrije of CO<sub>2</sub>-gecompenseerde productie van luiers

Productiefase	Absolute CO <sub>2</sub> -emissies (gram/kg luier en % van totaal)	Meerprijs duurzame productie (cent/kg luier)	Meerprijs compensatie (cent/kg luier)	Meerprijs efficiëntie (cent/kg luier)
Productie van kunststoffen (toegevoegde energie)	866 47%	9,1	2,6-6,3	1,9
Productie van kunststoffen (intrinsieke energie)	454 25%	1,4	1,3-3,3	1,4
Fabricage van luiers	356 20%	3,2	1,1-2,6	1,1
<i>Totaal (per kilogram luier)</i>	1.676 92%	13,7	5,0-12,2	4,4
<b>Totaal (per luier)</b>		<b>0,76</b>	<b>0,28 – 0,68</b>	<b>0,25</b>

Om 92% van de CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren dan wel te compenseren, zijn meerkosten nodig van circa 4 tot 14 cent per kilogram luier. De laagste kosten behoren bij het scenario efficiëntie, waar 25% van de CO<sub>2</sub>-emissies van

<sup>19</sup> Namelijk: de aanleg van bos, de opslag van CO<sub>2</sub> in de grond en het verhandelen van CO<sub>2</sub>-emissierechten op een fictieve markt.

de productie van kunststof worden vermeden door rendabele maatregelen. De overige emissies worden gecompenseerd door de aanplant van bos. De hoogste kosten behoren bij het scenario duurzaam, waar tegen meerkosten van circa 14 cent per kilogram luier de ingezette energie van duurzame oorsprong is.

Bovengenoemde meerkosten per kilogram luier (4 tot 14 cent) komen overeen met 0,25 cent tot 0,76 cent per luier. Dit betekent dat een pak luiers met een inhoud van 50 stuks tegen meerkosten van circa 12,5 cent CO<sub>2</sub>-arm wordt geproduceerd en voor de resterende CO<sub>2</sub>-emissies wordt gecompenseerd met bosaanplant, en tegen meerkosten van circa 38 cent CO<sub>2</sub>-vrij wordt geproduceerd met behulp van duurzame energie.

#### 4.2.3 Consequenties voor de prijs van papieren luiers af-fabriek

De meerkosten zoals in de vorige paragraaf gepresenteerd, zeggen pas iets in relatie tot de af-fabrieksprijs. De prijs van een luier (af-fabriek) bedraagt circa 67 cent. De absolute meerkosten van 0,25 tot 0,76 cent per luier komen overeen met een relatieve meerprijs van circa 0,4% tot 1,2%.

### 4.3 Koffie

In deze paragraaf staan de resultaten van het onderzoek voor het product koffie weergegeven. In paragraaf 4.3.1 geven we een overzicht van de CO<sub>2</sub>-emissies die vrijkomen tijdens de verschillende productiefasen. In paragraaf 4.3.2 vindt u de meerkosten om circa 90% van de CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren via respectievelijk de inzet van duurzame energie, compensatie en door een efficiënte mix van maatregelen.

Tenslotte gaan we in paragraaf 4.3.3 in op hetgeen deze kosten betekenen voor de prijs van koffie af-fabriek.

#### 4.3.1 CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van de productie van koffie

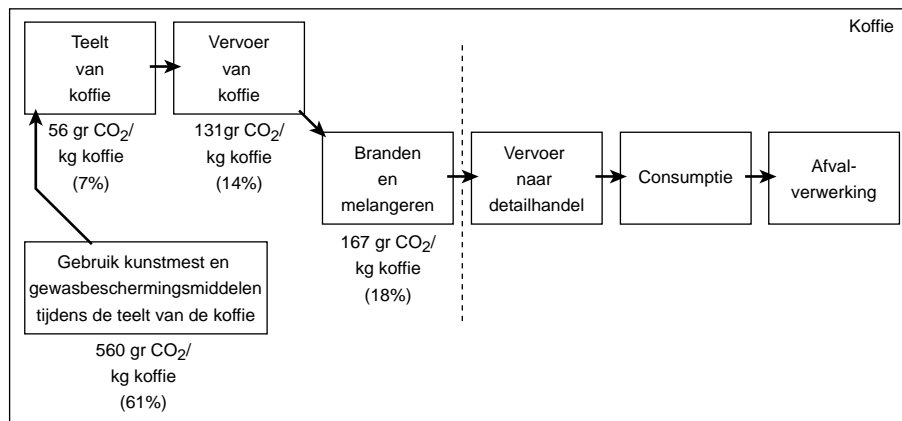
In bijlage C zijn de CO<sub>2</sub>-emissies berekend die vrijkomen tijdens de productie, opgesplitst naar drie fasen: de teelt van koffie, het vervoer van deze grondstoffen naar het land waar de koffiebonen verder worden bewerkt, en tenslotte het branden en melangeren.

In Tabel 6 staat een overzicht van deze resultaten, die in Figuur 3 ter illustratie grafisch zijn weergegeven.

Tabel 6 CO<sub>2</sub>-emissies in de verschillende fasen van de productie van koffie

		Energieverbruik [MJ/kg koffie]	CO <sub>2</sub> -emissie [gram CO <sub>2</sub> /kg koffie]	CO <sub>2</sub> -emissie [%]
Teelt	Teelt van koffie	0,8	56	7
	Kunstmeststof- fen / insecticiden	7	560	61
Vervoer		1,75	131	14
Branden en melangeren	Gas	2	112	12
	elektriciteit	0,3	55	6
Totaal		11,9	914	100

Figuur 3 Vereenvoudigde weergave van de productieketen van koffie en de daarbij vrijkomende CO<sub>2</sub>-emissies



Uit Tabel 6 en Figuur 3 blijkt dat de grootste CO<sub>2</sub>-emissies plaatsvinden als gevolg van het gebruik van kunstmeststoffen en insecticiden tijdens de teelt (61%). Het vervoer van het land van de teelt naar het land waar de koffie gebrand wordt, en het gasverbruik voor het branden en melangeren dragen voor respectievelijk 14 en 12% bij aan de CO<sub>2</sub>-emissies. De CO<sub>2</sub>-emissies als gevolg van het gebruik van materieel tijdens de teelt en het elektriciteitsverbruik voor branden en melangeren wordt bij de berekening van de meerkosten buiten beschouwing gelaten omdat zij slechts een relatief kleine bijdrage hebben in de totale CO<sub>2</sub>-emissies.

#### 4.3.2 Meerkosten voor klimaatneutrale productie

In deze paragraaf staat aangegeven op welke wijze de CO<sub>2</sub>-emissies gereduceerd of gecompenseerd kunnen worden. We gebruiken drie scenario's: duurzame productie, compensatie en een efficiëntie-scenario.

##### Scenario duurzame productie

In dit scenario wordt alle energie vervangen door duurzame energie. We veronderstellen dat dit op de volgende wijze gebeurt:

- *Gebruik van kunstmeststoffen en insecticiden tijdens de teelt*  
Bij gebrek aan gegevens is aangenomen dat de CO<sub>2</sub>-emissies voor de helft het gevolg zijn van gasverbruik, en voor de andere helft het gevolg zijn van het verbruik van elektra. Doordat de meerkosten per ton CO<sub>2</sub> om beide energiedragers te vervangen door duurzame niet veel verschillen, heeft deze aanname niet veel invloed op de uitkomsten. Gas wordt vervangen door biogas, elektra door groene stroom. Het gebruik van fossiele brandstoffen als grondstof wordt hier bij gebrek aan gegevens buiten beschouwing gelaten.
- *Vervoer van koffie over zee*  
Er wordt verondersteld dat er FT-biodiesel wordt gebruikt als brandstof voor de zeeschepen.
- *Branden en melangeren (gasverbruik)*  
Gas wordt vervangen door biogas, de gebruikte elektriciteit door groene stroom.

### Scenario compensatie

In het scenario compensatie worden alle CO<sub>2</sub>-emissies gecompenseerd. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden (zie paragraaf 3.2)<sup>20</sup>. Deze mogelijkheden geven een bandbreedte in de meerkosten: de kosten van compensatie via bossen zijn het laagst, die via fictieve handel het hoogst.

### Scenario efficiëntie

Bij dit scenario worden eerst rendabele energie-efficiënte maatregelen ingezet, en vervolgens worden de resterende CO<sub>2</sub>-emissies op een zo goedkoop mogelijke manier gecompenseerd.

Voor koffie betekent dit:

- *Gebruik van kunstmeststoffen en insecticiden tijdens de teelt*
  - 32% van de ingezette energie bij de productie van kunstmeststoffen wordt door rendabele maatregelen bespaard;
  - de overige CO<sub>2</sub>-emissies worden gecompenseerd door bosaanplant.
- *Vervoer van koffie over zee*

De CO<sub>2</sub>-emissies die vrijkomen tijdens het vervoer van de koffie over zee worden gecompenseerd door bosaanplant.
- *Branden en melangeren (gasverbruik)*
  - 28% van het gasverbruik wordt door rendabele maatregelen bespaard;
  - de overige CO<sub>2</sub>-emissies van het gasverbruik worden gecompenseerd door bosaanplant.

De meerkosten die het gevolg zijn van deze drie scenario's staan weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7 Meerkosten voor een CO<sub>2</sub>-vrije of CO<sub>2</sub>-gecompenseerde productie van koffie

Productiefase	Absolute CO <sub>2</sub> -emissies (gram/kg koffie)	Meerprijs duurzame productie (cent/kg koffie)	Meerprijs compensatie (cent/kg koffie)	Meerprijs efficiëntie (cent/kg koffie)
Kunstmeststoffen en insecticiden tijdens teelt	560 61%	5,9	1,7 tot 4,1	1,1
Vervoer van koffie over zee	131 14%	3,9	0,4 tot 1,0	0,4
Branden en melangeren (gasverbruik)	112 12%	1,3	0,3 tot 0,8	0,2
<b>Totaal (per kilogram koffie)</b>	<b>803</b> <b>88%</b>	<b>11,1</b>	<b>2,4 tot 5,8</b>	<b>1,7</b>

Om 88% van de CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren dan wel te compenseren, zijn meerkosten nodig van circa 2 tot 11 cent per kilogram koffie. De laagste kosten behoren bij het scenario efficiëntie, waar circa 30% van de CO<sub>2</sub>-emissies (exclusief die van het vervoer) worden vermeden door rendabele maatregelen zonder extra kosten. De overige emissies worden gecompenseerd door de aanplant van bos.

De hoogste kosten behoren bij het scenario duurzaam, waar tegen meerkosten van circa 11 cent per kilogram koffie de ingezette energie van duurzame oorsprong is.

<sup>20</sup> Namelijk: de aanleg van bos, de opslag van CO<sub>2</sub> in de grond en het verhandelen van CO<sub>2</sub>-emissierechten op een fictieve markt.



### Doorkijk lange termijn

Op lange termijn zal waarschijnlijk de CO<sub>2</sub>-besparing die gerealiseerd kan worden door biologische teelt, relatief veel kunnen bijdragen. Immers, de teelt is verantwoordelijk voor ruim 60% van de CO<sub>2</sub>-emissies. Een kanttekening moet hierbij echter wel gemaakt worden: de opbrengst van biologische teelt is per hectare lager dan die van de reguliere teelt. Dit betekent onder andere dat er meer energie nodig is voor het oogsten.

### 4.3.3 Consequenties voor de prijs van koffie af-fabriek

De meerkosten zeggen uiteraard pas iets in relatie tot de af-fabrieksprijs. De prijs van koffie af-fabriek bedraagt circa 13 gulden per kilogram. De absolute meerkosten van 2 tot 11 cent komen overeen met een relatieve meerprijs van circa 0,2% tot 0,9%.

## 4.4 Diepvriessperziebonen

In deze paragraaf staan de resultaten van het onderzoek voor het product diepvriessperziebonen weergegeven. In paragraaf 4.4.1 geven we een overzicht van de CO<sub>2</sub>-emissies die vrijkomen tijdens de verschillende productiefasen. In paragraaf 4.4.2 vindt u de meerkosten om iets meer dan 90% van de CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren via respectievelijk de inzet van duurzame energie, compensatie en door een efficiënte mix van maatregelen. Tenslotte gaan we in paragraaf 4.4.3 in op hetgeen deze kosten betekenen voor de prijs van diepvriessperziebonen af-fabriek.

### 4.4.1 CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van de productie van sperziebonen

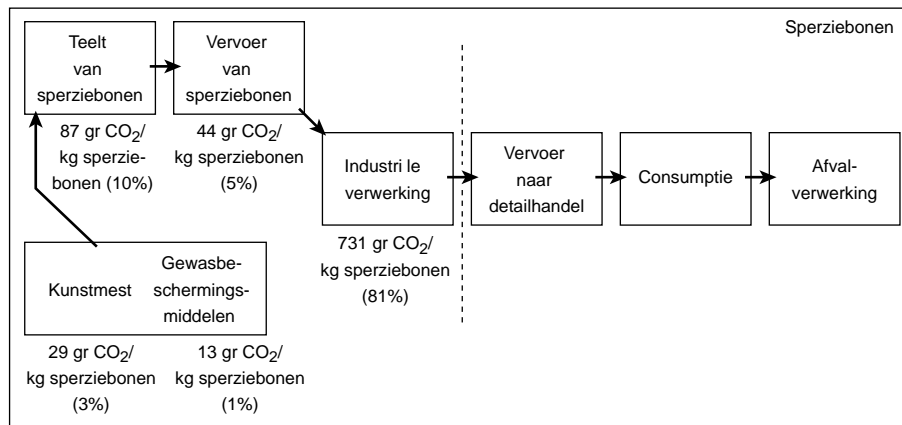
In bijlage D zijn de CO<sub>2</sub>-emissies berekend die vrijkomen tijdens de productie, opgesplitst naar drie fasen: de teelt van sperziebonen, het vervoer van de bonen naar de verwerkende fabriek, en tenslotte het blancheren en invriezen.

In Tabel 8 staat een overzicht van deze resultaten, die in Figuur 4 ter illustratie grafisch zijn weergegeven.

Tabel 8 CO<sub>2</sub>-emissies in de verschillende fasen van de productie van diepvriessperziebonen

			Energieverbruik [MJ/kg sperziebonen]	CO <sub>2</sub> -emissie [gram CO <sub>2</sub> /kg sperziebonen]	CO <sub>2</sub> -emissie [%]
Teelt	Gewasbeschermingsmiddelen		0,2	12,8	1
		Meststoffen	0,52	29,4	3
		Landbewerking	1,2	87,0	10
Vervoer			0,6	43,8	5
Industriële verwerking	Verwerken van sperziebonen	Elektriciteit	3,2	584,0	65
		Gas	2,6	147,0	16
Totaal				904,0	100

Figuur 4 Vereenvoudigde weergave van de productieketen van diepvriessperziebonen en de daarbij vrijkomende CO<sub>2</sub>-emissies



Uit Tabel 8 en Figuur 4 blijkt dat de grootste CO<sub>2</sub>-emissies plaatsvinden tijdens de verwerking van sperziebonen: 65% van de totale CO<sub>2</sub>-emissies zijn het gevolg van het elektriciteitsverbruik hiervoor, en 16% van de emissies voor het gasverbruik in deze fase. Verder vindt 10% van de emissies plaats als gevolg van het gebruik van materieel voor het bewerken van het land. De CO<sub>2</sub>-emissies van de overige productiestappen (het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en kunstmeststoffen en het vervoer van de bonen naar de fabriek) blijven in de berekening van de meerkosten buiten beschouwing omdat de bijdrage relatief gering is.

#### 4.4.2 Meerkosten voor klimaatneutrale productie

In deze paragraaf staat aangegeven op welke wijze de CO<sub>2</sub>-emissies gereduceerd of gecompenseerd kunnen worden. We gebruiken drie scenario's: duurzame productie, compensatie en een efficiëntie-scenario.

##### Scenario duurzame productie

In dit scenario wordt alle toegevoegde energie vervangen door duurzame energie. We veronderstellen dat dit op de volgende wijze gebeurt:

- *Gebruik van materieel voor de landbouw*  
De diesel wordt vervangen door bio-ethanol.
- *Elektriciteitsverbruik tijdens de bewerking van de bonen*  
De elektriciteit wordt vervangen door groene stroom.
- *Gasverbruik tijdens de bewerking van de bonen*  
Het gas wordt vervangen door biogas.

##### Scenario compensatie

In het scenario compensatie worden alle CO<sub>2</sub>-emissies gecompenseerd. Hiervoor zijn verschillende mogelijkheden (zie paragraaf 3.3)<sup>21</sup>. Deze mogelijkheden geven een bandbreedte in de meerkosten: de kosten van compensatie via bossen zijn het laagst, die via fictieve handel het hoogst.

<sup>21</sup> Namelijk: de aanleg van bos, de opslag van CO<sub>2</sub> in de grond en het verhandelen van CO<sub>2</sub>-emissierechten op een fictieve markt.



### Scenario efficiëntie

Bij dit scenario worden eerst rendabele energie-efficiënte maatregelen ingezet, en vervolgens worden de resterende CO<sub>2</sub>-emissies op een zo goedkoop mogelijke manier gecompenseerd.

Voor diepvriessperziebonen betekent dit<sup>22</sup>:

- *Gebruik van materieel voor de landbewerking*  
De CO<sub>2</sub>-emissies die vrijkomen als gevolg van het gebruik van materieel voor het bewerken van het land worden gecompenseerd door bosaanplant.
- *Elektriciteitsverbruik tijdens de bewerking van de bonen*
  - 20% van de ingezette elektriciteit voor het verwerken van de bonen wordt door rendabele maatregelen bespaard;
  - de overige CO<sub>2</sub>-emissies worden gecompenseerd door bosaanplant.
- *Gasverbruik tijdens de bewerking van de bonen*
  - 20% van de ingezette elektriciteit voor het verwerken van de bonen wordt door rendabele maatregelen bespaard;
  - de overige CO<sub>2</sub>-emissies worden gecompenseerd door bosaanplant.

De meerkosten die het gevolg zijn van deze drie scenario's staan weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9 Meerkosten voor een CO<sub>2</sub>-vrije of CO<sub>2</sub>-gecompenseerde productie van sperziebonen

Productiefase	Absolute CO <sub>2</sub> -emissies (gram/kg diepvriessperziebonen)	Meerprijs duurzame productie (cent/kg diepvriessperziebonen)	Meerprijs compensatie (cent/kg diepvriessperziebonen)	Meerprijs efficiëntie (cent/kg diepvriessperziebonen)
Landbewerking	87 10%	2,5	0,3 tot 0,6	0,3
Verwerking van sperziebonen (elektriciteitsverbruik)	584 65%	5,3	1,8 tot 4,2	1,4
Verwerking van sperziebonen (gasverbruik)	147 16%	1,8	0,4 tot 1,1	0,4
<b>Totaal (per kilogram diepvriessperziebonen)</b>	<b>818</b> <b>91%</b>	<b>9,6</b>	<b>2,5 tot 5,9</b>	<b>2,1</b>

Om 91% van de CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren dan wel te compenseren, zijn meerkosten nodig van circa 2 tot 10 cent per kilogram diepvriessperziebonen. De laagste kosten behoren bij het scenario efficiëntie, waar 20% van de CO<sub>2</sub>-emissies van de verwerking van de bonen worden vermeden door rendabele maatregelen zonder extra kosten. De overige emissies worden gecompenseerd door de aanplant van bos.

<sup>22</sup> Er zijn geen gegevens beschikbaar over het te realiseren rendabele potentieel uitgesplitst naar gas- en elektriciteitsverbruik. We nemen hier voor beide een gemiddeld percentage aan van 20%.

De hoogste kosten behoren bij het scenario duurzaam, waar tegen meerkosten van circa 10 cent per kilogram diepvriessperziebonen de ingezette energie van duurzame oorsprong is.

#### 4.4.3 Consequenties voor de prijs van diepvriessperziebonen af-fabriek

De meerkosten zeggen uiteraard pas iets in relatie tot de af-fabrieksprijs. De prijs van diepvriessperziebonen af-fabriek bedraagt circa f1,25 per kilogram. De absolute meerkosten van 2 tot 10 cent komen overeen met een relatieve meerprijs van circa 2% tot 8%.

#### 4.5 Conclusies

In deze paragraaf staan de conclusies over de meerkosten van de drie producten die in de vorige paragrafen zijn gepresenteerd.

In Tabel 10 staat een overzicht van de meerkosten om de onderzochte producten CO<sub>2</sub>-arm te produceren of de CO<sub>2</sub>-emissies te compenseren.

Tabel 10 Meerkosten van klimaatneutrale productie van luiers, koffie en diepvriessperziebonen

Product	Absolute CO -emissies (gram/kg product)	Gereduceerde percentage van CO <sub>2</sub> -emissies	Meerkosten duurzame productie (cent/kg product)	Meerkosten compensatie (cent/kg product)	Meerkosten efficiëntie (cent/kg product)
Papieren luiers	1.676	92%	13,7	5,0 tot 12,2	4,4
Koffie	803	87%	11,1	2,4 tot 5,8	1,7
Diepvriessperziebonen	818	91%	9,6	2,5 tot 5,9	2,1

De tabel laat zien dat circa 90% van de CO<sub>2</sub>-emissies van de producten kan worden gereduceerd en gecompenseerd tegen geringe meerkosten. Een combinatie van rendabele efficiëntiemaatregelen en compensatie door bos-aanplant (via de organisatie Face) levert de laagste meerkosten op: circa 2 tot 4 cent per kilogram product. Voor luiers betekent dit circa 12,5 cent voor een pak van 50 luiers. Door het gebruik van duurzame energie (in de vorm van groene stroom, biogas, bio-ethanol en FT-biodiesel) kan dezelfde hoeveelheid CO<sub>2</sub>-emissies worden gereduceerd tegen meerkosten van circa 14 cent per kilogram product voor papieren luiers, circa 11 cent per kilogram koffie en circa 10 cent per kilogram diepvriessperziebonen. Voor papieren luiers komt dit overeen met een meerprijs van circa 38 cent voor een pak van 50 luiers.

De meerkosten zeggen uiteraard pas iets in relatie tot de af-fabrieksprijs. Voor koffie en luiers bedragen de meerkosten circa een 0,3 tot 1% van de af-fabrieksprijs, terwijl dat voor diepvriessperziebonen tussen de 2 en 8% ligt. Het zou kunnen zijn dat de meerprijs voor klimaatneutrale productie voor groente- en fruitproducten relatief hoog is omdat de af-fabrieksprijs relatief



laag is. Dit komt doordat de marge tussen de producent en de detailhandel relatief groot is<sup>23</sup>.

We concluderen dat de meerkosten voor klimaatneutrale productie van de onderzochte producten relatief gering is. We plaatsen hier echter twee kanttekeningen bij:

- de meerkosten betreffen alleen de keten tot het moment 'af-fabriek'. Bij koffie en diepvriessperziebonen blijft een substantieel gedeelte van het energiegebruik van de gehele keten buiten beschouwing<sup>24</sup>.
- bij de berekening van de meerkosten van efficiëntiemaatregelen is uitgegaan van kostenneutrale maatregelen. Dit is een inschatting omdat geen gegevens beschikbaar zijn. De werkelijke kosten zouden hoger kunnen zijn (zie paragraaf A.3.1).
- de kosten zijn berekend tegen kosten waarbij geen rekening is gehouden met het potentieel wanneer alle consumentenproducten klimaatneutraal geproduceerd zouden worden, zouden de meerkosten hoger uitvallen doordat het goedkoopste potentieel aan duurzame energie en bosaanplant onvoldoende is om in alle vraag te voorzien.

---

<sup>23</sup> De af-fabrieksprijs bedraagt circa *f* 1,25 per kilogram sperziebonen, terwijl de winkelprijs circa *f* 4,- bedraagt.

<sup>24</sup> namelijk koffie zetten door de consument, respectievelijk de producten diepgevroren houden bij de detailhandel



# Literatuur

*Analyse en evaluatie van GAVE-ketens*, Novem, 1999

Beer, J.G. de, M.T. van Wees, E. Worrell, K. Blok, *ICARUS-3, the potential of energy efficiency improvement in the Netherlands up to 2000 and 2015*, Universiteit Utrecht, 1994

Bosma, W.J.P., *Analyse en evaluatie van GAVE-ketens*, Novem, 1999

Boustead, I., *Eco-profiles of plastics and related intermediates*, APME, 1999

Capros, P., L. Mantzos, *The economic effects of EU-wide industry-level emission trading to reduce greenhouse gases*, National Technical University of Athens, 2000

*Duurzame energie in opmars; actieprogramma 1997-2000*, EZ.

Huizinga, K., F.A. de Boer, J.M.A. van de Velde, *Nader onderzoek milieukeur luiers*, Haskoning, 1993

IFAM (Bremen), Fraunhofer Gesellschaft ILV (München): *Ökobilanz Röst- kaffee*, 1996 (in opdracht van Kraft Jacobs Suchard)

Kramer, K.J., *Energie geld(t), mogelijke energiebesparingen op huishoudelijke uitgaven*, IVEM, 1996

*Meerjarenafspraken energie-efficiency, resultaten 1999*, Ministerie van Economische Zaken, 2000

*Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen*, ECN / RIVM, 1998

Schmidt, T., A.D. Postma, *Minder energiegebruik door een andere leefstijl?*, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1999

Swigchem, J. van e.a., *Energie-efficiency in de industrie, Ratio achter investeringsbeslissingen*, CE, publicatie medio 2001

Vink, E.J.B., M.F. Versteeg, T. Schmidt, *Energiebewust consumeren*, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1998

Vringer, K, T. Gerlagh, K. Blok, *Het directe en indirecte energiebeslag van Nederlandse huishoudens in 1995*, Universiteit Utrecht, Utrecht, 1997

Velthuisen, J.W. *Determinants of investments in energy conservation*, 1995, Amsterdam SEO

Zeijts, H. van, *Kan de Landbouw schone energie leveren?*, CML, 1994



**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
tel: 015 2 150 150  
fax: 015 2 150 151  
e-mail: ce@ce.nl  
website: www.ce.n

## **Meerprijs klimaatneutrale consumentenproducten**

### **Bijlagen**

Delft, april 2001

Opgesteld door: Folmer de Haan  
Jessica van Swigchem







# A Basisgegevens

## A.1 Basisgegevens energiegebruik

Een aantal gegevens die in de analyse van de producten gebruikt wordt is onafhankelijk van het beschouwde product: de CO<sub>2</sub>-emissies bij vervoer en die van primaire energiedragers; en verder de gegevens over plastics, kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen.

### A.1.1 Energievraag en CO<sub>2</sub>-emissies bij vervoer

In deze studie worden twee soorten van vervoer beschouwd: vervoer per vrachtwagen en per schip. Bovendien wordt bij landbouwproducten ook energie verbruikt bij de inzet van werktuigen.

Bij de berekening van het energieverbruik door vervoer moet aangenomen worden wat de gemiddelde beladingsgraad is. In dit onderzoek wordt aangenomen dat de gemiddelde beladingsgraad 50% bedraagt voor vrachtwagens. Dit houdt in dat de vrachtwagen vol beladen naar de bestemming rijdt en leeg weer terug. We rekenen daarom met de dubbele afstand, heen én terug. Dit is conform de gebruikte bronnen. Voor schepen geldt dat ze wel beladen weer terug gaan, en wordt alleen de heenvracht gerekend.

#### *Vrachtwagen en werktuigen*

In dit onderzoek wordt gerekend met alleen het directe energiegebruik voor het vervoer. Het indirecte energieverbruik, zoals dat voor het maken van de vrachtwagen, wordt niet meegenomen. Reden hiervoor is dat deze energie moeilijk om te rekenen is naar CO<sub>2</sub>-emissies, en het een geringe bijdrage is in het totaal. Voor vervoer rekent dit onderzoek met de gegevens van het IVEM dat een energievraag van 2 MJ / tonkilometer aanhoudt<sup>25</sup>. Dezelfde bron geeft voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot voor diesel 73 gram per MJ. Dit betekent dat per tonkilometer 146 gram CO<sub>2</sub> wordt geëmitteerd.

#### *Schip*

Het IVEM rekent voor grotere scheepsafstanden, zeevaart, een energievraag van 0,11 MJ/tonkilometer. Voor binnenvaart geldt hier een energievraag van 0,52 MJ/tonkilometer. Voor schepen geldt de aanname dat ze altijd een retourvracht hebben en hier wordt dus alleen de heenkilometers gerekend. Ook hier is alleen gerekend met het directe energieverbruik, en is de emissie 75 gram CO<sub>2</sub>/MJ voor stookolie. Per tonkilometer is dit 39 gram CO<sub>2</sub> voor binnenvaart en 8 gram CO<sub>2</sub> voor de zeevaart.

#### *Conclusie*

Tabel 19 geeft een overzicht van bovenstaande gegevens.

---

<sup>25</sup> Kramer, K.J., *Energie geld(t), mogelijke energiebesparingen op huishoudelijke uitgaven*, IVEM, 1996.

Tabel 11 Uitgangspunten energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies van vervoer

	Energieverbruik, [MJ/ton-km]	CO <sub>2</sub> -emissie, [gram/ ton-km]
Vrachtwagen	2	146
Schip, binnenvaart	0,52	39
Schip, zeevaart	0,11	8

### A.1.2 Emissies van CO<sub>2</sub> bij algemeen gebruik van primaire energiedragers

Bij de inzet van fossiele energie komt CO<sub>2</sub> vrij. Het 'Optiedocument' geeft voor de energiedragers aardgas, kolen en olie de emissies van CO<sub>2</sub><sup>26</sup>. De gegevens voor elektriciteit zijn ontleend aan 'Elektriciteit in Nederland', 1998 (SEP). De CO<sub>2</sub>-emissie van het huidige centrale elektriciteitspark in Nederland is gemiddeld 660 gram CO<sub>2</sub> per kWh<sub>elektrisch</sub>. Per MJ is dat 183 gram CO<sub>2</sub>.

Tabel 12 CO<sub>2</sub>-uitstoot bij de inzet van energiedragers

	CO <sub>2</sub> -emissie, [gram/ MJ]
Aardgas	56
Kolen	94
Olie	73
Elektriciteit	183

## A.2 Productie van plastics, kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen

Bij de productie van consumentengoederen wordt gebruik gemaakt van een grote diversiteit aan grondstoffen. Een aantal van deze grondstoffen, plastics en kunstmest, komt in dit onderzoek meerdere keren terug en zullen in deze paragraaf besproken worden.

### *Plastics*

Voor het berekenen van het energieverbruik en de emissies bij de productie van de plastics wordt gebruik gemaakt van gegevens van de Association of Plastics Manufacturers in Europe, het APME<sup>27</sup>. Zij hebben voor een groot aantal plastics uitgebreide 'eco-profielen' opgesteld.

De energie-inhoud van het polypropyleen is volgens deze bron 77 MJ/kg polypropyleen. De CO<sub>2</sub>-emissies die gemoeid zijn met de productie van deze kunststof is 5.200 gram CO<sub>2</sub>/kg polypropyleen. Voor polyethyleen geldt een energie-inhoud van 81 MJ/kg, en ook een CO<sub>2</sub>-emissie van 5.200 gram CO<sub>2</sub>/kg.

Voor polyacrylaat geldt een energie-inhoud van 110 MJ/kg polyacrylaat, en een CO<sub>2</sub>-emissie van 9.018 gram CO<sub>2</sub>/kg polyacrylaat.

De energie die nodig is voor de productie van plastics, is gedeeltelijk toegevoerde energie in het productieproces en gedeeltelijk aardolie die gebruikt wordt als grondstof.

<sup>26</sup> Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen, ECN / RIVM, 1998.

<sup>27</sup> Boustead, I., *Eco-profiles of plastics and related intermediates*, APME, 1999.



We gebruiken daarom in de berekeningen twee soorten getallen: de CO<sub>2</sub>/kg plastic voor de toegevoegde energie en die voor CO<sub>2</sub> als gevolg van energiegebruik als feed stock:

- voor de toegevoegde energie: 1.900 gram CO<sub>2</sub>/kg polyethyleen en polypropyleen en 5.600 gram CO<sub>2</sub>/kg polyacrylaat<sup>28</sup>;
- de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die intrinsiek in het materiaal zit als feed stock komt vrij bij de verbranding in de afvalfase. Deze thermische verwerking van afval levert energie. Deze energie hoeft niet opgewekt te worden door middel van de inzet van primaire energiedragers en resulteert dus in een vermeden CO<sub>2</sub>-emissie. Deze vermeden CO<sub>2</sub>-emissie moet in mindering gebracht worden op de CO<sub>2</sub>-emissie ten gevolge van de grondstof, hetgeen resulteert in 1.300 kg CO<sub>2</sub>/kg polyethyleen en polypropyleen en 2.162 kg CO<sub>2</sub>/kg polyacrylaat<sup>29</sup>.

#### Kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen

Het CLM heeft voor een groot aantal gewassen gekeken naar de hoeveelheden kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen die voor teelt gebruikt worden<sup>30</sup>. Zij onderscheiden de kentallen zoals die aangegeven zijn in Tabel 13. De hoeveelheden kunstmest verschilt natuurlijk van gewas tot gewas, en van grondsoort tot grondsoort.

Tabel 13 CLM gegevens over de energie-inhoud en CO<sub>2</sub>-emissies van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen

	Energie-inhoud [MJ/kg hulpstof]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram CO <sub>2</sub> /kg hulpstof]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram CO <sub>2</sub> /MJ]
N	38,9	2.194	56,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,3	243	56,4
K <sub>2</sub> O	2,6	147	56,4
Gewasbeschermings- middelen	95,4	7.632	80

<sup>28</sup> Bosma, W.J.P., *Analyse en evaluatie van GAVE-ketens*, Novem, 1999

<sup>29</sup> De berekening van de CO<sub>2</sub>-emissie voor het gebruik van plastic verdisconteert de energieretourwinning door thermische verwerking van het plastic afval. Uitgaande van een verbrandingsinstallatie met een elektrisch rendement van 21% en een thermisch rendement van 20% wordt er per MJ aan verbrandingswarmte 38,43 + 11,79 = 50,22 gram CO<sub>2</sub>/MJ stookwaarde. Hierbij is uitgegaan van een CO<sub>2</sub>-emissie van 183 gram CO<sub>2</sub>/MJ die vermeden wordt door de generatie van stroom en een rendement 95% voor de opwekking van stoom die vermeden wordt.

Voor *polyethyleen en polypropyleen* nemen we een stookwaarde van 40 MJ/kg plastic. Dit levert een vermeden CO<sub>2</sub>-emissie van 40 \* 50,22 = 2.008 gram CO<sub>2</sub>/kg plastic. Bij verbranding komt 3.308 gram CO<sub>2</sub>/kg plastic vrij. Netto levert dit een CO<sub>2</sub>-bijdrage van polyethyleen en polypropyleen van 3.308-2.008 = 1.300 gram CO<sub>2</sub>/kg plastic voor de intrinsieke energie en 1.900 gram CO<sub>2</sub>/kg plastic voor de toegevoegde energie. Tezamen 3.200 gram CO<sub>2</sub>/kg plastic.

Voor *polyacrylaat* geldt een stookwaarde van 25 MJ/kg, dit levert een vermeden CO<sub>2</sub>-emissie van 25 \* 50,22 = 1.255,5 gram CO<sub>2</sub>/kg polyacrylaat. Voor het acrylaat geldt een CO<sub>2</sub>-emissie bij verbranding van 3.418 gram CO<sub>2</sub>/kg polyacrylaat. Netto is de CO<sub>2</sub>-emissie: 3.418 - 1.255,5 = 2.162 gram CO<sub>2</sub>/kg polyacrylaat voor de intrinsieke energie, en 5.600 gram CO<sub>2</sub>/kg polyacrylaat voor de toegevoegde energie. Tezamen is dit 7.762 gram CO<sub>2</sub>/kg polyacrylaat.

Een gewogen gemiddelde op basis van de gewichtspercentages voor de verschillende plastics levert een gemiddelde CO<sub>2</sub>-emissie van 4.800 gram CO<sub>2</sub>/kg plastic.

<sup>30</sup> Zeijts, H. van, *Kan de Landbouw schone energie leveren?*, CML, 1994.

Het IVEM heeft speciaal voor sperziebonen gekeken naar het gebruik van kunstmest en gewasbescherming<sup>31</sup>. Hun conclusies staan vermeld in Tabel 14.

Tabel 14 IVEM gegevens over energie-inhoud, waarbij de CO<sub>2</sub>-emissies berekend zijn met behulp van de gecombineerde bronnen van CLM en IVEM

	Energie-inhoud [MJ/kg hulpstof]	[MJ/kg sperziebonen]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram CO <sub>2</sub> /kg sperziebonen]
N	38,9	0,43	24,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,3	0,05	2,82
K <sub>2</sub> O	2,6	0,03	1,69
Gewasbeschermings- middelen	237,6	0,16	12,8

Het IVEM onderscheidt in de gewasbeschermingsmiddelen de herbicide, de fungicide en de insecticide. Het getal in de bovenstaande tabel geeft het massa gemiddelde van de drie afzonderlijke kentallen. Opvallend is dat de energie-inhoud van de beschermingsmiddelen volgens de IVEM-bron aanzienlijk groter is dan die uit de CLM-bron.

Voor de productie van koffie zijn geen gegevens voorhanden over kunstmeststoffen en gewasbeschermingsmiddelen separaat. Er wordt gerekend met een CO<sub>2</sub>-beslag van 80 gram/MJ. Dit komt overeen met de laagste waarde voor gewasbeschermingsmiddelen (CLM). De waarde is hoger dan die van kunstmest (56 gram CO<sub>2</sub>/MJ) en lager dan de hoogste waarde voor gewasbeschermingsmiddelen (IVEM) (zie Tabel 13 en Tabel 14).

### A.3 **Kostprijs van efficiëntieverbeteringen, duurzame energie en compensatie**

In deze paragraaf worden wordt aangegeven wat de kostprijs is van de verschillende opties die in de scenario's gebruikt worden. De scenario's zelf worden toegelicht in paragraaf A.4.

#### A.3.1 **Kosten van efficiëntieverbeteringen**

Ter vermindering van de uitstoot van CO<sub>2</sub> kunnen maatregelen genomen worden die de energie-efficiëntie van de productie in de ketens vergroten. Hierbij valt te denken aan procesintegratie, inzet van warmtepompen et cetera.

De Universiteit van Utrecht heeft in 1994 een database samengesteld met het potentieel voor energie-efficiëntieverbeteringen, uitgesplitst naar de verschillende branches<sup>32</sup>. De maatregelen zijn ingedeeld in korte termijn maatregelen, in te voeren tot en met het jaar 2000, en lange termijn maatregelen, in te voeren tot en met het jaar 2015. Voor de korte termijn maatregelen is

<sup>31</sup> Kramer, K.J., Energie geld(t), Mogelijke energiebesparingen op huishoudelijke uitgaven, IVEM, 1996.

<sup>32</sup> Beer, J.G. de, M.T. van Wees, E. Worrell, K. Blok, *ICARUS-3, the potential of energy efficiency improvement in the Netherlands up to 2000 and 2015*, Universiteit Utrecht, 1994.



berekend, per maatregel, wat het absolute besparingspotentieel is, wat de kosten zijn van de maatregelen, wat de kosten zijn per vermeden ton CO<sub>2</sub>-uitstoot. In dit onderzoek worden alleen deze korte termijn maatregelen meegenomen.

Veel van de besparingsmaatregelen hebben in de database een negatieve meerprijs, in gulden per vermeden ton CO<sub>2</sub>. Dit wil zeggen dat de implementatie per saldo geld oplevert. Hierbij wordt echter geen rekening gehouden met andere kosten dan die van de investering en operationalisatie. Kosten vanwege risico's op processtoring, bijscholing personeel of van advisering zijn niet meegenomen. Omdat geen gedetailleerde gegevens over de werkelijke kosten van besparingsopties in de betreffende processen beschikbaar zijn, hanteren we de volgende inschatting. We rekenen met een meerprijs van nul gulden per vermeden ton CO<sub>2</sub>, dat houdt in dat de maatregelen ongeveer kostenneutraal ingevoerd kunnen worden.

De efficiëntieverbeteringen van vervoer zijn moeilijk te bepalen. Er zijn maatregelen gericht op prijsverhogingen en een dientengevolge verminderde groei van mobiliteit en verbeterde logistiek, op macroniveau. Tolpoorten of accijnsverhoging zijn hier voorbeelden van. Ook zijn er maatregelen direct gericht op verbeterde efficiëntie, bijvoorbeeld technische vernieuwingen. Voor het concrete vervoer van goederen in dit onderzoek is dit moeilijk in te passen in de gebruikte scenario's. Voor schepen geldt bovendien dat het materiaal zeer lang mee gaat en veranderingen dus langzaam penetreren. Tenslotte is de bijdrage van het vervoer in de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot relatief laag. In dit onderzoek zal om deze reden geen efficiëntieverbeteringen voor het vervoer beschouwd worden.

Hieronder wordt per consumentenproduct iets over het potentieel van efficiëntieverbeteringen toegelicht. De inpassing van deze getallen zal verder in de betreffende hoofdstukken besproken worden.

#### *Luiers*

De productie van pulp is in dit onderzoek als CO<sub>2</sub>-neutraal beschouwd. De grootste CO<sub>2</sub>-emissies vinden plaats tijdens de productie van kunststoffen. ICARUS geeft voor de organische chemie een besparingspotentieel van 25%.

#### *Koffie*

Voor specifiek de koffiebranche geeft ICARUS geen maatregelen en potentiëlen. E.D.E Consulting geeft in haar levenscyclusanalyse van koffie wel een aantal besparingsmogelijkheden aan. Door efficiënte verbeteringen kan in het roosteren van de koffie 28% op het gasverbruik en 6.5% op het elektriciteitsverbruik bespaard worden<sup>33</sup>. Ook voor de productie van kunstmest heeft ICARUS efficiëntiepotentiëlen berekend: 32%.

#### *Diepvriesgroente*

ICARUS geeft voor een aantal sectoren in de voedingsmiddelenindustrie getallen voor het energiebesparingpotentieel. De sector van de industriële verwerking van groente en fruit wordt in ICARUS echter niet specifiek bekeken. Voor de categorie 'voedingsmiddelen overig', waar de industriële verwerking groente en fruit onder valt, wordt berekend dat er 25% op de brandstoffen en 25% op de elektrische energie te besparen valt<sup>34</sup>. De meerjaren-

<sup>33</sup> E.D.E Consulting.

<sup>34</sup> Beer, J.G. de, M.T. van Wees, E. Worrell, K. Blok, *ICARUS-3, the potential of energy efficiency improvement in the Netherlands up to 2000 and 2015*, Universiteit Utrecht, 1994.

afspraken gaan uit van een besparing van in totaal ongeveer 10% ten opzichte van 1998<sup>35</sup>. Er is een discrepantie tussen de potentiëlen die in ICARUS berekend worden en de potentiëlen die genoemd worden in de MJA's. Uit ICARUS zijn alleen de korte termijn maatregelen genomen, wat een besparingspotentieel oplevert voor de kostenneutrale maatregelen van ongeveer 20%. Dit ligt, net als bij de andere beschouwde sectoren, ruwweg 10% boven de doelstellingen uit de MJA's.

### A.3.2 Kostprijs van duurzame energie

De maatregelen die in de keten ingezet kunnen worden om deze klimaatneutraal te maken zijn onder andere de inzet van duurzame energie en opslag en compensatie van CO<sub>2</sub>-emissies. In deze subparagraaf wordt voor duurzame energie aangegeven wat de kostprijs is.

#### *Elektriciteit*

Het Ministerie van EZ geeft in haar 'duurzame energie in opmars' een overzicht van de kostprijzen van duurzame energie, pijldatum 1995<sup>36</sup>.

Ter oriëntatie gelden voor biomassavergassing, windenergie en PV kostprijzen van respectievelijk *f* 0,12-0,20, 0,18 en 1,50/kWh. Voor de toepassing van biomassa zijn er een aantal opties: vergassen in een stand-alone installatie, bijstoken of een bio-wkk. Hier is uitgegaan van een stand-alone installatie. In Tabel 15 zijn de meerkosten per vermeden ton CO<sub>2</sub> weergegeven.

Tabel 15 Meerkosten van duurzame elektriciteit

Optie	Eindverbruikerskosten [ <i>f</i> /ton CO <sub>2</sub> ]	
Windenergie, on-shore	280	Bron: optiedocument
Windenergie, off-shore	510	
Biomassacentrale, geïmporteerde biomassa	140	
PV	1450	

In het berekenen van de scenario's wordt alleen gebruik gemaakt van de optie groene stroom. De prijs van groene stroom is voor de industrie afhankelijk van de hoeveelheid die wordt afgenomen. Op basis van informatie van enkele industriële bedrijven wordt in dit onderzoek gerekend met een *meer*-prijs van *f* 0,06/kWh. In de meerprijs is het nihiltarief van de REB voor groene stroom meegenomen. Deze prijs is niet vergelijkbaar met bovengenoemde kosten van duurzame energie uit het Optiedocument omdat in de prijs van groene stroom subsidies en fiscale regelingen zijn meegenomen<sup>37</sup>.

De eindverbruikerskosten van groene stroom is berekend uitgaande van een CO<sub>2</sub>-emissie van 660 gram/kWh, en een meerprijs van *f* 0,06/kWh en een CO<sub>2</sub>-emissie van 0 voor de groene stroom.

<sup>35</sup> Meerjarenaafspraken energie-efficiency, resultaten 1999, Ministerie van Economische Zaken, 2000.

<sup>36</sup> Duurzame energie in opmars; actieprogramma 1997-2000, Ministerie van Economische Zaken.

<sup>37</sup> Bijvoorbeeld VAMIL, EIA, Groen beleggen, CO<sub>2</sub>-reductieplan)



### *Biogas*

Voor toepassingen waarin aardgas vervangen moet worden door een duurzame energiedrager kan biogas ingezet worden. Dit is gas dat afkomstig is uit biomassa, en heeft de eindverbruikerskosten van f 120/ton CO<sub>2</sub><sup>38</sup>.

### *Biobrandstoffen*

Voor het gebruik in vervoer kunnen biobrandstoffen ingezet worden. De mogelijkheden zijn dan deze brandstoffen te gebruiken als vervanging van de huidige brandstoffen of als bijmenging.

Het optiedocument geeft bio-ethanol en bio-methanol als biobrandstoffen. De kosten voor de eindgebruiker hiervan zijn weergegeven in Tabel 16.

Voor het gebruik van vrachtauto's wordt aangenomen dat hier de bio-ethanol ingezet gaat worden.

Een uitzondering wordt gemaakt voor schepen, waar een langere afschrijvingsduur geldt. Hier wordt aangenomen dat er Fischer Tropsch diesel ingezet wordt. De meerkosten voor de eindgebruiker bedragen f 300/ton CO<sub>2</sub><sup>39</sup>.

Tabel 16 Kosten van biobrandstoffen voor de eindverbruiker

	Eindverbruikerskosten [f/GJ]	Eindverbruikerskosten [f/ton CO <sub>2</sub> ]
Bio-ethanol	68-89	250-330
Bio-methanol	67-88	250-300
Fischer Tropsch diesel		300

Voor bio-ethanol en bio-methanol is de bron het Optiedocument voor Fischer Tropsch diesel de *Analyse en evaluatie van GAVE-ketens, Novem*.

### **A.3.3 Kostprijs van compensatie**

#### *Compensatie door bossen*

Emissies van CO<sub>2</sub> kunnen gecompenseerd worden door vastlegging in bossen. Het maakt voor de kosten een groot verschil waar de bossen gerealiseerd gaan worden. Hierbij spelen de grondprijs, recreatiewaarde en groeisnelheid, koolstofgehalte van de bomen en vorige bestemming van de grond een rol. Er is sprake van kostendifferentiatie binnen Nederland, randstad en het noorden, en internationaal.

De stichting FACE biedt gecertificeerde opslag van CO<sub>2</sub> in bossen aan voor 30 gulden per ton CO<sub>2</sub><sup>40</sup>. Het betreft hier bossen in zowel Nederland, Oost Europa als in de Tropen, respectievelijk 2%, 14% en 84%. We nemen in dit rapport een prijs van f 30,00 per ton<sup>41</sup>.

#### *Opslag van CO<sub>2</sub> in de bodem*

De prijs van opslag in de bodem is afhankelijk van vele factoren waaronder de locatie van opslag en plaats in de keten waar het CO<sub>2</sub> afgevangen wordt.

<sup>38</sup> Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen, ECN / RIVM, 1998.

<sup>39</sup> Analyse en evaluatie van GAVE-ketens, Novem, 1999.

<sup>40</sup> Mondelinge communicatie met de heer De Ligt, stichting FACE, 19 december 2000.

<sup>41</sup> Ook via het Nationaal Groenfonds kan CO<sub>2</sub> worden gecompenseerd door bosaanplant.

De richtprijs die in dit onderzoek wordt aangehouden is  $f$  45,00/ton CO<sub>2</sub> voor de CO<sub>2</sub>-opslag na afvangen bij grote industriële installaties<sup>42</sup>.

#### *Prijs van CO<sub>2</sub> bij verhandelbaarheid*

Een derde, nog theoretische, mogelijkheid voor de compensatie van CO<sub>2</sub>-emissies is het verhandelen ervan. De gedachte achter handel in CO<sub>2</sub>-emissierechten is dat op deze wijze CO<sub>2</sub>-emissies gereduceerd kunnen worden tegen de laagste maatschappelijke kosten. Immers, die bedrijven zullen maatregelen nemen die dit tegen lage kosten kunnen doen. Andere bedrijven, waarvoor de reductiekosten boven de handelsprijs liggen, zullen liever emissierechten kopen.

Hoewel de optie nog theoretisch is kan een schatting worden gemaakt van de prijs die zou gaan ontstaan bij een dergelijke verhandelbaarheid. De prijs van CO<sub>2</sub> op een dergelijke markt is sterk afhankelijk van de grootte en de plaats van een dergelijke markt. Bovendien verschillen de uitkomsten van de verschillende modellen die voor de berekening gebruikt worden aanzienlijk. We gaan in de berekeningen uit van  $f$  72,60/ton CO<sub>2</sub>, volgens het PRIMES Energy Systems Model<sup>43</sup>. Dit moet dus gezien worden als een arbitraire en met grote onzekerheid omgeven inschatting.

Tabel 17 Kostprijs van CO<sub>2</sub> bij bosaanplant, opslag en verhandelbaarheid zoals gehanteerd in dit rapport

	Prijs, [ $f$ /ton CO <sub>2</sub> ]
CO <sub>2</sub> -opslag in de bodem	45
Bosaanplant	30
CO <sub>2</sub> -prijs bij verhandelbaarheid	72,6

#### **A.4 Definitie en opzet van scenario's**

De emissies van CO<sub>2</sub> kunnen in het algemeen gereduceerd worden door middel van energiebesparende maatregelen, door inzet van duurzame energie of door compensatie.

In dit onderzoek worden de verschillende mogelijkheden gegroepeerd in scenario's. We onderscheiden drie verschillende scenario's: compensatie, duurzaam en efficiëntie. De maatregelen die op langere termijn geïmplementeerd kunnen worden zijn niet opgenomen in de scenario's maar beschreven in een aparte paragraaf. Van deze opties is het niet goed in te schatten wanneer de maatregelen ingevoerd kunnen worden en wat de kosten zullen worden per ton vermeden CO<sub>2</sub>.

De verschillende scenario's en de opties waaruit de scenario's zijn opgebouwd worden in de volgende paragrafen toegelicht. De kostprijs van de verschillende opties zijn toegelicht in paragraaf A.3.

Centraal staat in deze scenario's de *meer*kosten van gereduceerde, vermeden of gecompenseerde CO<sub>2</sub> uitgedrukt in  $f$ /ton CO<sub>2</sub>. In tabellen waar de meerprijs per kilogram product berekend wordt, zal de meerprijs ter wille van de leesbaarheid uitgedrukt worden in centen en grammen.

<sup>42</sup> Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen, ECN / RIVM, 1998.

<sup>43</sup> Capros, P., L. Mantzos, The economic effects of EU-wide industry-level emission trading to reduce greenhouse gases, National Technical University of Athens, 2000.





Voor de opties in onderstaande scenario's geldt dat er in realiteit slechts een bepaald potentieel inzetbaar is. De goedkoopste maatregelen zullen eerst benut worden. Bij behoefte aan een groter potentieel moeten duurdere varianten aangesproken worden. De potentiëlen en de kostprijzen van de opties zijn in dit onderzoek alleen globaal meegenomen. Met uitzondering van de efficiëntie maatregelen wordt aangenomen dat de CO<sub>2</sub> voor een eenduidige prijs gecompenseerd kan worden, en dat er voor die specifieke prijs voldoende potentieel aanwezig is. Voor efficiëntie maatregelen wordt aan de hand van ICARUS een inschatting gemaakt van het rendabel potentieel.

#### **A.4.1 Compensatie**

In dit scenario wordt de uitgestoten CO<sub>2</sub> feitelijk niet verminderd maar door opties die als CO<sub>2</sub>-'sink' dienen, gecompenseerd. De opties in dit scenario zijn de opslag in de bodem, opslag in bossen en verhandelbaarheid. Deze opties kunnen afzonderlijk de geëmitteerde CO<sub>2</sub> volledig compenseren tegen de kostprijs die in het overzicht in paragraaf A.3 gegeven is.

#### **A.4.2 Duurzaam**

In dit scenario worden alle toegevoerde energiedragers vervangen door energiedragers die CO<sub>2</sub>-neutraal zijn: groene stroom, biogas en FT-biodiesel<sup>44</sup>. Voor elke energiedrager wordt de duurzame equivalent ingezet tegen een kostprijs die in paragraaf A.3 gegeven is. De CO<sub>2</sub> die opgeslagen is in de producten vanwege het gebruik van fossiele brandstoffen als feedstock, wordt, waar dit relevant is, gecompenseerd door de aanplant van bos. Bij de berekening van de hoeveelheid CO<sub>2</sub> wordt gecorrigeerd voor de emissies, die vrijkomen tijdens de afvalverwerking en voor de uitgespaarde CO<sub>2</sub>-emissies door verbranding van de afvalstoffen voor energieopwekking.

#### **A.4.3 Efficiëntie**

Dit is het meest complexe scenario van de vier. Er wordt hier gekozen voor de inzet van rendabele energie-efficiëntie maatregelen in combinatie met compensatie door aanplant van bos.

Voor de energie-efficiëntie opties gaan we uit van de database ICARUS (1994), waarin per sector genoemd staat welke efficiëntie maatregelen mogelijk zijn op de korte termijn (van 1994 tot 2000) en op de langere termijn (tot 2015). Van de korte termijn maatregelen zijn tevens de kosten ingeschat, die vrijwel altijd negatief zijn: de maatregelen worden gezien als rendabel en leveren geld op. Het is algemeen bekend dat rendabele maatregelen in de praktijk niet altijd worden uitgevoerd, onder andere door de immateriële 'kosten' van tijdsinvestering, risico's van nieuwe technologieën, de kosten van implementatie, de bijscholing van personeel, etc.<sup>45</sup> Er zijn echter

---

<sup>44</sup> Voor de productie van FT-biodiesel wordt fossiele energie gebruikt (landbouwvoertuigen en verwerking van biomassa). Als zodanig is FT-biodiesel geen volledig duurzame optie. Wanneer we echter de reststoffen van biomassa meenemen (inzet voor elektriciteitsproductie of in een bio-WKK) is FT-biodiesel wel een CO<sub>2</sub>-neutrale optie.

<sup>45</sup> Deze kosten worden ook wel transactiekosten genoemd of aangeduid als imponderabilia. Zie onder andere Wit, G. de, e.a., 1998; Velthuisen, J.W., 1995; Swigchem, J. van, e.a., to be published in 2001.

geen reductiekostencurven beschikbaar die een overzicht geven van de werkelijke kosten.

In deze studie zijn we er daarom vanuit gegaan dat de rendabele maatregelen kostenneutraal kunnen worden uitgevoerd, dat wil zeggen: ze kosten geen geld, en leveren ook niets op. In realiteit zullen sommige wel rendabel zijn, andere zullen per saldo geld kosten vanwege andere kosten dan die van de investering en vanwege de risico's.

Voor de efficiëntiemaatregelen wordt een inschatting gemaakt van het besparingspotentieel met rendabele maatregelen. Immers, wanneer we een onbeperkt potentieel zouden veronderstellen, zouden alle CO<sub>2</sub>-emissies kostenloos kunnen worden vermeden, hetgeen niet reëel is. Op basis van ICARUS en zo mogelijk specifieke bronnen is voor de betreffende sectoren berekend hoeveel van de gebruikte energie bespaard kan worden door rendabele maatregelen. Er wordt vervolgens verondersteld dat hetzelfde besparingspercentage voor de sector gerealiseerd kan worden voor het betreffende product.

De overige CO<sub>2</sub>-emissies worden gecompenseerd door de goedkoopste optie: de aanplant van bos.



## B Luiers

Wegwerpluiers zijn een algemeen bekend consumentenproduct.

In paragraaf B.1 wordt het product nader gedefinieerd. Vervolgens wordt in paragraaf B.2 geschetst hoe de productieketen er globaal uitziet. In de paragrafen B.3 tot en met B.6 zal per fase uit de productieketen gekeken worden naar het energieverbruik en de emissie van CO<sub>2</sub>. In paragraaf B.7 worden de verschillende scenario's besproken.

De belangrijkste bron voor dit onderzoek is een rapport van Haskoning. Waar andere bronnen dan deze gebruikt wordt zal dit expliciet aangegeven worden. Opgemerkt dient te worden dat in de voorbeeld berekeningen gebruik is gemaakt van data van luiers en productieprocessen van rond 1990. De milieuverbeteringen en optimalisatie van processen sindsdien is hier niet meegenomen<sup>47</sup>.

### B.1 Productomschrijving

In deze studie wordt alleen gekeken naar de wegwerp broekluier en niet naar de alternatieven zoals de inlegluier of katoenen luier. Tabel 18 geeft de gemiddelde samenstelling van de wegwerpluiers.

Tabel 18 Gemiddelde samenstelling disposable broekluiers<sup>46,47</sup>

Component	Materiaal	Gewicht [gram/luier]	Gewichtsprocenten
<b>Toplaag</b>	Polypropyleen	3,9	7,0
<b>Tussenlaag</b>	Tissuepapier	1,9	3,4
		beide lagen!	beide lagen!
<b>Opslaglaag</b>	Fluff pulp	38,5	69,1
	Polyacrylaat	5,2	9,3
<b>Tussenlaag</b>	Tissuepapier	Zie boven	Zie boven
<b>Buitenlaag</b>	Polyethyleen	3,6	6,5
<b>Overig (elastiek, tape)</b>	Polyethyleen	2,6	4,7
<b>TOTAAL</b>		<b>55,7</b>	<b>100</b>

In de LCA-gegevens worden verschillende functionele eenheden gebruikt: per luier, per kilogram luier en per 'totaal gebruik van luiers per kind'. Wij gebruiken in deze studie de eenheid per kg luier<sup>48</sup>.

<sup>46</sup> Huizinga, K., F.A. de Boer, J.M.A. van de Velde, *Nader onderzoek milieukeur luiers*, Haskoning, 1993.

<sup>47</sup> Het gewicht van de gemiddelde disposable broekluier is op dit moment bijvoorbeeld 46 gram versus 55,6 gram volgens de bron die gebruikt is in dit onderzoek. Dit is 17% vermindering van grondstoffen per luier.

<sup>48</sup> Hierbij wordt aangenomen dat in de luierperiode in totaal 3924 luiers verbruikt worden per baby over de gehele luierfase. Per luier is het totaal gewicht 55,7 gram, voor alle luiers tezamen is dit 218,6 kg.

## B.2 Productieketen

Het deel van de keten dat in dit onderzoek wordt beschouwd, bestrijkt de grondstofwinning, productie van de materialen en de productie van de luier zelf. De hele productieketen kan worden opgedeeld in drie fases: de productie van grondstoffen, het vervoer van de grondstoffen naar de fabriek en de fabricage van de luiers zelf.

Bovendien kunnen de grondstoffen ingedeeld worden in twee categorieën: ten eerste het fluff pulp en het tissuepapier en ten tweede de kunststoffen. Deze categorieën zullen hieronder besproken worden.

### *Fluff pulp*

De belangrijkste grondstof, het fluff pulp, wordt gemaakt in Europese fabrieken, twee in Zweden en één in Frankrijk. Het hout dat hiervoor benodigd is komt uit Zweden en Frankrijk. Hout en chemicaliën worden naar de pulpfabriek vervoerd waar er vervolgens pulp van gemaakt wordt. Het pulp wordt vervolgens naar de luierfabriek vervoerd.

### *Kunststoffen*

Het poly-acrylaat wordt hoofdzakelijk geproduceerd in Duitsland. De kunststoffen polypropreen en polyetheen worden gemaakt in de petrochemische industrie, op diverse locaties.

Zowel de pulp als de kunststoffen moeten na productie worden vervoerd naar de luierfabriek. In de luierfabriek wordt in een volledig droog proces de eigenlijke luiers geproduceerd en verpakt.

## B.3 CO<sub>2</sub>emissies als gevolg van de productie van grondstoffen

In deze paragraaf zal de eerste fase in de productieketen bekeken worden: de productie van de materialen. Ook hier zal onderscheid gemaakt worden in de productie van pulp en tissuepapier en de productie van de kunststoffen. De paragraaf sluit af met een overzicht van de getallen en conclusies.

### B.3.1 Pulp en tissuepapier

#### *Energie*

Het fluff heeft een energie-inhoud van 36 MJ per kilogram pulp. Deze waarde is als volgt opgebouwd:

- 34,3 MJ voor de energie-inhoud van de 2,2 kg hout per kg pulp;
- 0,4 MJ voor het zagen van het hout per kilogram pulp;
- 0,2 MJ voor het transport van het hout naar de pulpfabriek per kilogram pulp;
- 1,1 MJ voor de productie en transport van chemicaliën per kilogram pulp.

Hierbij geldt dat de pulpfabrieken netto geen energiedragers behalve hout inkopen<sup>49</sup>. De gebruikte energie is dus duurzame energie.

<sup>49</sup> Huizinga, K., F.A. de Boer, J.M.A. van de Velde, *Nader onderzoek milieukeur luiers*, Has-koning, 1993.

### *CO<sub>2</sub>-emissies*

Een complicerend aspect aan de productie van luiers is dat een belangrijke grondstoffen hout is. Hout onttrekt CO<sub>2</sub> aan de lucht en fungeert als 'sink'. Zoals uiteengezet bij de bespreking van de methodiek (Hoofdstuk 3 van het hoofdrapport) wordt de CO<sub>2</sub>-emissie die een gevolg is van het gebruik van fossiele energie als feedstock, over de gehele productieketen berekend. Aangenomen wordt dat de netto productie van CO<sub>2</sub> gerelateerd aan het materiaal pulp nul is. Dit wil zeggen dat de sommatie over de verschillende levensfasen zoals de houtproductie, de productie van pulp en afvalverwerking uiteindelijk CO<sub>2</sub>-neutraal is.

## **B.3.2 Kunststoffen**

### *Energie*

De kunststoffen betreffen hier het polyacrylaat, het polyethleen en het polypropyeen. Voor polypropyleen en polyethyleen geldt een energie-inhoud van ongeveer 77 MJ/kg plastic, voor polyacrylaat is dit ongeveer 110 MJ/kg plastic.

### *CO<sub>2</sub>-emissies*

Voor de berekening van de CO<sub>2</sub>-emissies gaan we uit van de getallen voor de verschillende soorten plastics zoals die in bijlage A zijn weergegeven. Op basis van de samenstelling van luiers is een gewichtsgewogen gemiddelde berekend.

De totale gewichtsgewogen CO<sub>2</sub>-emissies bedragen 4.800 gram CO<sub>2</sub>/kg plastic. Hiervan is 1.650 gram een gevolg van het gebruik van energie als feedstock (intrinsieke energie) en 3.150 gram een gevolg van de toevoeging van energie in het productieproces van plastics.

## **B.3.3 Conclusie productie van grondstoffen**

Samenvattend gaan we voor de productie van kunststoffen uit van het energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-emissies zoals die staan weergegeven Tabel 19. De omrekening van de getallen 'per kg grondstof' naar 'per kilogram luier' is geschied op basis van de tabel in paragraaf B.1, waar de kunststoffen een gewichtspercentage beslaan van 27,5% en de pulp & tissuepapier 72,5%.

Tabel 19 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van de productie van grondstoffen

	Energieverbruik [MJ/kg grondstof]	Energieverbruik [MJ/kg luier]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram/kg grond- stof]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram/kg luier]
Pulp & Tissuepapier	36	26.1	0	0
Kunststoffen, toegevoerde energie	77 resp. 110		3.150	866
Kunststoffen, intrinsieke ener- gie	-		1.650	454
<b>Totaal</b>			<b>4.800</b>	<b>1.320</b>

## B.4 CO<sub>2</sub>-emissies van vervoer van grondstoffen naar de fabriek

De grondstoffen moeten na productie naar de fabriek worden vervoerd waar de luiers geproduceerd worden. In deze paragraaf wordt onderscheid gemaakt tussen het vervoer van de pulp en het tissuepapier enerzijds en het vervoer van de kunststoffen anderzijds.

### B.4.1 Pulp en tissuepapier

#### *Energie*

Er wordt 160 kg pulp vervoerd per baby over de gehele luiersfase van pulpfabriek naar luiersfabriek. Er moet per kilogram luiers 0.732 kilogram pulp worden vervoerd. Dit gebeurt over een afstand van 1.500 kilometer per boot, en 500 kilometer per vrachtauto. Voor de boot wordt aangenomen dat er een retourvracht is, voor de vrachtwagen geldt dat de retourkilometers meetellen in de berekening<sup>50</sup>.

De benodigde energie per kilogram luiers is dus:

$$\begin{aligned} 0.732 \cdot 10^{-3} \text{ ton} \cdot 1.500 \text{ km} \cdot 0,11 \text{ MJ/ton-kilometer} &= \\ 0,12 \text{ MJ per kg luiers voor het vervoer per boot en} & \\ 0.732 \cdot 10^{-3} \text{ ton} \cdot 2 \cdot 500 \text{ km} \cdot 2 \text{ MJ/ ton-kilometer.} &= \\ 1,46 \text{ MJ per kilogram luiers voor het vervoer per vrachtauto.} & \end{aligned}$$

Voor boot- en vrachtautovervoer tezamen is dit 1.58 MJ.

#### *CO<sub>2</sub>-emissies*

Voor het vervoer per vrachtauto geldt een CO<sub>2</sub> uitstoot van 73 gram per MJ. De CO<sub>2</sub> uitstoot bij het vervoer per schip is door de zwaardere olie iets groter: 75 gram CO<sub>2</sub> per MJ. Uitgaande van de energieberekeningen is de CO<sub>2</sub>-uitstoot door vervoer  $75 \cdot 0,12 + 73 \cdot 1,46 = 116$  gram CO<sub>2</sub> per kilogram luiers.

### B.4.2 Kunststoffen

#### *Energie*

Er wordt 50 kg kunststof vervoerd per 218,57 kg verbruikte luiers, dat is 0,229 kg kunststof per kilogram luiers. Dit gebeurt per vrachtwagen over een afstand van 500 kilometer. Het energieverbruik is dus:  $0,229 \cdot 10^{-3} \text{ ton} \cdot 2 \cdot 500 \cdot 2 = 0,458$  MJ/ kilogram luiers.

#### *CO<sub>2</sub>-emissies*

In bijlage A is berekend wat de CO<sub>2</sub>-uitstoot is bij het vervoer: 73 gram CO<sub>2</sub>/MJ. Voor het vervoer van kunststoffen komt dit neer op 33 gram CO<sub>2</sub> per kilogram luiers.

### B.4.3 Conclusie vervoer grondstoffen

Samenvattend is het energieverbruik en de CO<sub>2</sub>-emissies van al het vervoer tezamen weergegeven in Tabel 20.

<sup>50</sup> Zie bijlage A voor de discussie over de aannames inzake vervoer.

Tabel 20 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van het vervoer van grondstoffen

	Energieverbruik [MJ/kg luier]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram/kg luier]
Pulp & Tissuepapier	1,58	116
Kunststoffen	0,46	33
Totaal	2,03	149

## B.5 CO<sub>2</sub>-emissies van fabricage van luiers

### Energie

Per luier wordt hier 0,03 kWh<sub>electr</sub> ingezet. Dit is 0,54 kWh<sub>electr</sub> per kilogram luier, dat is 1,94 MJ<sub>elektrisch</sub> per kilogram luier.

### CO<sub>2</sub>-emissies

Bij de inzet van deze hoeveelheid elektrisch vermogen wordt 660 gram/kWh\*0,54 kWh = 356,4 gram CO<sub>2</sub> per kilogram luier geëmitteerd.

### B.5.1 Conclusie fabricage van luiers

De samenvatting van de gegevens over deze schakel in de productieketen is weergegeven in Tabel 21.

Tabel 21 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van de productie van luiers

	Energieverbruik [MJ <sub>elektrisch</sub> /kg luier]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram/luier]
Fabricage van luiers	1,94	356

## B.6 Eindconclusie energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies in de productieketen

Tabel 22 geeft een overzicht van het energiegebruik en de CO<sub>2</sub>-emissies in de verschillende fases in de productieketen. Tevens is de procentuele bijdrage van de fases aan de emissies berekend.

Tabel 22 Energiegebruik en CO<sub>2</sub>-emissies in de verschillende fases van de productie van luiers

		Energieverbruik [MJ/kg luier]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram/kg luier]	CO <sub>2</sub> -emissies [%]
Productie van grondstoffen	Pulp & Tissuepapier	26,1	0	0
	Kunststoffen, intrinsieke energie		454	25
	Kunststoffen, toegevoerde energie		866	47
Vervoer van grondstoffen	Pulp & Tissuepapier	1,58	116	6
	Kunststoffen	0,46	33	2
Fabricage van luiers		1,94	356	20
<b>Totaal</b>			<b>1825</b>	<b>100</b>

De conclusie die uit Tabel 22 getrokken kan worden is dat de grootste CO<sub>2</sub>-emissies zich bevinden in de productie van de kunststoffen, met de toegevoerde energie (47%), de eigenlijke fabricage van de luiers (20%) en de intrinsieke energie-inhoud (25%).

## **B.7 Scenario's voor beperking of compensatie van CO<sub>2</sub>-emissies**

Uit de vorige paragrafen is gebleken dat er in verschillende schakels in de productieketen CO<sub>2</sub>-emissies plaatsvinden. In deze paragraaf zal nagegaan worden hoe dit te vermijden is, door inzet van duurzame energie, door efficiënter energiegebruik of door compensatie van CO<sub>2</sub>. De potentiële opties zijn ingedeeld in verschillende scenario's zoals besproken in paragraaf A.4.

In de volgende vier subparagrafen zullen de vier scenario's uitgewerkt worden en de meerprijs per kilogram luiers berekend worden.

### **B.7.1 Scenario 1: Compensatie**

In dit scenario wordt gekeken naar de meerprijs door compensatie van de CO<sub>2</sub>-emissies die ontstaan in de keten. In Tabel 23 zijn in de bovenste helft zowel de cumulatieve emissies als de absolute CO<sub>2</sub>-emissies weergegeven van de fases uit de productieketen die de belangrijkste bijdrage leveren aan de CO<sub>2</sub>-emissies. Cumulatief beslaat het deel van de keten dat hier beschouwd wordt 92% van de totale CO<sub>2</sub>-emissies.

Per optie geeft Tabel 23 voor elk van de fases in de keten weer welk deel van de CO<sub>2</sub> wordt gecompenseerd door de betreffende optie. De fases zijn aangegeven in rijen, in onderstaande tabel worden drie fases bekeken. In drie kolommen worden achtereenvolgens de opties opslag in de bodem, opslag door de aanleg van bossen en de verhandelbaarheid bekeken. Per optie is steeds per fase aangegeven hoeveel gram CO<sub>2</sub> er door de betreffende optie wordt opgeslagen of gecompenseerd (linksboven in elke cel). Ook is hier aangegeven wat de kosten zijn van de maatregel, uitgedrukt in centen (rechtsonder in elke cel).

Onder aan de kolommen is steeds uitgerekend wat de totalen zijn.



Tabel 23 Scenario 1: compensatie door respectievelijk opslag, bosaanplant en handel in CO<sub>2</sub> in de productieketen van luiers

	Cumulatieve CO <sub>2</sub> -emissies	absolute CO <sub>2</sub> -emissies gram / kg luiers
productie van kunststoffen, toegevoerd en intrinsiek	47%	866,0
productie van kunststoffen intrinsiek	72%	454,0
fabricage van luiers	92%	356,0
<b>totaal</b>	<b>92%</b>	<b>1.676,0</b>

		Opslag Grammen <i>ct</i>	bos Grammen <i>ct</i>	Handel Grammen <i>Ct</i>
productie van kunststoffen	CO <sub>2</sub> -besparing	866,0	866,0	866,0
	Kosten	3,9	2,6	6,3
productie van kunststoffen intrinsiek	CO <sub>2</sub> -besparing	454,0	454,0	454,0
	Kosten	2,0	1,3	3,3
fabricage van luiers	CO <sub>2</sub> -besparing	356,0	356,0	356,0
	Kosten	1,6	1,1	2,6
<b>totaal</b>	<b>totaal CO<sub>2</sub></b>	<b>1.676,0</b>	<b>1.676,0</b>	<b>1.676,0</b>
	<b>totaal kosten</b>	<b>7,5</b>	<b>5,0</b>	<b>12,2</b>

Tabel 23 maakt het mogelijk de verschillende opties in dit scenario te vergelijken. Het goedkoopst is de opslag in bossen, voor 5 cent per kilogram luiers kan het CO<sub>2</sub> opgeslagen worden in bos. Opslag in de bodem is iets duurder: 7,5 cent per kilogram luiers. Het duurst is de derde optie, verhandelbaarheid, ongeveer 12 cent per kilogram luiers.

### B.7.2 Scenario 2: Duurzaam

In dit scenario wordt in de verschillende schakels van de keten de energiedrager vervangen door een energiedrager die CO<sub>2</sub>-neutraal is. In het hier beschouwde deel van de keten komt zowel gas, elektriciteit als diesel voor. Deze opties zijn aangegeven in de kolommen in het onderste gedeelte van de Tabel 24. De tabel geeft voor deze energiedragers weer hoeveel CO<sub>2</sub> vervangen wordt door de duurzame variant en wat de kosten zijn (per productiefase) per optie. De fases zijn aangegeven per rij. Van de totale productieketen worden hier alleen de fases met de grootste bijdragen bekeken: de productie van kunststoffen, de fabricage van luiers en het vervoer van pulp en tissuepapier.

De meerkosten van het gebruik van duurzame energiedragers (per kilogram CO<sub>2</sub>) zijn toegelicht in paragraaf A.3, in Tabel 24 zijn deze kosten omgerekend naar de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die in de betreffende fase wordt vermeden. De totale meerkosten per energiedrager zijn aangegeven onder aan de betreffende kolom.

De CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van het gebruik van energie als grondstof worden niet vermeden door de inzet van duurzame energie: hier zou de inzet van andere grondstoffen op zijn plaats zijn. Omdat dit geen optie is voor de korte termijn, wordt verondersteld dat deze CO<sub>2</sub>-emissies worden gecompenseerd door bosaanplant.

De totale absolute meerkosten door de inzet van biogas en groene elektriciteit zijn afhankelijk van zowel de mix tussen gas en elektriciteit als van het kostenverschil tussen groen gas en groene elektriciteit. Er is in de berekeningen in de tabel voor de productie van kunststof uitgegaan van de aanname dat de CO<sub>2</sub>-emissies voor de helft voor rekening komen van de inzet van gas als energiedrager en voor de andere helft van elektriciteit als energiedrager. Hoewel deze verhouding verschilt per product en per productieproces is dit een bruikbare eerste schatting<sup>51</sup>. Omdat de meerkosten per vermeden hoeveelheid CO<sub>2</sub> niet veel verschillen tussen gas en elektriciteit, is de uiteindelijke totale meerprijs niet gevoelig voor variaties in deze aanname.

Tabel 24 Scenario 2: Duurzaam: inzet van groene stroom, biogas en FT-biodiesel

	cumulatieve CO <sub>2</sub> -emissies	absolute CO <sub>2</sub> -emissies gram / kg luier
productie van kunststoffen	47%	866,0
productie van kunststoffen intrinsiek	72%	454,0
fabricage van luiers	92%	356,0
<b>totaal</b>	<b>92%</b>	<b>1.676,0</b>

		gas grammen ct	elektra grammen ct	diesel grammen ct	totaal gas en elektra diesel
productie van kunststoffen	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	433,0 5,2	433,0 3,9	0 0	<b>866,0</b> <b>9,1</b>
productie van kunststoffen intrinsiek.	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	0,0 0,0	0,0 0,0	454,0 1,4	<b>454,0</b> <b>1,4</b>
fabricage van luiers	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	0,0 0,0	356,0 3,3	0,0 0,0	<b>356,0</b> <b>3,3</b>
<b>totaal</b>	<b>totaal CO<sub>2</sub></b>	<b>433,0</b>	<b>789,0</b>	<b>454,0</b>	<b>1.676,0</b>
	<b>totaal kosten</b>	<b>5,2</b>	<b>7,2</b>	<b>1,4</b>	<b>13,7</b>

Tabel 24 laat zien dat de totale meerkosten voor de vermeden 92% in de CO<sub>2</sub>-emissies ruim 13 cent per kilogram luier bedragen.

### B.7.3 Scenario 3: Efficiëntie

In dit scenario worden energie-efficiëntie opties ingezet in combinatie met compenseren door bosaanplant. De efficiëntieverbeteringen in de productie van de kunststoffen zijn kostenneutraal (*f* 0,00 per ton CO<sub>2</sub>), en hebben een potentieel van 25% voor het gedeelte van de keten waarin de productie van de kunststoffen plaats vindt (dit is 216,5 gram CO<sub>2</sub>)<sup>52</sup>. Het resterende deel, alsmede ander fases is de keten waarvoor geen efficiëntieverbeteringen worden verondersteld, worden gecompenseerd met de aanplant van bos, tegen kosten van *f* 30,00/ton CO<sub>2</sub>.

<sup>51</sup> Boustead, I., *Eco-profiles of plastics and related intermediates*, APME, 1999.

<sup>52</sup> Zie paragraaf A.3.

De resultaten van deze efficiëntie worden gegeven in Tabel 25. In de tabel is per fase, per optie aangegeven hoeveel CO<sub>2</sub> er bespaard of gecompenseerd wordt in grammen CO<sub>2</sub>. Ook is steeds aangegeven welke kosten hiermee gemoeid zijn, uitgedrukt in centen. Onder aan de kolommen zijn de totalen per optie aangegeven.

Tabel 25 Scenario 3: Energie-efficiëntie maatregelen en compensatie voor de productie van luiers

	cumulatieve CO <sub>2</sub> -emissies	absolute CO <sub>2</sub> -emissies gram / kg luier
productie van kunststoffen	47%	866,0
productie van kunststoffen intrinsiek	72%	454,0
fabricage van luiers	92%	356,0
<b>totaal</b>	<b>92%</b>	<b>1.676,0</b>

		efficiëntie grammen	Bos Grammen	totaal over alle opties
		ct	f	
productie van kunststoffen	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	216,5 0,0	649,5 1,9	<b>866,0</b> <b>1,9</b>
productie van kunststoffen intrinsiek	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	0,0 0,0	454,0 1,4	<b>454,0</b> <b>1,4</b>
fabrikage van luiers	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	0,0 0,0	356,0 1,1	<b>356,0</b> <b>1,1</b>
<b>totaal</b>	<b>totaal CO<sub>2</sub></b>	<b>216,5</b>	<b>1.459,5</b>	<b>1.676,0</b>
	<b>totaal kosten</b>	<b>0,0</b>	<b>4,4</b>	<b>4,4</b>

Dit scenario heeft de laagste kosten van alle scenario's die in dit onderzoek bekeken worden, de meerkosten zijn 4,4 cent per kilogram luier.

#### B.7.4 Lange termijn maatregelen

Een aantal maatregelen die genomen zouden kunnen worden in de keten van de productie van luiers komen pas in aanmerking op de langere termijn, en zijn niet opgenomen in bovenstaande scenario's. Voor de productie van luiers zouden de kunststoffen, die een groot CO<sub>2</sub>-aandeel hebben in de keten, vervangen kunnen worden door andere materialen.

Ook is te overwegen de eigenlijk productie van luiers te verplaatsen naar de plaats van de productie van een van de grondstoffen. Door een degelijke maatregel zou het vervoer van een van de grondstoffen vermeden kunnen worden, en daarmee de uitstoot van CO<sub>2</sub> die hiermee gemoeid is. Het is echter niet op voorhand zeker of dit veel voordeel oplevert omdat (1) het vervoer slechts een relatief kleine bijdrage is in de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot en (2) het onzeker is of er netto sprake is van een substantieel verminderd transport van grondstoffen en luiers tot het moment dat deze bij de groot- of detailhandel zijn.

Het is in dit stadium niet mogelijk in te schatten wanneer het opportuun is deze maatregelen in te voeren, of wat de uiteindelijke kosten zullen zijn.



## C Koffie

Koffie heeft door het vervoer over grote afstanden en het branden een sterke energieassociatie.

### C.1 Productomschrijving

In deze studie wordt gekeken naar gebrande en gemalen koffie die niet cafeïne vrij is gemaakt, Decafee en oploskoffie worden dus niet meegenomen in de studie; deze soorten eindproduct beslaan een klein gedeelte van de markt: respectievelijk 6% en 7%.

### C.2 Productieketen

De eerste stap in de productie van koffie is de teelt van bonen. Deze teelt geschiedt zowel op kleinere schaal bij boeren als op grote plantages. Er zijn twee teelt methodes: schaduwteelt en niet-schaduwteelt. Bij de eerste methode wordt er een 'dak' van bomen aangeplant, die schaduw levert aan de koffieplanten en een vermindering van de monocultuur tot gevolg heeft. Bij de tweede methode gaat het om koffieplanten die gedijen in direct zonlicht, en per hectare meer opbrengst leveren. Na het plukken worden de bonen verder bewerkt, met als doel de bonen te scheiden van de pulp, de gom en de hoornschil.

Het verwerken gebeurt in een droog of in een nat proces, voor respectievelijk 60% en 40% van de wereld productie. In het droge proces wordt er geen water verbruikt en de bonen worden in deze stap veelal in de zon gedroogd. Hierna vindt het pellen en het sorteren plaats. In het natte proces wordt nog onderscheid gemaakt tussen de traditionele methode en een nieuw ontwikkelde methode. De laatste heeft een aanzienlijk geringer waterverbruik dan de traditionele methode. De verschillen tussen deze processen zijn het grootst op het gebied van het watergebruik, en minder op het energieverbruik en zullen dus niet verder uitgediept worden in dit onderzoek.

In de droogstappen komen in het algemeen zowel natuurlijke droging (droging in de zon), als drogen in ovens voor. Kunstmatig drogen verkort de droogtijd van aan aantal dagen naar 24-36 uur, is minder afhankelijk van variaties in het weer en geeft minder ruimtebeslag. De veelal oude ovens worden gestookt met zowel fossiele als hernieuwbare brandstoffen en hebben een lage efficiëntie. De fossiel gestookte ovens hebben daardoor een relatief hoge CO<sub>2</sub>-uitstoot.

De koffie wordt hierna met behulp van trucks of, in mindere mate, treinen in zakken of bulkcontainers vervoerd naar de haven voor export. Vervoer naar de consumerende landen vindt plaats per boot. In het land van bestemming wordt de koffie vervoerd per truck of boot naar pakhuizen en branderijen.

De branderijen melangeren, branden, malen en verpakken de koffie. Voor het branden van koffie wordt fossiele brandstof gebruikt.

Koffie slaat tijdens de groei CO<sub>2</sub> op uit de lucht. Tijdens het bewerken van de koffiebonen wordt het organisch materiaal dat van de bonen gescheiden wordt, gecomposteerd of verbrand. Hierbij komt de hierin opgeslagen CO<sub>2</sub> weer vrij. In deze studie wordt deze opslag en emissie als CO<sub>2</sub>-neutraal beschouwd en niet expliciet meegenomen in de berekeningen.

De consumptie van koffie heeft door het verwarmen van het water een relatief groot aandeel in de CO<sub>2</sub>-emissies van de totale keten. In dit onderzoek waarbij we alleen kijken naar de producten af-fabriek wordt hier niet naar gekeken.

### C.3 CO<sub>2</sub>-emissies als gevolg van teelt van koffie

#### *Energie*

Er wordt voor de teelt en het bewerken van koffie fossiele energie gebruikt. Aan fossiele energie wordt bij het telen en verwerking van koffie 0,77 MJ/kg gebrande koffie verbruikt<sup>53</sup>.

Daar komt bij de energie die het gevolg is van het gebruik van kunstmeststoffen en pesticiden, deze energie bedraagt 7 MJ/kg koffie<sup>54</sup>.

#### *CO<sub>2</sub>-emissie*

De fossiele energie die verbruikt wordt bij het telen van koffie wordt grotendeels verbruikt door groot materieel. Als we uitgaan van een CO<sub>2</sub>-emissie voor zwaar materieel (73 gram CO<sub>2</sub> per verbruikte MJ) dan wordt in dit deel van de keten een emissie veroorzaakt van 56 gram CO<sub>2</sub>/kg gebrande koffie.

De emissies die gerelateerd zijn aan de kunstmeststoffen en pesticiden bedragen 560 gram CO<sub>2</sub>/kg koffie. Dit is gebaseerd op een emissie van 80 gram CO<sub>2</sub>/kg hulpstof. Deze getallen worden toegelicht in Bijlage A, Tabel 13.

#### C.3.1 Conclusie teelt van koffie

Tabel 26 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van de teelt van koffie

	Energieverbruik [MJ/kg koffie]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram CO <sub>2</sub> /kg koffie]
Teelt van koffie	0,8	56
Kunstmeststoffen / insecticiden	7	560

### C.4 CO<sub>2</sub>-emissies tijdens het vervoer van koffie

De grootste afstand van vervoer is van het producerende land naar het consumerende land, hiervoor wordt een richtafstand van 11.000 km aangehouden. Het vervoer van de Rotterdamse haven naar de branderijen wordt dan verwaarloosd.

#### *Energie*

Voor het vervoer van de ruwe koffie wordt er 1,75 MJ per kg koffie verbruikt<sup>55</sup>, door het vervoer van de koffie in schepen.

<sup>53</sup> IFAM, Frauenhofen Gesellschaft ILV, 1996.

<sup>54</sup> IFAM, Frauenhofen Gesellschaft ILV, 1996.

<sup>55</sup> IFAM, Frauenhofen Gesellschaft ILV, 1996.



### CO<sub>2</sub>-emissie

De CO<sub>2</sub>-emissies van vervoer per zeeschip is ongeveer 75 gram CO<sub>2</sub> per MJ, wat neerkomt op een emissie van 131 gram CO<sub>2</sub> per kg koffie.

#### C.4.1 Conclusie vervoer van koffie

In Tabel 27 staat een overzicht van het energiegebruik en de CO<sub>2</sub>-emissies tijdens het vervoer van koffie van het land van teelt naar de branderijen.

Tabel 27 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies ten gevolge van vervoer van koffie

	Energieverbruik [MJ/kg koffie]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram CO <sub>2</sub> /kg koffie]
Vervoer	1,75	131

#### C.5 CO<sub>2</sub>-emissies van het branden en melangeren van koffie

De laatste fase van de keten die we in het onderzoek beschouwen is het branden en melangeren van koffie. De belangrijkste energiebijdrage gaat zitten in het branden. Hiervoor wordt voornamelijk gas gebruikt.

##### Energie

Er zijn een beperkt aantal bronnen beschikbaar met gegevens over het energiegebruik, het gaat hier om informatie van enkele individuele bedrijven. Gemiddeld wordt 2 MJ/kg koffie verbruikt voor het branden in de vorm van gas. Daarnaast is er sprake van elektriciteitsverbruik van ongeveer 0,3 MJ<sub>elektrisch</sub>/kg, volgens de informatie verstrekt door de bedrijven.

##### CO<sub>2</sub>-emissie

Bij het gebruik van aardgas wordt 56 gram per MJ geëmitteerd. Bij het gebruik van elektriciteit is dit 183 gram per MJ<sub>elektrisch</sub>. In totaal wordt er bij het branden en melangeren  $2 \cdot 56 + 183 \cdot 0,3 = 167$  gram CO<sub>2</sub> geëmitteerd per kilogram koffie.

#### C.5.1 Conclusie voor het branden en melangeren van koffie

In de onderstaande tabel geeft het overzicht van het energiegebruik in deze fase van de productie van koffie.

Tabel 28 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies in de fase van branden en melangeren

		Energieverbruik [MJ/kg koffie]	CO <sub>2</sub> -emissies [gram CO <sub>2</sub> /kg koffie]
Branden en melangeren	Gas	2	112
	elektriciteit	0,3	55
<b>Totaal</b>		<b>2,3</b>	<b>167</b>

#### C.6 Eindconclusie energiegebruik en CO<sub>2</sub>-emissie van koffie

In de bovenstaande paragrafen is het energiegebruik en de CO<sub>2</sub>-emissies weergegeven van alle fases in de productie van koffie. In Tabel 29 staat een overzicht.

Tabel 29 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies in de verschillende fases van de productie van koffie

		Energieverbruik [MJ/kg koffie]	CO <sub>2</sub> -emissie [gram CO <sub>2</sub> /kg koffie]	CO <sub>2</sub> -emissie [%]
Teelt	Teelt van koffie	0,8	56	7
	Kunstmeststof- fen / insecticiden	7	560	61
Vervoer		1,75	131	14
Branden en melangeren	Gas	2	112	12
	elektriciteit	0,3	55	6
Totaal		11,9	914	100

Tabel 29 laat zien dat de grootste bijdragen in de CO<sub>2</sub>-emissies betrekking hebben op de bij de teelt gebruikte kunstmeststoffen en insecticiden (61%), het vervoer van de koffiebonen van het land van de teelt naar het land waar de koffie gebrand wordt (14%) en het branden van de koffie (18%).

## C.7 Scenario's voor beperking of compensatie van CO<sub>2</sub>-emissies

CO<sub>2</sub> wordt geëmitteerd bij de verschillende energievragen in de productie van koffie. In deze paragraaf wordt gekeken aan de hand van scenario's wat de meerprijs wordt van de prijs affabriek bij toepassing van de verschillende opties.

### C.7.1 Scenario 1: Compensatie

Bij het scenario compensatie wordt de CO<sub>2</sub>-uitstoot gecompenseerd door de inzet van opslag in de bodem, de aanplant van bos of via handel in CO<sub>2</sub>. Tabel 30 geeft voor de teelt, het vervoer en de verwerking van koffie de absolute CO<sub>2</sub>-emissies in gram CO<sub>2</sub> per kilogram koffie. De verschillende fases in de productie zijn aangegeven in rijen, de drie verschillende opties zijn aangegeven in de drie kolommen in het onderste gedeelte van de tabel.

Voor de drie opties in dit scenario wordt voor elke fase in de koffieproductie aangegeven hoeveel CO<sub>2</sub> er gecompenseerd wordt en wat de meerkosten zijn. Onder aan de kolommen zijn de totalen voor de betreffende productie-fase weergegeven, uitgedrukt in grammen CO<sub>2</sub> per kilogram koffie en in centen meerkosten.



Tabel 30 Scenario 1: compensatie door respectievelijk opslag, bosaanplant en handel in CO<sub>2</sub>

	cumulatieve CO <sub>2</sub> -emissies	absolute CO <sub>2</sub> -emissies gram / kg koffie
teelt: kunstmest / insecticide	61%	560,0
vervoer	75%	131,0
Branden en melangeren: gasverbruik	87%	112,0
<b>Totaal</b>	<b>87%</b>	<b>803,0</b>

		opslag grammen ct	bos grammen ct	handel grammen ct
teelt: kunstmest / insecticide	CO <sub>2</sub> -besparing	560,0	560,0	560,0
	kosten	2,5	1,7	4,1
vervoer	CO <sub>2</sub> -besparing	131,0	131,0	131,0
	kosten	0,6	0,4	1,0
Branden en me- langeren: gasverbruik	CO <sub>2</sub> -besparing	112,0	112,0	112,0
	kosten	0,5	0,3	0,8
<b>Totaal</b>	<b>Totaal CO<sub>2</sub></b>	<b>803,0</b>	<b>803,0</b>	<b>803,0</b>
	<b>Totaal kosten</b>	<b>3,6</b>	<b>2,4</b>	<b>5,8</b>

In de scenarioberekeningen zijn voor de teeltfase alleen de kunstmest en insecticiden meegenomen. De overige emissies in de teeltfase zijn niet meegenomen. Bij de verwerking van koffie is alleen het gasverbruik meegenomen. Het elektriciteitsverbruik bij de verwerking, welke verantwoordelijk is voor 3% van de CO<sub>2</sub>-emissies, is niet meegenomen.

Opslag in bossen is het goedkoopst: 2,4 cent per kilogram koffie. Het duurst is compensatie door de handel, bijna 6 cent per kilogram koffie. De prijs die betaald wordt bij CO<sub>2</sub>-opslag in de bodem is hoger dan bij compensatie door bosaanplant, maar nog altijd lager dan de prijs bij handelbaarheid.

### C.7.2 Scenario 2: Duurzaam

In het scenario 'duurzaam' zijn de opties zowel gas, elektra als diesel. De dieseloctie wordt ingezet bij het aandeel vervoer dat zich in de keten bevindt. Tabel 31 geeft voor elke fase aan welke hoeveelheid CO<sub>2</sub> vermeden wordt door inzet van de verschillende opties in dit scenario. Voor de fase van de verwerking van de koffie is alleen het gasverbruik meegenomen. Ook hier is bij de teeltfase alleen de insecticiden en kunstmeststoffen meegenomen.

Tabel 31 Scenario 2: duurzaam: inzet van biogas, groene stroom en FT-biodiesel

	cumulatieve CO <sub>2</sub> -emissies	absolute CO <sub>2</sub> -emissies gram / kg koffie
teelt: kunstmest / insecticide	61%	560,0
vervoer	75%	131,0
verwerking	87%	112,0
<b>Totaal</b>	<b>87%</b>	<b>803,0</b>

		gas grammen ct	elektra grammen ct	diesel grammen ct	totaal
teelt: kunstmest / insecticide	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	280,0 3,4	280,0 2,5	0,0 0,0	<b>560,0</b> <b>5,9</b>
vervoer	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	0,0 0,0	0,0 0,0	131,0 3,9	<b>131,0</b> <b>3,9</b>
verwerking	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	112,0 1,3	0,0 0,0	0,0 0,0	<b>112,0</b> <b>1,3</b>
<b>Totaal</b>	<b>totaal CO<sub>2</sub></b>	<b>392,0</b>	<b>280,0</b>	<b>131,0</b>	<b>803,0</b>
	<b>totaal kosten</b>	<b>4,7</b>	<b>2,5</b>	<b>3,9</b>	<b>11,1</b>

In de hierboven uitgewerkte 87% vervanging door inzet van duurzame energie zijn de totale meerkosten ruim elf cent per kilogram koffie.

### C.7.3 Scenario 3: Efficiëntie

Er zijn verschillende mogelijkheden voor efficiëntieverbeteringen. E.D.E consulting geeft voor de verwerkingsfase een mogelijke rendabele besparing van 28% op het gasverbruik en 6,5% op het elektriciteitsgebruik<sup>56</sup>. De CO<sub>2</sub> die hierdoor vermeden (34,9 gram) wordt is in Tabel 32 aangegeven, in de kolom met efficiëntiemaatregelen bij de fase van de verwerking. Daarnaast is er voor de productie van kunstmeststoffen een potentieel voor rendabele besparing van 32%<sup>57</sup>, hetgeen leidt tot een besparing van 179,2 gram CO<sub>2</sub>. De overige CO<sub>2</sub>-emissies worden gecompenseerd door de aanplant van bos.

<sup>56</sup> E.D.E Consulting; zie paragraaf A.3.

<sup>57</sup> Beer, J.G. de, M.T. van Wees, E. Worrell, K. Blok, *ICARUS-3, the potential of energy efficiency improvement in the Netherlands up to 2000 and 2015*, Universiteit Utrecht, 1994. Zie ook paragraaf A.3.

Tabel 32 Scenario 3: energie-efficiënte maatregelen en compensatie voor de productie van koffie

	cumulatieve CO <sub>2</sub> -emissies	absolute CO <sub>2</sub> -emissies gram / kg koffie
teelt: kunstmest / insecticide	61%	560,0
vervoer	75%	131,0
verwerking	87%	112,0
<b>Totaal</b>	<b>87%</b>	<b>803,0</b>

		efficiëntie grammen ct	bos grammen f	totaal over alle opties	
teelt: kunstmest / insecticide	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	179,2 0,0	380,8 1,1	<b>560,0</b>	<b>1,1</b>
vervoer	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	0,0 0,0	131,0 0,4	<b>131,0</b>	<b>0,4</b>
verwerking	CO <sub>2</sub> -besparing kosten	31,4 0,0	80,6 0,2	<b>112,0</b>	<b>0,2</b>
<b>Totaal</b>	<b>Totaal CO<sub>2</sub></b>	<b>210,6</b>	<b>592,4</b>	<b>803,0</b>	
	<b>Totaal kosten</b>	<b>0,0</b>	<b>1,7</b>		<b>1,7</b>

De kostenefficiëntie van opties in dit scenario resulteert in een lage meerprijs. De inzet van efficiënte maatregelen en de opslag in bosaanplant tezamen resulteert in dit scenario in een meerprijs van bijna 2 cent per kilogram koffie.

#### C.7.4 Lange termijn maatregelen

Een aantal maatregelen zijn niet opgenomen in de bovenstaande scenario's omdat ze pas op langere termijn geïmplementeerd kunnen worden. Voorbeelden hiervan zijn het branden van de koffie in het land van herkomst dat een daling van de vracht die per schip vervoert moeten worden tot gevolg heeft.

Het meeste effect heeft waarschijnlijk de besparing op kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen door biologisch telen, omdat het telen verantwoordelijk is voor 61% van de CO<sub>2</sub>-emissies. De opbrengst zal bij biologische teelt echter per hectare lager zijn.

Een ander voorbeeld is een efficiënter wagen- en schepenpark in het land van herkomst dat het brandstofverbruik zou kunnen verminderen. Ook zou droging door zon brandstof kunnen besparen en daarmee CO<sub>2</sub>-uitstoot kunnen voorkomen<sup>58</sup>. Deze maatregelen dragen echter in geringe mate bij omdat de CO<sub>2</sub>-emissies als gevolg van transport in het land van herkomst en als gevolg van het gebruik van ovens om te drogen relatief gering zijn.

Het is in dit stadium niet mogelijk in te schatten wanneer het opportuun is deze maatregelen in te voeren, of wat de uiteindelijke kosten zullen zijn.

<sup>58</sup> E.D.E. consulting.



## D Diepvriesgroente

Diepvriesgroentes hebben een sterke energieassociatie door het invriezen van het product. Er zijn in de keuze voor een diepvriesgroente een aantal mogelijkheden voor de te kiezen groente, voor de herkomst en meerdere vormen van verpakken. In de volgende paragraaf wordt aangegeven welk product er voor dit onderzoek gekozen is. In paragraaf D.2 zal de productieketen geschetst worden en opgedeeld worden in een drietal fases. Van deze fases zullen in de daarop volgende paragrafen per fase bekeken worden wat het energieverbruik is en de daarmee gepaard gaande CO<sub>2</sub>-emissies.

### D.1 Productomschrijving

In deze studie is gekozen voor sperziebonen van de volle grond uit Nederland, die in Nederland worden verwerkt tot diepvriessperziebonen in kartonnen verpakking. De verpakking zelf is uitdrukkelijk niet meegenomen in de studie. Het energieverbruik voor het verwerken van verschillende soorten groente verschilt per soort groente niet veel<sup>59</sup>.

### D.2 Productieketen

De sperziebonen die we in dit onderzoek beschouwen worden in Nederland op de volle grond verbouwd, met een opbrengst van 10.000 kg per hectare. De bonen worden voor het grootste deel machinaal geoogst. Na oogsten worden de bonen naar de verwerkende industrie vervoerd in houten palletkisten van een kuub.

Tijdens het verwerken van de sperziebonen wordt zowel gas als elektriciteit ingezet. Het betreft schoonmaken, punten, blancheren en invriezen van de bonen. Diepvriessperziebonen worden voor 75% in een kartonnen doosje, en voor 25% in een polyetheen zakje verpakt. De verpakking wordt in dit onderzoek niet meegenomen.

Vervolgens wordt het product vervoerd van de verwerkende industrie naar de detailhandel. Deze stap en verdere stappen zitten niet in dit onderzoek.

### D.3 CO<sub>2</sub>-emissies als gevolg van de teelt van sperziebonen

Bij het bepalen van het energieverbruik wordt meegenomen: het indirecte energiegebruik van het zaad, de meststoffen en de gewasbeschermingsmiddelen, en het directe energiegebruik voor het bewerken van het land en de oogst. Het vervoer van de sperziebonen naar de verwerkende industrie wordt bekeken in de volgende paragraaf.

#### *Energie*

Uitgesplitst naar de verschillende stappen is het energieverbruik weergegeven in Tabel 33.

---

<sup>59</sup> Kramer, K.J., et al., *Energie geld(t)*, IVEM, 1996.

Tabel 33 Opbouw van de energievraag bij de teelt van sperziebonen op basis van 1 ha, opbrengst 10.000 kg<sup>60</sup>

	Hoeveelheid in [kg]	Intensiteit in [MJ/kg basismateriaal]	Energievraag in [MJ/kg sperziebonen]
Zaad	2,5	11,0	0,003
Meststoffen	383	13,6	0,520
Gewasbeschermingsmiddelen	7	237,5	0,166
Landbewerking	n.v.t.	n.v.t.	1,192
<b>Totaal:</b>	<b>n.v.t.</b>	<b>n.v.t.</b>	<b>1,881</b>

Uit de tabel blijkt dat met name de meststoffen en het bewerken van het land de grootste energievraag tot gevolg hebben. Van de meststoffen beslaat het stikstof 82% van de energievraag, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10% en K<sub>2</sub>O 8%. Uitgaande van een gewichtsgewogen gemiddelde is de energie-intensiteit van de meststoffen 13,57 MJ/kg, en van de gewasbeschermingsmiddelen 237,5 MJ/kg. De CO<sub>2</sub>-emissies worden door Kramer niet aangegeven, en zullen hierna berekend worden aan de hand van kentallen die in Bijlage A gepresenteerd zijn.

#### CO<sub>2</sub>-emissie

Voor het indirecte energieverbruik van zaad kunnen op basis van de beschikbare bronnen geen CO<sub>2</sub>-emissies berekend worden. Omdat het energiegebruik slechts een klein deel van het totaal betreft, laten we deze CO<sub>2</sub>-emissies buiten beschouwing.

Uitgaande van de aannames uit Bijlage A is de CO<sub>2</sub>-emissie voor de kunstmeststoffen 56,4 gram CO<sub>2</sub>/MJ. Hier geldt dus een CO<sub>2</sub>-emissie van 56,4 \* 0,518 = 29,3 gram CO<sub>2</sub>/kg sperziebonen. Voor de gewasbeschermingsmiddelen bedraagt de emissie 12,8 gram CO<sub>2</sub>/kg sperziebonen (zie Tabel 14).

Het bewerken van het land geschiedt met groot materieel, dat een CO<sub>2</sub> emissie kent vergelijkbaar met een vrachtwagen: 73 gram CO<sub>2</sub> per verbruikte MJ. Dit komt neer op 87,0 gram CO<sub>2</sub> per kilogram sperziebonen.

### D.3.1 Conclusie teelt van sperziebonen

In Tabel 34 staat een overzicht van het energiegebruik en de CO<sub>2</sub>-emissies tijdens de teelt van sperziebonen.

Tabel 34 Energiegebruik en CO<sub>2</sub>-emissies bij de teelt van sperziebonen

	Energie [MJ/kg sperziebonen]	CO <sub>2</sub> emissie [gram/ kg sperziebonen]
Gewasbeschermingsmiddelen	0,2	12,8
Meststoffen	0,5	29,3
Landbewerking	1,2	87,0
Totaal	1,7	116,3

<sup>60</sup> Kramer, K.J., Energie geld(t), Mogelijke energiebesparingen op huishoudelijke uitgaven, IVEM, 1996.



## D.4 Vervoer van sperziebonen

Het enige vervoer dat in deze studie beschouwd wordt, is het vervoer van de sperziebonen naar de verwerkende industrie.

### *Energie*

In de analyse van het IVEM wordt aangenomen dat er 2\*150 km met een vrachtwagen gereden moet worden, namelijk heen en terug. Dit heeft een energievraag van 0,6 MJ/kg sperziebonen<sup>61</sup>.

### *CO<sub>2</sub>-emissie*

Uitgaande van vervoer per vrachtwagen met een CO<sub>2</sub>-emissie van 73 gram CO<sub>2</sub> per MJ komt dit neer op een emissie van 43,8 gram CO<sub>2</sub> per kg sperziebonen.

## D.4.1 Conclusie vervoer van sperziebonen

Samenvattend zijn de getallen voor het vervoer van de sperziebonen.

Tabel 35 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies bij het vervoer van sperziebonen

	Energieverbruik [MJ/kg sperziebonen]	CO <sub>2</sub> -emissie [gram CO <sub>2</sub> /kg sperziebonen]
Vervoer van de teelt naar de verwerkende industrie	0,6	43,8

## D.5 Industriële verwerking van sperziebonen inclusief verpakken

Het industriële verwerken tot diepvriesgroente omvat het schoonmaken, punten, blancheren en invriezen van de sperziebonen.

### *Energie*

Bij de industriële verwerking wordt zowel elektriciteit als aardgas ingezet, respectievelijk 3,19 MJ/kg sperziebonen en 2,63 MJ/kg sperziebonen<sup>62</sup>.

### *CO<sub>2</sub>-emissie*

Voor het berekenen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot worden de gegevens uit bijlage A gebruikt. Voor gas geldt een emissie van 56 gram CO<sub>2</sub>/MJ en voor elektriciteit is dit 183 gram CO<sub>2</sub>/MJ. Ten gevolge van het gebruik van aardgas komt  $56 \cdot 2,63 = 147$  gram CO<sub>2</sub> per kilogram sperziebonen vrij. Ten gevolge van het gebruik van elektriciteit is dat  $183 \cdot 3,19 = 584$  gram CO<sub>2</sub> per kilogram sperziebonen.

<sup>61</sup> Kramer, K.J., Energie geld(t), Mogelijke energiebesparingen op huishoudelijke uitgaven, IVEM, 1996.

<sup>62</sup> Kramer, K.J., Energie geld(t), Mogelijke energiebesparingen op huishoudelijke uitgaven, IVEM, 1996.

### D.5.1 Conclusie industriële verwerking van sperziebonen

Samenvattend zijn de gegevens over energie en emissie gegeven in Tabel 36.

Tabel 36 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies bij de verwerking van sperziebonen

		Energieverbruik [MJ/kg sperziebonen]	CO <sub>2</sub> -emissie [gram CO <sub>2</sub> /kg sperziebonen]
Verwerken van sperziebonen	Elektriciteit	3,2	584
	Gas	2,6	147

### D.6 Eindconclusie energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissie in de productieketen

Aan de hand van alle bijdragen in de verschillende stappen in de keten is in Tabel 37 de procentuele bijdrage in de emissies berekend.

Tabel 37 Energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissie in de productieketen

			Energieverbruik [MJ/kg sperzie- bonen]	CO <sub>2</sub> -emissie [gram CO <sub>2</sub> /kg sperziebonen]	CO <sub>2</sub> - emissie [%]
Teelt	Gewasbescher- mingsmiddelen		0,2	12,8	1
		Meststoffen	0,52	29,4	3
		Landbewerking	1,2	87,0	10
Vervoer			0,6	43,8	5
Industriële verwerking	Verwerken van sperziebonen	Elektriciteit	3,2	584,0	65
		Gas	2,6	147,0	16
Totaal				818,0	100

De conclusie uit Tabel 37 is dat 81% van de CO<sub>2</sub>-emissies plaatsvinden bij de verwerking; 10% vindt plaats bij het bewerken van het land tijdens de teelt. Dit is tezamen 91%.

### D.7 Scenario's voor beperking of compensatie van CO<sub>2</sub>-emissies

Uit de vorige paragrafen is gebleken dat de totale CO<sub>2</sub>-emissie die vrijkomt bij de productie van 1 kilogram sperziebonen 904 gram CO<sub>2</sub> per kilogram sperziebonen bedraagt. We gaan in de berekening van de scenario's uit van de 91% hiervan (is 818 gram), zoals die berekend is in de vorige paragraaf. In de volgende paragrafen worden de verschillende scenario's uitgewerkt die gedefinieerd zijn in paragraaf A.4.

#### D.7.1 Scenario 1: volledige compensatie

In Tabel 38 is in het onderste gedeelte aangegeven wat de absolute bijdrage is in de CO<sub>2</sub>-emissies van de fases met relatief de grootste bijdrage in de productieketen van diepvriessperziebonen.

Tabel 38 geeft bovendien aan wat de kosten zijn van de verschillende compensatieopties in dit scenario. Dit is uitgesplitst in de verschillende fases van productie.



Per optie is in een kolom aangegeven hoeveel CO<sub>2</sub> er per fase wordt bespaard en met welke meerkosten dit gepaard gaat, in centen. Onder aan de kolommen zijn steeds de totale hoeveelheden en meerkosten aangegeven.

Tabel 38 Compensatie in de productieketen van diepvriessperziebonen door opslag, bosaanplant en verhandelbaarheid

	cumulatieve CO <sub>2</sub> -emissies	absolute CO <sub>2</sub> -emissies gram / kg sperziebonen
teelt, bewerken land	10%	87,0
verwerking	91%	731,0
<b>totaal</b>	<b>91%</b>	<b>818,0</b>

		opslag grammen <i>ct</i>	bos grammen <i>ct</i>	handel grammen <i>ct</i>
teelt, bewerken land	CO <sub>2</sub> -besparing	87,0	87,0	87,0
	kosten	0,4	0,3	0,6
verwerking	CO <sub>2</sub> -besparing	731,0	731,0	731,0
	kosten	3,3	2,2	5,3
<b>totaal</b>	<b>totaal CO<sub>2</sub></b>	<b>818,0</b>	<b>818,0</b>	<b>818,0</b>
	<b>totaal kosten</b>	<b>3,7</b>	<b>2,5</b>	<b>5,9</b>

In Tabel 39 is van de teeltfase alleen het bewerken van het land meegenomen, en is het binnenlandse vervoer verwaarloosd.

De optie van opslag in bos is het goedkoopst: circa 2,5 cent per kilogram sperziebonen, gevolgd door de opslag in de bodem: bijna 4 cent per kilogram sperziebonen. Het duurst is de compensatie door handel (circa 6 cent per kilogram).

## D.7.2 Scenario 2: duurzaam

Een alternatief voor alleen compenseren is de rechtstreekse inzet van duurzame energiedragers waar mogelijk. De kosten van de duurzame energie is gegeven in paragraaf A.3.

Voor elke fase in de productie geeft Tabel 39 weer wat de meerkosten zijn bij de inzet van een optie voor duurzame energie, gas elektriciteit of diesel. De tabel geeft bovendien weer hoeveel grammen CO<sub>2</sub> er per fase door de verschillende opties vervangen wordt. In Tabel 39 zijn de fases in de productieketen aangegeven per rij, en de verschillende opties voor de inzet van duurzame energie zijn aangegeven in kolommen.

Tabel 39 De inzet van duurzame energie in de keten van diepvriessperziebonen: biogas, groene stroom en FT-biodiesel

	cumulatieve CO <sub>2</sub> -emissies	absolute CO <sub>2</sub> -emissies gram / kg sperziebonen
teelt, bewerken land	10%	87,0
verwerking: elektra	75%	584,0
verwerking: gas	91%	147,0
<b>totaal</b>	<b>91%</b>	<b>818,0</b>

		gas grammen ct	elektra grammen ct	diesel grammen ct	totaal
teelt, bewerken land	CO <sub>2</sub> -besparing	0,0	0,0	87,0	<b>87,0</b>
	kosten	0,0	0,0	2,5	<b>2,5</b>
verwerking: elektra	CO <sub>2</sub> -besparing	0,0	584,0	0,0	<b>584,0</b>
	kosten	0,0	5,3	0,0	<b>5,3</b>
verwerking: gas	CO <sub>2</sub> -besparing	147,0	0,0	0,0	<b>147,0</b>
	kosten	1,8	0,0	0,0	<b>1,8</b>
<b>totaal</b>	<b>totaal CO<sub>2</sub></b>	<b>147,0</b>	<b>584,0</b>	<b>87,0</b>	<b>818,0</b>
	<b>totaal kosten</b>	<b>1,8</b>	<b>5,3</b>	<b>2,5</b>	<b>9,6</b>

De totale absolute meerkosten door de inzet van biogas en groene elektriciteit zijn afhankelijk van de benodigde energiedrager. Voor de verwerking van de sperziebonen wordt zowel gas als elektriciteit ingezet. De mix van vervangende energiedragers is afgeleid van de energievraag en energiedragermix in de oorspronkelijke situatie, weergegeven in Tabel 37.

Uit de tabel blijkt dat de totale meerprijs van het CO<sub>2</sub>-emissieloos produceren van diepvriessperziebonen bijna 10 cent bedraagt, bij inzet van duurzame energiedragers. De groene stroom neemt in het totaal van deze meerprijs het grootste deel in. Van alle beschouwde fases in de productie gaan de meeste meerkosten naar de verwerking van de sperziebonen, ruim 85%.

### D.7.3 Scenario 3: Efficiëntie

De belangrijkste mogelijkheid voor efficiëntieverbeteringen bevindt zich in de industriële verwerking van de sperziebonen. In paragraaf A.3 is aangegeven dat er hiervoor een potentieel geldt van 20%. We gaan er in dit onderzoek vanuit dat dit voor zowel gas als elektriciteit geldt. Tezamen met de compensatie van het resterende deel van de keten levert dit voor het kostenoptimale scenario de resultaten in Tabel 40.

Steeds is hier per fase aangegeven hoeveel CO<sub>2</sub> er minder geëmitteerd wordt en welke kosten hiermee gemoeid zijn, uitgedrukt in centen. Voor de twee opties in dit scenario is dit aangegeven in de twee kolommen in het onderste gedeelte van de tabel. De tabel geeft bovendien sommaties weer onder aan de kolommen. Rechtsonder is het totaal over alle fases en alle opties aangegeven.

In Tabel 40 is het gas- en het elektriciteitsverbruik in de fase van industriële verwerking afzonderlijk weergegeven.

Tabel 40 Scenario 3: energie-efficiënte maatregelen en compensatie voor de productie van sperziebonenkoffie

	cumulatieve CO <sub>2</sub> -emissies	absolute CO <sub>2</sub> -emissies gram / kg sperziebonen
teelt, bewerken land	10%	87,0
verwerking: elektra	75%	584,0
verwerking: gas	91%	147,0
<b>totaal</b>	<b>91%</b>	<b>818,0</b>

		efficiëntie grammen	bos grammen	totaal over alle opties
		<i>ct</i>	<i>f</i>	
teelt, bewerken land	CO <sub>2</sub> -besparing	0	87,0	87,0
	kosten	0	0,3	0,3
verwerking: elektra	CO <sub>2</sub> -besparing	116,8	467,2	584,0
	kosten	0	1,4	1,4
verwerking: gas	CO <sub>2</sub> -besparing	29,4	117,6	147,0
	kosten	0	0,4	0,4
<b>totaal</b>	<b>totaal CO<sub>2</sub></b>	<b>146,2</b>	<b>671,8</b>	<b>818,0</b>
	<b>totaal kosten</b>	<b>0</b>	<b>2,1</b>	<b>2,1</b>

#### D.7.4 Lange termijn maatregelen

Voor de productie van diepvriesgroenten zijn een aantal lange termijnopties beschikbaar die niet opgenomen zijn in de bovenstaande scenario's.

Voor de verwerking van diepvriesgroente is de trend meer stoomblancheren of microwave-blancheren in te zetten in plaats van het blancheren met water<sup>63</sup>. Op dit moment vindt bovendien onderzoek plaats naar het pasteuriseren onder extreem hoge druk, tot 8.000 bar, dat het pasteuriseren bij verhoogde temperaturen en het nadien bewaren in de koelkast overbodig maakt<sup>64</sup>. Tabel 37 geeft aan dat dit deel van de productieketen momenteel verantwoordelijk is voor 81% van de CO<sub>2</sub>-emissies. Maatregelen in dit gedeelte van de keten kunnen daarom mogelijk relatief veel bijdragen aan CO<sub>2</sub>-reductie in de totale keten.

Een tweede mogelijkheid is de biologische teelt waarbij er bespaard kan worden op de productie van gewasbeschermingsmiddelen en kunstmeststoffen. De productie van deze twee grondstoffen nemen echter circa 6% van de totale CO<sub>2</sub>-emissies voor hun rekening. Dit betekent dat met deze maatregel hooguit 6% van de CO<sub>2</sub>-emissies van het beschouwde deel van de keten kunnen worden vermeden.

Het is in dit stadium voor deze maatregelen niet mogelijk in te schatten wanneer het opportuun is deze maatregelen in te voeren, of wat de uiteindelijke meerkosten zullen zijn.

<sup>63</sup> Mondelinge communicatie, A. Matser, ATO, december '00.

<sup>64</sup> Mondelinge communicatie, A. Matser, ATO, december '00.