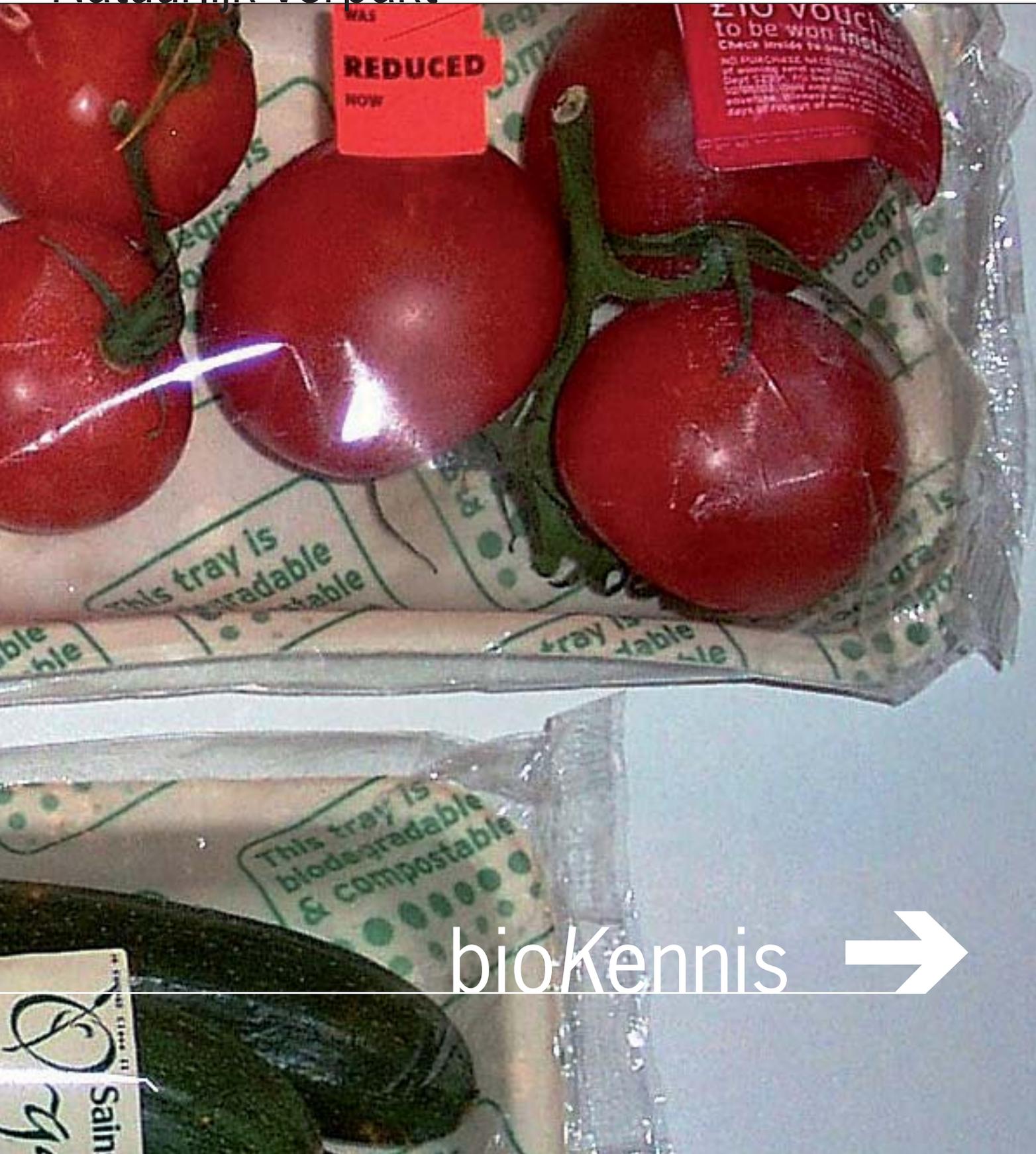


Natuurlijk verpakt



bioKennis →



Natuurlijk verpakt

Milieueffecten van hernieuwbare, biologisch afbreekbare verpakkingen

dr. E.U. Thoden van Velzen

Rapport 1142

Colofon

In Nederland vindt het meeste onderzoek voor biologische landbouw en voeding plaats in de, voornamelijk door het ministerie van LNV gefinancierde, cluster Biologische Landbouw. Aansturing hiervan gebeurt door Bioconnect, het innovatienetwerk voor biologische agroketens (www.bioconnect.nl). Hoofduitvoerders van het onderzoek zijn de instituten van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut. Dit rapport is binnen deze context tot stand gekomen. De resultaten van de verschillende kennisprojecten vindt u op de website www.biokennis.nl. Voor vragen en/of opmerkingen over dit onderzoek aan biologische landbouw en voeding kunt u mailen naar: info@biokennis.nl. Heeft u suggesties voor onderzoek dan kunt u ook terecht bij de loketten van Bioconnect op www.bioconnect.nl of een mail naar info@bioconnect.nl.

Titel	Natuurlijk verpakt
Auteur(s)	dr. E.U. Thoden van Velzen
Nummer	1142
ISBN-nummer	978-90-8585-571-5
Publicatiedatum	5 januari 2011
Vertrouwelijk	Nee
OPD-code	BO project 04-006
Goedgekeurd door	dr. H. Bos-Brouwers

Wageningen UR Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

Abstract

Renewable and biodegradable packages are currently applied to a limited extent in the Dutch food supply chains, mostly for organic fruit and vegetables. This report summarises the scientific literature on the environmental impact of those renewable and biodegradable packages and relates it to the Dutch use and waste processing methods.

It is difficult to formulate conclusions on the environmental impacts of packages used in societies on the basis of LCA studies alone. Since reliable input data is required with relatively small levels of uncertainty. This is especially true for several factors that have a large impact on the results of comparative LCA studies for packages. These factors include: the shelf life under realistic conditions and the resulting product losses, recyclability of packages and renewability of packaging materials. These factors have a large impact on LCA-studies and have the potential to significantly alter the outcomes and even reverse the results. For comparative packaging studies between renewable, biodegradable and conventional packages the outcome can be in favour of the former packages in case all the conditions described in these factors are met (no shelf life shortening, no additional packaging weight, no additional production or process efforts, etc.). Then it is possible to conclude, based on the results of several LCA-studies and an evaluation of the quality of the used input data, that:

- Open trays made of pressed bagasse or moulded fibres clearly create less environmental impacts than comparable open trays made of conventional plastics,
- Rigid plastic packages (clamshells, open trays, top-sealed trays, cups, tubs, etc.) made of PLA create lesser environmental impacts than their counterparts made of conventional plastics,
- For most types of flexible plastic packages (flow packs, trash bags, etc.) the differences in environmental impacts between conventional and renewable or biodegradable plastics is relatively small. Only Mater-Bi waste bags and PLA flow packs for fresh cut vegetable products appear to create less environmental impacts than their counterparts made of conventional plastics.

This current situation can possibly alter in the next years due to technical innovations from renewable, biodegradable and conventional packages and newly developed evaluation tools for the environmental impacts of packages.

Based on our current understanding, incineration with energy recovery is the most environmentally sound waste management option for renewable and biodegradable packages available in the Netherlands. Unless these contain food waste, then composting or fermenting are sound alternatives. These bio-plastic based food packages are, however, well-suited for recycling and in order to lower the environmental pressure even further, integration of these bio-plastic packages inside the existing plastic recycling schemes for conventional plastics is desirable. In the foreseeable future, crude oil availability will gradually phase out and become too expensive. Renewable plastics together with an efficient recycling system will be vital a contribution to a new efficient food supply system.

Inhoudsopgave

Abstract	3
1 Inleiding	6
1.1 Aanleiding	6
1.2 Doelstelling en afbakening	6
1.3 Bewaking wetenschappelijke kwaliteit	7
1.4 Terminologie	8
2 Methoden	9
2.1 Systeemgrenzen	9
2.2 Aanpak	13
2.3 Gebruikte eenheden	13
3 Resultaten	15
3.1 Milieueffecten van conventionele kunststof verpakkingen	15
3.2 Hernieuwbare, biologisch afbreekbare verpakkingen op de Nederlandse markt	20
3.3 Milieueffecten van hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststoffen	21
3.3.1 Totaal energiegebruik van PLA granulaat	21
3.3.2 Broeikasgasemissie van PLA granulaat	21
3.3.3 Milieueffecten andere hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststoffen	22
3.3.4 Landgebruik en competitie met andere agrarische producten	24
3.3.5 Resterende milieueffecten	26
3.4 Milieueffecten van het produceren, gebruiken en verwijderen van hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen	28
3.4.1 Klemdeksels	32
3.4.2 Schalen	35
3.4.3 Flessen	37
3.4.4 Folie	38
3.4.5 Barrièrefolie	43
3.5 Vergelijking met gerecycleerde verpakkingen	44
4 Discussie	47
4.1 Factoren die de milieudruk van verpakkingen beïnvloeden	49
4.2 Gelijktijdige verwijdering	52
4.3 Afvalverwerkingsketen	52
4.4 Kwalitatieve vergelijking milieueffecten luxe saladeschaal	56
4.5 Kwalitatieve vergelijking milieueffecten draagtas	58
4.6 Operationele aspecten bij het verpakkend bedrijf	59
4.7 Brede beschouwing en toekomstbeeld	59
5 Conclusies	63
Verwijzingen	66

Samenvatting	72
Dankbetuiging	74
Gebruikte afkortingen	75

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De openbare informatie rond de milieueffecten van het gebruik van hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststofverpakkingen is versnipperd. Ten eerste zijn er zowel verifieerbare wetenschappelijke publicaties, als ook niet onderbouwde meningen van betrokkenen. Verder is er voor het ene verpakkingsmateriaal meer informatie beschikbaar dan voor het andere. Daarnaast verschillen de milieueffectstudies vaak ook in de gekozen systeemgrenzen (van grondstof – productie – gebruik – verwijdering) en zijn er grote verschillen in bijvoorbeeld afvalverwerkingswijze tussen landen. Tenslotte verschilt de gekozen beoordelingswijze vaak: van kwalitatieve gedachten, energiebalansen tot gedetailleerde levenscyclusanalyses met meerdere soorten milieueffect (broeikasgasvorming, niet hernieuwbaar grondstofgebruik, verzuring, eutrofiëring, etc.). De uitkomsten van deze studies staan soms haaks op elkaar, wat verwarring oplevert bij marktpartijen en geïnteresseerden. Ten einde de feiten over dit onderwerp helder op een rij te krijgen, heeft het ministerie LNV een BO opdracht verleend aan FBR. Deze rapportage is het resultaat van deze opdracht.

1.2 Doelstelling en afbakening

Dit rapport beoogt de openbare informatie te verzamelen en samen te vatten rond de milieueffecten van het gebruik van hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststofverpakkingen vanuit het perspectief van het verpakkende bedrijfsleven (verpakkend bedrijf en verhandelend bedrijf van verpakte waar). Bedoeling is dat het verpakkende bedrijfsleven beter begrijpt wat milieuvriendelijker is, onder welke omstandigheden en wat de consequenties van keuzes zijn.

Dit rapport beperkt zich tot de Nederlandse gebruiks- en verwijderingswijze en zal alleen de meest voorkomende verpakkingsvormen voor verse levensmiddelen behandelen: flowpack, open zak, krimpfoes, open schaal, klemdeksel, topseal, rekwikkel en fles, zie Tabel 1.

Daarnaast zal dit rapport zich zoveel mogelijk beperken tot de voor Nederland relevante verwerkingswijzen voor het afval van hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen, namelijk: verbranden met energietेरugwinning, gescheiden kunststofinzameling en industriële compostering.

Tabel 1: Indeling van hoofdverpakkingsoorten die gebruikt worden voor verse levensmiddelen.

Categorie	Hoofdverpakkingvormen
Flexibel	Open zak, draagtas, rekwikkel, krimpfolie, gesloten zak met seallijn over de rugzijde (flowpack), stazak, kussenzak, bag-in-box, netverpakking
Vormvast	Open schaal, Schaal gesloten met topdeksel (top-sealed tray), Klemdeksel (clam shell), Pot, Fles, Flacon, dieptrekverpakking, blister

Flexibel			Vormvast		
Rekwikkel	Flow pack	Krimpfolie	Open schaal	Top-seal	Klemdeksel
					

1.3 Bewaking wetenschappelijke kwaliteit

Aangezien de milieueffecten van biologisch afbreekbare verpakkingen in het recente verleden aanleiding gaven tot verhitte discussies, streeft de auteur ernaar een neutraal en objectief rapport te schrijven, zo goed mogelijk uit te leggen wat er over dit onderwerp bekend is en wat de overwegingen van de verschillende betrokkenen zijn. Daarna wordt dit rapport door een wetenschappelijke leesgroep beoordeeld en zo nodig aangepast op wetenschappelijke inhoud. Tenslotte controleert een stuurgroep van belanghebbenden de inhoud op industriële relevantie en compleetheid.

Stuurgroep

De stuurgroep werd voorgezeten door Wilma van den Oever van FrugiVenta, verder namen deel:

- Jan Groen (Green Organics BV)
- Paul Hendriks (Eosta BV)
- Karen van der Stadt (Nedvang)
- Marlijn Somhorst (CBL)
- Henk Vooijs (BCPN)
- Arjan Klapwijk (Dutch Bioplastics)
- Miquel van den Ende (Bakker Barendrecht)
- Ady Jager (NatureWorks)
- Arend Zeelenberg (Task Force MBL)
- Inge Ribbens (Frugi Venta)

1.4 Terminologie

Verpakkingen gemaakt van kunststoffen die uit fossiele grondstoffen (aardolie en aardgas) worden verkregen heten *conventionele* kunststofverpakkingen. Verpakkingen die gemaakt zijn van materialen die uit de natuur of de landbouw afkomstig zijn heten *hernieuwbaar*.

Biologisch afbreekbaar wil zeggen dat een materiaal kan worden afgebroken door schimmels, planten, insecten, etc. in een zeker biologisch milieu. Zo zijn materialen die biologisch afbreekbaar zijn in het mariene milieu andere materialen dan die in de bodem van een loofbos verdwijnen.

Verpakkingen die tijdens een industriële compostering verdwijnen heten *composteerbaar*. Dit begrip is gedefinieerd in standaard EN13432 en behelst grofweg blootstelling aan een industrieel composteringsregime van 60-70°C en een hoge relatieve vochtigheid voor 6 tot 8 weken. Composteerbare materialen hoeven dus niet in een thuiscomposteringsvat te verdwijnen, aangezien daar veel lagere temperaturen worden gehaald.

Er worden ook zogenoemde *oxo-degradeerbare kunststoffen* verkocht. Dit zijn kunststoffen waaraan additieven worden toegevoegd, waardoor na enige maanden de polymeerketens chemisch in kleinere delen worden geknipt. Het materiaal verdwijnt dan uit het zicht. Op dit moment is echter niet gekend welke stoffen er precies gevormd worden en of er kunststofresten in de bodem en / of het bodemleven terecht komen. Dit roept weerstanden op bij de producenten van zowel de biologisch afbreekbare kunststoffen als de gerecycleerde kunststoffen. De eerste groep is huiverig dat het voorzichtig opgebouwde imago van biologisch afbreekbare kunststoffen in diskrediet wordt gebracht. De tweede groep is er voor beducht dat de afbrekende katalysatoren terecht komen in de recyclaten, waardoor de eindkwaliteit niet meer gegarandeerd kan worden. Daarnaast is er nog onduidelijkheid over de aard van de additieven die worden toegepast. Volgens een persbericht van BPI gebruikt men kobalt gebaseerde katalysatoren in concentraties van rond de 40 ppm.[BPI persbericht] De belangenvereniging van producenten van oxo-degradeerbare producten [www.biodeg.org] beweert dat in gecertificeerd oxodegradeerbare kunststoffen geen giftige additieven gebruikt worden. Welke additieven dit dan wel zijn is echter niet duidelijk. Deze vorm van afbreekbare kunststoffen wordt dus buiten beschouwing gelaten.

2 Methoden

Dit rapport geeft een overzicht van de literatuur op het gebied van de milieueffecten van kunststofverpakkingen gemaakt uit fossiele en hernieuwbare grondstoffen (lees agrarische grondstoffen en uit de levende natuur gewonnen grondstoffen). Deze algemene kennis wordt toepasbaar gemaakt op de Nederlandse situatie, dus gangbare verpakkingsdimensies en gewichten worden beschouwd en ook de Nederlandse afvalverwijderingswijze. Aangezien Nederland een open economie is en er Nederlandse producten in biologisch afbreekbare verpakkingen geëxporteerd worden, zal de situatie in de ons omliggende exportmarkten (Duitsland, Groot-Brittannië en België) meegenomen worden.

In dit rapport zullen de resultaten van verschillende relevante levenscyclusanalyses worden gepresenteerd. Deze resultaten worden richtinggevend benut en worden uitgebreid met een kwalitatieve analyse. Levenscyclusanalyses (LCA's) zijn wetenschappelijk geaccepteerde methoden om de milieueffecten van goed gedefinieerde producten in precies gedefinieerde ketens te berekenen. Ook dit rapport baseert zich grotendeels op de resultaten van verschillende LCA's voor specifieke verpakkingsvergelijkingen in specifieke ketens. LCA's zijn echter niet geschikt voor generieke vergelijkingen zoals tussen conventionele en hernieuwbare kunststofverpakkingen op het niveau van een samenleving. LCA's zijn namelijk precieze rekenmodellen en kunnen daarom lastiger omgaan met de grote spreidingen en onzekerheden die gangbaar zijn in de maatschappelijke werkelijkheid. Uiteraard worden er door onderzoekers pogingen gedaan om distributies van bijvoorbeeld gebruiks- en verwijderingswijzen mee te nemen (zie bijvoorbeeld de IFEU studies), maar zelfs daarmee kan onvoldoende de maatschappelijke werkelijkheid worden beschreven, hetgeen leidt tot grote onzekerheden in de uitkomsten. Daarnaast kunnen niet alle relevante milieueffecten of sociale effecten worden berekend met een LCA-studie aangezien er onvoldoende betrouwbare informatie van beschikbaar is of omdat deze effecten niet kwantificeerbaar zijn. Daarom is er in dit rapport gekozen om naast een literatuuroverzicht van LCA's eveneens een bredere, kwalitatieve analyse en discussie te presenteren. Deze manier van presenteren is relatief nieuw [Lewis 2010] en daarmee nog niet breed geaccepteerd als methode maar in dit geval noodzakelijk vanwege de beperkingen die LCA's met zich meebrengen.

2.1 Systeemgrenzen

Als systeemgrenzen worden gekozen: het begin van de kunststofproductie (grondstofextractie) en als einde de verwijdering. In Figuur 1 staan schematisch de productieketens van conventionele kunststoffen versus het biologisch afbreekbare en hernieuwbare kunststof polymelkzuur getekend. Deze weergave is een vereenvoudiging, aangezien de feitelijke productie veel meer deelstappen omvat en ook nog de deelstappen voor de productie van de stabilisatoren en additieven zou moeten meenemen. Verder is alleen polymelkzuur (PLA) getekend. Dit is weliswaar momenteel de belangrijkste, hernieuwbare kunststof (in termen van marktaandeel),

waarvan ook veel milieugegevens bekend zijn, echter in de huidige verpakkingspraktijk worden ook Ecoflex-blends, zetmeel-blends, gecoat cellofaan, suikerrietvezelschalen en *moulded fibre* schalen gebruikt. Een uitgebreid overzicht van hernieuwbare en biologisch afbreekbare materialen is te vinden in de PROBIP studie.[Shen 2009]

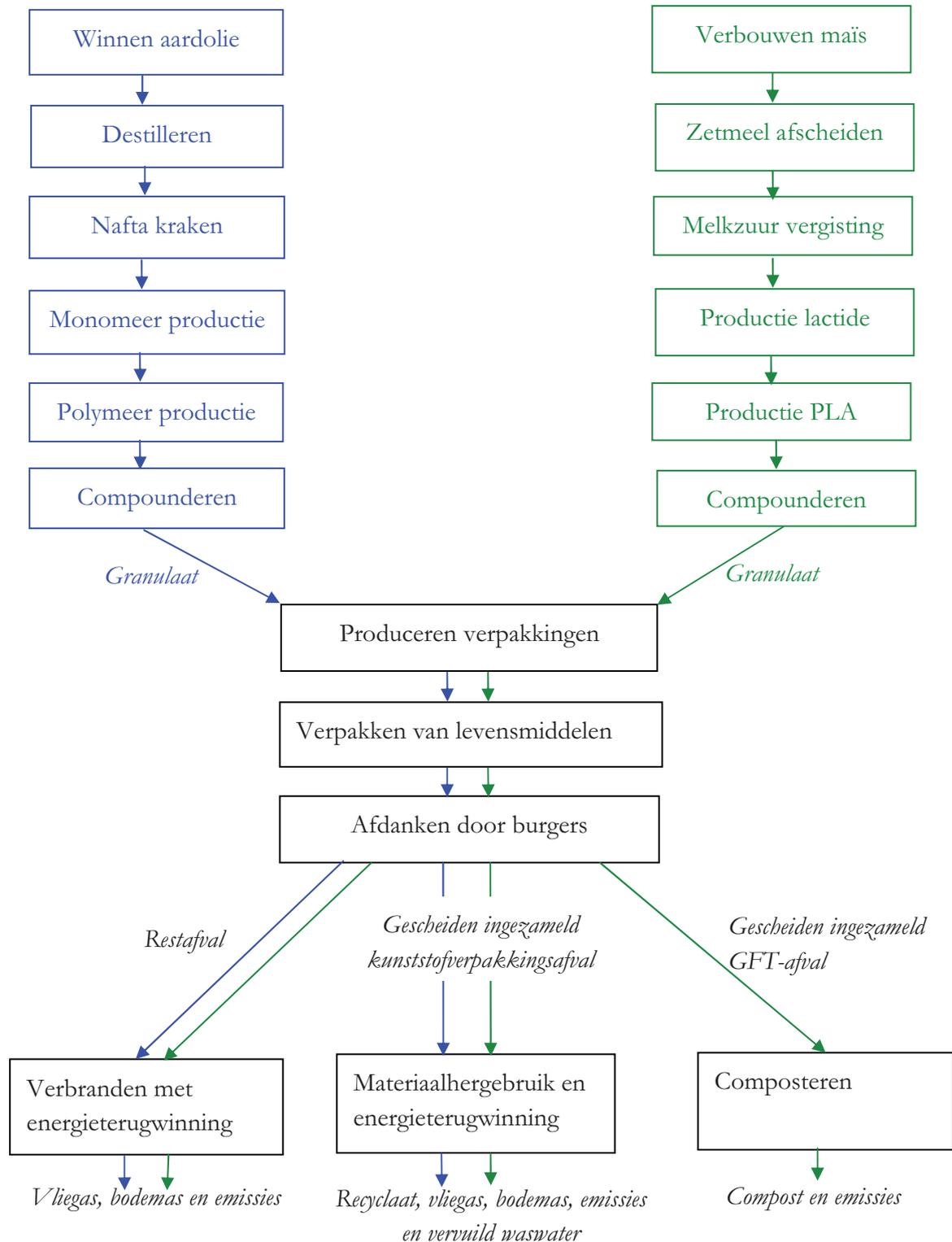
Ecoflex is een conventioneel, niet-hernieuwbaar, maar wel biologisch afbreekbaar kunststof. Het wordt net als andere kunststoffen gemaakt in de chemische industrie uit hoofdzakelijk terephthaalzuur, adipinezuur en 1,4-butaandiol. Vanwege de amorfe structuur en de estergroepen in de ketens is dit petrochemische polymeer biologisch afbreekbaar. Van Ecoflex is bekend dat het voldoet aan de Europese norm voor composteerbaarheid en dat er geen toxische stoffen uit vrijkomen. [Witt 2001] Helaas is hiervan geen levenscyclusanalyse openbaar gemaakt. Onbekend is hoeveel energie er gebruikt wordt bij de productie en ook is niet bekend hoeveel broeikasgas equivalenten er bij de productie worden geproduceerd. Als eerste benadering zijn wij daarom gedwongen om hier gegevens van de PET en PBT-productie te gebruiken. Overigens is de producent BASF bezig met het ontwikkelen van nieuwe varianten van Ecoflex die deels hernieuwbaar zijn, zodat de toekomstige beoordeling anders kan uitvallen.

Zetmeel-blend folies worden in Nederland toegepast als krimpfolie en als zakmateriaal. Hierbij wordt thermoplastisch zetmeel (waarin weekmakers als glycerol zijn verwerkt) gemengd met een scala van biologisch afbreekbare polymeren, zoals Ecoflex, PLA, polycaprolacton, polyvinylalcohol, enzovoort. Novamont is een grote Europese producent van deze zetmeelblendfolies en er zijn enkele milieustudies over verschenen; twee recente en een aantal gedateerde.

Bovendien worden in Nederland ook nog levensmiddelen verpakt in gemodificeerde cellofaan-folies (Natureflex). Dit zijn naast producten voor de Britse markt ook een beperkt aantal levensmiddelen voor de Nederlandse markt zoals zoetwaren. Cellofaan wordt gemaakt door cellulose op te lossen met loog en zwavelkoolstof, tot een folie te strijken en te drogen. Cellofaan zelf is een heldere stevige folie, dat helaas niet kan worden geseald en veel waterdamp doorlaat. Om het toepasbaar te maken als verpakkingsfolie voor verse levensmiddelen, moeten er coatings op aangebracht worden. Cellofaan met Ecoflex-achtig materiaal als coating geeft een goed sealbare folie met een relatief hoge waterdampdoorlaatbaarheid. Cellofaan met een dunne PVdC coating sealt goed en heeft een beperkte waterdampdoorlaatbaarheid (14 g/m².dag bij 38°C en 90%RV), lage zuurstofdoorlaatbaarheid (3 ml/m².dag.bar bij 23°C) en bovendien blijkt deze film nog steeds composteerbaar te zijn. De producent van Natureflex is voornemens een uitgebreide milieustudie over Natureflex later in 2010 te openbaren.

Tenslotte worden er op de Nederlandse markt open schalen gebruikt gemaakt van suikerrietvezels en van houtvezelpulp (*moulded fibre trays*). Overigens zijn alleen *moulded fibre* schalen gemaakt van *virgin* papiervezels composteerbaar en zijn de meer gangbare *moulded fibre* schalen gemaakt van oud-papier niet composteerbaar omdat de herkomst niet kan worden gecontroleerd.

Dit rapport beperkt zich tot hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststoffen die gebruikt worden in levensmiddelverpakkingen op de Nederlandse markt. Dus zetmeel gebaseerde opvulmiddelen “loose fill chips” en dieptrekverpakkingen voor koekjes en chocolade (Plantic, Australië) worden buiten beschouwing gelaten. Wel op de Nederlandse markt zijn PLA-folie, PLA-Ecoflex-blend folie, Zetmeel-blend folie, PLA schalen en bekens, *moulded fibre* schalen (ook wel pulp genaamd), schalen van geperste suikerrietvezels (Roots). Kortom, in deze analyse van levensmiddelverpakkingen beperken wij ons tot zes hernieuwbare, biologisch afbreekbare materialen: polymelkzuur, zetmeel, Ecoflex, geperste suikerrietvezels, *moulded fibre* schalen van nieuwe papiervezels en gecoat cellofaan. Hiervan is van enkele materialen veel openbaar en bekend (zoals polymelkzuur) en van andere weinig (zoals Ecoflex). Aangezien er van enkele materialen meer gegevens bekend zijn, worden deze ook meer besproken in dit rapport. Dit is een weerslag van de openbare kennis, niet van de eventuele voorkeuren van de auteurs.



Figuur 1: schematische weergave van de beschouwde productieketens, waarbij conventionele kunststoffen vergeleken wordt met het hernieuwbare polymelkzuur. De feitelijke productieketens zijn aanzienlijk ingewikkelder.

2.2 Aanpak

Allereerst wordt een eerste versie van het rapport geschreven door verpakkingstechnologen van Wageningen-UR. Deze versie wordt vervolgens voorgelegd aan de projectstuurgroep van betrokken bedrijven. Deze krijgt de mogelijkheid om vragen te stellen, praktijkkennis in te brengen, verduidelijking te wensen en hierna wordt een tweede versie geschreven. Deze tweede versie wordt voorgelegd aan een groep wetenschappers die in het verleden betrokken zijn geweest bij dit onderwerp en aan belanghebbenden die niet in de stuurgroep vertegenwoordigd waren. Hen wordt gevraagd om de wetenschappelijke juistheid te beoordelen en eventuele aanpassingen en correcties voor te stellen. Bijdragen van hoogleraar Martin Patel van de Universiteit Utrecht, onderzoeker Christiaan Bolck van Wageningen-UR, afvalondernemer Aucke Bergsma van Omrin zijn verwerkt in dit verslag. Op deze wijze streven wij wetenschappelijke juistheid en praktische bruikbaarheid na.

2.3 Gebruikte eenheden

Om verschillende producten met elkaar te kunnen vergelijken wat betreft hun effect op het milieu, is het noodzakelijk dat ze langs eenzelfde meetlat gehouden kunnen worden. Er zijn verschillende methodes beschreven welke elk een andere maat gebruiken die is toegespitst op een bepaald milieueffect, zoals watergebruik of smogvorming. De twee meest gebruikte vergelijkingswaarden zijn het cumulatieve energiegebruik van een product en de bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen.

Het cumulatieve energiegebruik is de totale hoeveelheid energie die er gebruikt is om het product te maken en wordt weergegeven in Joules per eenheid product. De eenheid is afhankelijk van het type product wat wordt vergeleken en kan variëren van kg plastic pellets, tot bijvoorbeeld 10.000 drinkbekers. Een groot voordeel van energiegebruik als maat is het universele karakter ervan. Er bestaat een redelijke consensus over hoe deze berekend dient te worden en is minder afhankelijk van regionale verschillen in bijvoorbeeld hoe de energie wordt opgewekt. Het cumulatieve energiegebruik kan worden onderverdeeld in het cumulatieve fossiele energiegebruik (NREU) en het cumulatieve hernieuwbare energiegebruik (REU). Uit de praktijk blijkt dat het cumulatieve fossiele energiegebruik redelijk goed correleert met de bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen, maar minder goed correleert met proces specifieke emissies en de daaraan verwante milieueffecten, zoals: stikstofemissie uit de landbouw en eutrofiëring, emissie van fluorchloorkoolwaterstoffen en het gat in de ozonlaag, etc. Het cumulatieve hernieuwbare energiegebruik lijkt juist weer goed te correleren met agrarisch gerelateerde milieueffecten als landgebruik. [Huijbregts et al. 2006]

De bijdrage tot de uitstoot van broeikasgassen is de tweede gebruikte maat voor de milieu belasting van verpakkingen, welke in dit rapport gebruikt zal worden. Deze maat heeft als voordeel dat het aansluit bij de huidige belangstelling voor broeikasgassen en de internationale afspraken omtrent het terugdringen van de uitstoot. De vorming van broeikasgassen wordt weergegeven in kg CO₂ equivalenten per eenheid product. Met deze maat wordt niet alleen de vorming van CO₂ weergegeven maar ook de vorming van de broeikasgassen methaan en lachgas, waarbij de waarde van de laatste twee wordt omgezet in een hoeveelheid CO₂ welke een zelfde mate van broeikasactiviteit hebben. Dit milieueffect wordt als potentieel tot opwarming van de aarde over 100 jaren uitgedrukt (GWP100: *Global warming potential over 100 years*). Een nadeel van het gebruik van broeikasgasvorming als vergelijkingsmaat is, dat deze erg afhankelijk is van de procesvoering en in het bijzonder het type grondstof voor de elektriciteitsopwekking. Een fabriek welke elektriciteit afneemt van windmolens en kerncentrales produceert namelijk minder CO₂ dan een fabriek die zijn elektriciteit afneemt van kolen gestookte centrales. Het verschil in koolzuurgasuitstoot weerspiegelt de verschillen in bedrijfsvoering tussen producten, oftewel identieke producten kunnen verschillende koolzuuruitstootwaarden tonen omdat er bijvoorbeeld elektriciteit is gebruikt die op een andere wijze is opgewekt.

Productieketens van kunststofverpakkingen omvatten veel deelstappen, waarvan enkele (zoals transport van halffabricaten) heel ketenspecifiek kunnen zijn. De keuzes omtrent het verpakkingsproductieproces en de te beoordelen ketenstappen bepalen de uiteindelijke uitkomst in termen van totaal energieverbruik of totale uitstoot broeikasgassen. Een voorbeeld hiervan is het type transport dat wordt gebruikt om grondstoffen of producten te verplaatsen. Bijvoorbeeld het transport van 10000 PLA klemdeksels voor aardbeien per 16 ton vrachtwagen levert een koolzuuruitstoot van 434 kg CO₂/1000 km op, voor een 28 ton vrachtwagen is dit 357 kg CO₂/1000 km en voor dieseltrein is dit slechts 23,4 kg CO₂/1000 km. Kortom, het transport per trein levert een koolzuuruitstoot op die slechts 5% bedraagt van die van de 16 ton vrachtwagen. Dit laat eens te meer zien dat details vaak bepalend zijn voor de uitkomst van LCA's. [Madival, 2009]

De levenscyclus van een product verschilt meetal per land, kenmerkend is vaak de afvalverwerking: in Noord-Amerika wordt het meeste afval gestort, in Nederland wordt het meeste afval verbrand met energierterugwinning. Door deze verschillen moet men terughoudend zijn om conclusies uit buitenlandse milieustudies op de Nederlandse situatie te betrekken.

3 Resultaten

3.1 Milieueffecten van conventionele kunststof verpakkingen

De dominante milieueffecten van conventionele kunststofverpakkingen zijn volgens CE Delft de vorming van broeikasgassen en de vorming van finaal afval.[Bergsma 2004] Alhoewel deze stelling enkele malen mondeling in twijfel is getrokken door wetenschappers, heeft niemand andere milieueffecten breed geaccepteerd gekregen. Probleem hierbij is dat van andere milieueffecten (als de vorming van zomersmog) vaak ook betrouwbare parameters ontbreken om hierover te kunnen oordelen. Bovendien kunnen betrokken partijen hierover een andere mening zijn toegedaan omdat andere secundaire milieueffecten voor hen belangrijker zijn. Zo zullen reinigings- en veegdiensten bijvoorbeeld zwerfafval belangrijker achten dan andere betrokkenen. Deze secundaire milieueffecten zullen in de discussie dan ook aparte aandacht krijgen maar kunnen vaak door gebrek aan informatie alleen kwalitatief besproken worden.

De vorming van broeikasgassen vindt bij alle ketenstappen van de productie van kunststofverpakkingen plaats. Een deel van de gassen worden indirect gevormd als gevolg van het gebruik van elektriciteit en de indirecte emissies die het gevolg zijn van de opwekking van deze elektriciteit. Maar ook tijdens het gebruik van verpakkingen voor de bescherming van levensmiddelen wordt elektriciteit gebruikt door producenten, supermarkten en consumenten. Verder worden tijdens de verwijdering verpakkingen verbrand, hergebruikt of gecomposteerd en vinden er eveneens emissies van broeikasgassen plaats. Zodoende is de vorming van broeikasgassen bij productie, gebruik en verwijdering van kunststofverpakkingen afhankelijk van het soort elektriciteit dat wordt gebruikt en de wijze waarop verpakkingen worden verwijderd. Dit betekent dat deze uitkomst locatie afhankelijk is en dat men voorzichtig moet zijn om waarden uit andere landen of werelddelen met elkaar te vergelijken.

Vanwege de variatie in broeikasgasemissies voor dezelfde kunststoffen, geproduceerd met behulp van elektriciteit die op een andere wijze is opgewekt, geeft de kunststofproducerende industrie de voorkeur aan het cumulatieve energiegebruik. Desondanks publiceert de belangenvereniging van de Europese kunststofproducenten wel waarden voor de uitstoot van broeikasgassen, zie de website van [PlasticsEurope](#). Het cumulatieve energiegebruik is de som van alle energie (zowel de energie in de grondstof nafta) als de (elektrische) energie die met elke ketenstap er aan toegevoegd wordt. Deze cumulatieve energiegebruikswaarden zijn goed gedocumenteerd en worden als tweede milieueffect van kunststofverpakkingen in beschouwing genomen. Bij de conventionele kunststoffen is vrijwel al het energiegebruik niet hernieuwbaar van aard (NREU), terwijl bij de hernieuwbare kunststoffen een deel van het energiegebruik hernieuwbaar is (REU) en een deel niet-hernieuwbaar (NREU).

Voor de belangrijkste verpakkingkunststoffen zijn waarden gepubliceerd voor het totale energiegebruik (van aardolie tot verpakking) en broeikasgasvorming, zie Tabel 2. De getoonde

waarden komen uit de website van Plastics Europe Website. Deze zijn inclusief de zogenoemde bijdragen: *feedstock* energie en *pre-combustion* energiegebruik.

Tabel 2: Belangrijkste milieueffecten van kunststofverpakkingsmaterialen van aardolie tot verpakkingsproduct. Van het cumulatieve energiegebruik is het overgrote deel niet hernieuwbaar. [Website Plastics Europe]

Materiaal	Cumulatief energiegebruik, [MJ/kg]	Potentie voor opwarming van de aarde over 100 jaar (GWP-100), [kg CO ₂ eq./kg]
Polyethyleenterephthalaat (PET)		
Fles granulaat	69	2,2
PET fles	104	4,7
PET film	109	5,4
Polypropyleen (PP)		
Granulaat	73	2,0
PP spuitgietartikel	94	2,8
OPP film	99	3,2
Hogedichtheidspolyethyleen (HDPE)		
granulaat	77	1,9
HDPE spuitgietartikel	107	2,4
HDPE fles	104	3,1
Lagedichtheidspolyethyleen (LDPE)		
Granulaat	78	2,1
LDPE film	89	2,4
Polystyreen		
GPPS granulaat	86	3,4
Dieptrekschaal	109	4,3
Nylon-6		
granulaat	120	9,1

In Nederland werd in 2008 ongeveer 442 kton kunststofverpakkingen op de markt gebracht en in 2009 422 kton. [monitoringsrapportage 2009] Hiervan komt een deel in het huishoudelijk restafval terecht en een deel in het bedrijfsafval. De huishoudelijke kunststofverpakkingen kunnen onderverdeeld worden in 43% kunststoffolie (vnl. LDPE, HDPE en PP), 7% draagtassen (vnl. LDPE en HDPE), 37% vormvaste kunststoffen (schalen, bekers, kuipjes, dieptrekverpakkingen: vnl. PP, PET, HDPE en PS), 6% PET-flessen en 8% andere flessen en flacons (vnl. HDPE en PP).[SenterNovem 2009] In het geval deze verdeling op de gehele hoeveelheid van 422 kton kunststofverpakkingen van toepassing wordt verklaard, kan het totaal energiegebruik hiervan worden ingeschat op circa 42 PJ voor de productie van deze

verpakkingen, oftewel circa 1,5% van het nationale energiegebruik. In termen van broeikasgasvorming kan het milieueffect voor de productie van kunststofverpakkingen worden ingeschat op ongeveer 1,5 miljoen ton koolzuurgas equivalenten, oftewel minder dan 1% van de nationale emissie van broeikasgassen.

De vorming van finaal afval is bij kunststofverpakkingen evident bij het storten van huisvuil, bij de vorming van zwerfafval dat niet verwijderd wordt en bij het storten van de vliegassen, gevormd bij de rookgasreiniging van verbrandingsinstallaties. In Nederland wordt gemengd huishoudelijk restafval niet gestort maar hoofdzakelijk verbrand. Ook het kunststofdeel van het veegafval van de reinigingsdiensten wordt verbrand. Wel gestort worden de assen van de verbrandingsinstallaties. Kunststofverpakkingen zullen in Nederlandse afvalverbrandingsinstallaties volledig verbranden. De meest gangbare verpakkingskunststoffen (PE, PP, PET en PS) verbranden volledig tot koolzuurgas en waterdamp. Alleen kleine hoeveelheden toeslagstoffen als talk en kalk zullen in de assen terechtkomen. Coatings gemaakt van aluminium en siliciumoxide zullen in oxidevorm in het as terechtkomen. Dit zijn echter in de regel kleine hoeveelheden en dus te verwaarlozen. PVC vormt zoutzuur tijdens verbranding dat vervolgens met kalkwater wordt gewassen en leidt tot de vorming van calciumchloride. Echter het aandeel van PVC in de verpakkingen in Nederland is gering. Wij schatten het PVC-gebruik in Nederland voor verpakkingen op 1% m/m ds op basis van sorteeranalyses van brongescheiden kunststofafval en kunststoffen uit restafval (dit zijn hoofdzakelijk speelgoedverpakkingen en blisters voor cosmetische en farmaceutische producten).

Andere milieueffecten van conventionele verpakkingskunststoffen, waarover informatie beschikbaar is, zijn: giftige stoffen en uitputting van fossiele grondstoffen.

Antimoonoxide is een noodzakelijke katalysator en stabilisator in PET en wordt toegepast in concentraties tot 300 mg/kg. In een recente Hongaarse studie naar PET-flessen voor mineraalwater werden antimoonconcentraties gemeten van de flessen die varieerden tussen de 210 en de 290 mg/kg, dus grofweg gemiddeld 250 mg/kg. [Keresztes et al. 2009] Dus voor de ongeveer 25 kton PET statiegeldflessen in Nederland wordt jaarlijks ca. 6250 kg antimoonoxide gebruikt. Daarnaast wordt er nog circa 15 kton PET gebruikt voor kleine PET flesjes. Dit resulteert in nog eens ongeveer 3750 kg antimoonoxide, dat via dit type verpakkingen wordt verspreid. Dit wordt bij de huidige verwerking ofwel hergebruikt ofwel verbrand. Bij hergebruik blijft het antimoonoxide in de RPET producten (anno 2010 in Nederland nagenoeg uitsluitend nieuwe flessen en schalen). Bij verbranding komt het antimoonoxide in de vlieg- en bodemassen van de verbrandingsinstallaties terecht en wordt het gestort. Het gebruik van PET verpakkingen leidt dus tot een bekende hoeveelheid antimoon in de verbrandingsresten. Overigens wordt het Nederlandse gebruik van antimoonoxide als vlamvertrager in de behuizing van elektrische

apparatuur hoger ingeschat (namelijk rond de 16000 kg/jaar¹). Toch blijft deze hoeveelheid van rond 10 ton voor PET flessen substantieel voor een schaars metaal met een beperkte wereldvoorraad (2,1 miljoen ton met een jaarlijks mondiaal gebruik van 135 kton). [Diederer 2009]

Specifiek voor PVC wordt (en soms werd) een groot aantal hulpstoffen gebruikt, inclusief enkele zware metalen in lage concentraties als cadmium, lood en kwik. Doordat PVC nu nog zeer beperkt voor verpakkingen wordt toegepast in Nederland, is dit nog nauwelijks relevant. Een specifiek aandachtspunt voor conventionele kunststofverpakkingen vormen drukinkten en lijmen. Voor felle kleuren worden vaak zware metaal gebaseerde pigmenten gebruikt. Er is in Europa een zeer uitgebreide wetgeving om de consumenten te beschermen tegen de migratie van verpakkingcomponenten naar de levensmiddelen. Er zijn ook geen Europese meldingen bekend van overschrijdingen van deze migratielimiten. Wel zijn er wel twee meldingen (uit Texas en Korea) gepubliceerd waar teveel zware metalen werden gevonden in snoepjes verpakt in bont bedrukte PP-zakjes. [Kim 2008, Looney 2006] Dit herbevestigt dat een kwalitatief goed drukproces belangrijk is. Composteerbare verpakkingen hebben het intrinsieke voordeel dat zware metaalpigmenten niet worden toegepast. Dit leidt niet tot een noemenswaardig verschil in consumentenveiligheid maar het betekent wel dat deze verpakkingen geen rol spelen in de verspreiding van deze zware metalen in ons leefmilieu.

Voor de productie van kunststoffen wordt de fossiele grondstof ruwe aardolie gebruikt, ca. 4% als grondstof en ca. 3% als energie, dus in totaal ca. 7%. Specifiek wordt de destillatiefractione nafta gebruikt als grondstof. Deze fractie is meer geschikt als grondstof voor kunststof dan voor brandstof. Zodoende is de productie van kunststoffen gekoppeld aan die van brandstoffen. Het gebruik van kunststofverpakkingen draagt bij aan de uitputting van deze fossiele grondstof. De vraag is hoe ernstig dit is. Dit hangt van de wereldvoorraad en de verbruiksnelheid af, op basis waarvan een tijdsduur geschat kan worden dat ruwe olie goed beschikbaar is. Dit is uiteraard een vereenvoudiging, want er bestaan verschillende soorten olievoorraden, van eenvoudig tot lastig winbaar. Verder neemt de vraag naar olie toe door de opkomst van Aziatische markten en is de vraag dus niet eenvoudig te beschrijven. De olieprijs wordt door marktwerking, politiek en speculanten bepaald. In het geval de prijs stijgt, stappen gebruikers over naar alternatieven, zodat de prijsstijging getemperd wordt. Nagenoeg iedereen houdt rekening met een geleidelijke toenemende vraag naar ruwe olie bij een min of meer gelijkblijvende productie, waardoor de prijs vermoedelijk ook geleidelijk zal stijgen. In het verleden is meerdere keren gewaarschuwd dat er een piek zou gaan plaatsvinden in de olieproductie bij gelijkblijvende of groeiende vraag, de zogenoemde *Peak Oil* hypothese. Piekproducties hebben plaatsgevonden op lokaal olieveldniveau, maar (nog) niet op wereldschaalniveau. Critici van de *Peak Oil* hypothese wijzen

¹ Het aandeel van zogenoemd WEEE afval in het huishoudelijk restafval in de EU is 3-5%. Hiervan bevat de helft gebromeerde vlamvertragers met antimoonoxide als synergist. De spreiding in het antimoongehalte is groot maar het gemiddelde ligt rond de 2 g/kg. [Dimtrakakis 2009]

op de enorme flexibiliteit in de soorten oliereserves en de vraag en stellen dat het nog zeker 50 jaar zal duren alvorens er zich een soort productieplateau zal vormen. [CERA 2006]

Desalniettemin is het huidige gebruik van ruwe aardolie per definitie niet duurzaam en leidt tot uitputting van de fossiele grondstoffen voorraad. Omdat 7% van de ruwe aardolie voor kunststofproductie wordt gebruikt en het merendeel voor de productie van brandstoffen, is het belangrijk om oplossingen voor deze uitputting bij zowel het brandstofgebruik als de kunststofproductie te zoeken. Een grootschalige omschakeling naar alternatieve brandstoffen zal een groter effect hebben. Daar staat tegenover dat juist bij kunststoffen er concrete aangrijpingspunten (kunststofhergebruik en hernieuwbare kunststoffen) zijn, die wel tot 7% van de uitputting kunnen uitsparen.

3.2 Hernieuwbare, biologisch afbreekbare verpakkingen op de Nederlandse markt

De belangrijkste hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen die op dit moment op de markt zijn of in testfase verkeren zijn samengevat in Tabel 3. Dit is uiteraard een momentopname, op basis van de beschikbare kennis.

Tabel 3: Hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen op de Nederlandse markt.

	Soort	Huidig gebruik	Mogelijk gebruik
Vormvast	Moulded fibre schalen	AGF met flowpack	
	Moulded fibre klemdeksels	Eieren	
	SRV schalen	AGF met flowpack	
	SRV en MF borden	Wegwerpservies	
	PF vormdelen en schalen	CD-verpakking	AGF, eieren
	PLA schaal, klemdeksel, kuip en beker	AGF schaal, Bierbekers	Yoghurt, Vlees, Kaas, Boter, Gebak, houdbare salades
	PLA fles en pot		Water
Flexibel	PLA folie	AGF	
	Zetmeelblend krimpfolie	AGF (komkommer)	
	PLA-SiO _x -PLA folie		Vleeschalen, noten
	PLA-Aluminium coating		Noten, rijst, zoutjes...
	Zetmeel-blend folie	Aardappelen, peen, tassen, tijdschriften	
	PLA-Ecoflex blend folie	Tassen, diepvrieszak	
	PLA-Ecoflex blend netten	AGF	
	Natureflex	Zoetwaren	

Zoals uit Tabel 3 blijkt is het aantal huidige toepassingen in de Nederlandse levensmiddelenketen nog relatief beperkt. Dit komt door de hoge technische eisen, de veelal hogere prijs, de onbekendheid met het materiaal en de verwarring over de milieueffecten. Technische eisen die nu nog toepassingen beperken zijn de waterdamp-, zuurstof- en koolzuurdoorlaatbaarheid onder gebruiksomstandigheden. Maar ook dit is geen gegeven maar eerder een momentopname. Kortom, op dit moment worden nog niet alle verpakkingsmogelijkheden van hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen in Nederland benut en de lijst met mogelijke toepassingen zal in de toekomst groter worden.

3.3 Milieueffecten van hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststoffen

Van alle hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen zijn de milieueffecten van polymelkzuur (PLA) het beste gedocumenteerd, bediscussieerd en begrepen. [Vink 2007] Ook van de geperste suikerrietvezelschalen [Roes 2009] en van zetmeelblend-folies [Murphy 2008] zijn enkele milieustudies beschikbaar. Dit staat in schril contrast tot de andere materialen die worden toegepast, zoals Ecoflex. Dientengevolge zullen PLA, zetmeelblend-folies en suikerrietvezelschalen dan ook het meest worden besproken.

3.3.1 Totaal energiegebruik van PLA granulaat

Polymelkzuur (PLA) is een composteerbaar kunststof dat wordt gemaakt van maïs. Het plantaardige zetmeel wordt afgescheiden, omgezet in glucose en gefermenteerd tot melkzuur. Het melkzuur wordt gedimeriseerd tot lactides en deze worden gepolymeriseerd tot polymelkzuur. Doordat melkzuur twee stereoisomere vormen kent, kunnen er door variatie van de verhouding tussen beide optische vormen sterk verschillende soorten polymelkzuur worden verkregen, variërend van rubberachtig tot glasachtig. [Shen 2009] In de huidige praktijk wordt hoofdzakelijk één kwaliteit toegepast die nagenoeg glasachtige eigenschappen bezit. Het productieproces van PLA is goed gedocumenteerd en uit een reeks onafhankelijk getoetste studies [Vink 2003, Vink 2007] is gebleken dat de totale energie-inhoud van PLA van landbouw tot granulaat in de tijd een dalende trend heeft doorgemaakt, zie Figuur 2. Door een reeks productieverbeteringen is zowel het hernieuwbare energiegebruik (REU) verminderd als het fossiele energiegebruik (NREU). [Vink 2003, Vink 2007 en Vink 2010] NatureWorks heeft als zich doel gesteld om het fossiele energiegebruik in de nabije toekomst tot zelfs 35 MJ/kg terug te brengen. [Vink 2010]

Tabel 4: Totale cumulatieve energiegebruik en uitstoot van broeikasgassen voor de productie van PLA granulaat. [Vink 2007, persoonlijke communicatie]

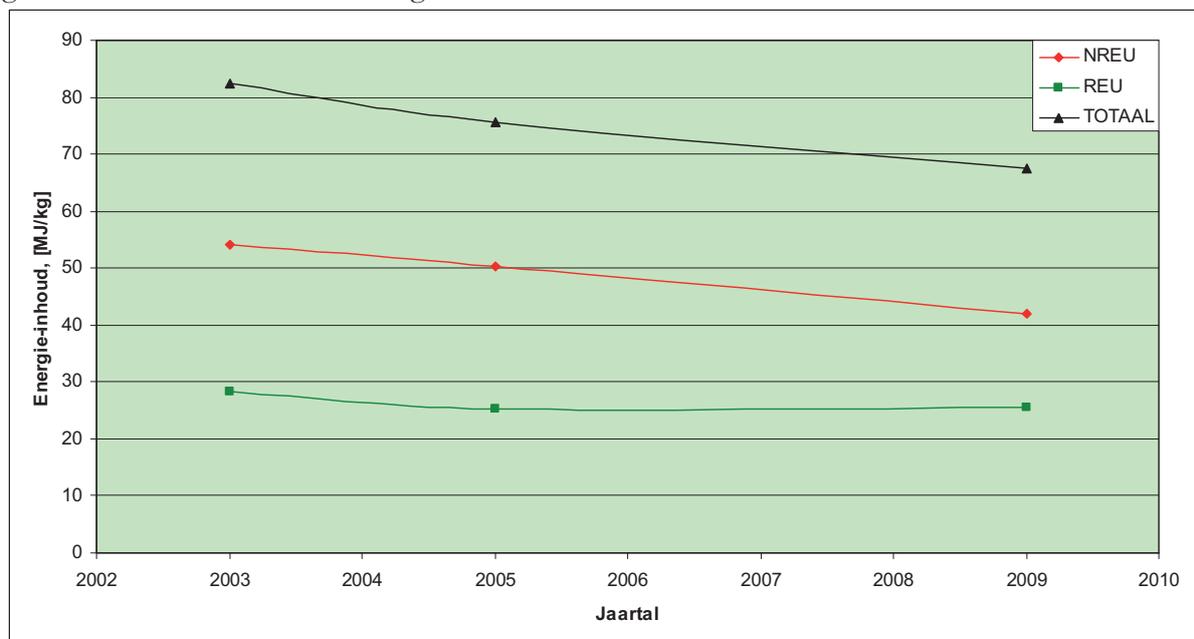
Soort granulaat	Energiegebruik, [MJ/kg]			Potentie voor opwarming van de aarde over 100 jaar (GWP-100), [kg CO ₂ eq./kg]
	REU	NREU	TOT	
PLA, NatureWorks, 2005	25,3	50,2	75,5	2,02
PLA, NatureWorks, 2009	25,6	42,0	67,6	1,3

3.3.2 Broeikasgasemissie van PLA granulaat

De bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen voor de productie van PLA granulaat te Nebraska is in de loop van de tijd fors gedaald, net als de energie-inhoud. Door een reeks productieverbeteringen daalde de bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen van +2,02 in 2005 naar +1,3 kg CO₂ equivalenten per kg PLA granulaat in 2009. [Vink 2007, Vink 2010] Deze GWP-100

waarde voor PLA vormt het verschil tussen de hoeveelheid koolzuurgas geproduceerd vanaf de oogst van het maïs tot de productie van PLA-granulaat en de hoeveelheid koolzuurgas die de maïsplant opnam tijdens zijn groei.

Overigens zijn er ook andere milieuparameters voor PLA verspreid, zoals die in de Eco-invent-database en het Denkstatt-rapport [Pilz 2009], deze parameters zijn echter niet onafhankelijk getoetst en worden dus ook niet gebruikt.



Figuur 2: Ontwikkeling van het cumulatieve energiegebruik voor de productie van PLA granulaat in de tijd, Totale energiegebruik, hernieuwbare energiegebruik (REU) en fossiel energiegebruik (NREU).

3.3.3 Milieueffecten andere hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststoffen

De milieueffecten van het andere biologisch afbreekbare granulaat zijn samengevat in Tabel 5. Voor diverse zetmeel-blends zijn de cumulatieve energiegebruikswaarden en broeikasgasuitstootwaarden gerapporteerd [Patel 2005]. Ook wordt een waarde gegeven voor polyhydroxybutyraat (PHB) dat door fermentatie wordt verkregen, hiervan variëren de milieuparameters in de literatuur aanzienlijk, zie Tabel 5. [Patel 2005]

Thermoplastisch zetmeel kan zelf niet worden toegepast als verpakkingskunststof en moet met andere kunststoffen worden gemengd tot blends om goede eigenschappen te krijgen. De aard van deze andere kunststoffen bepaalt de waarde van de milieuparameters. Wordt de samenstelling van deze blend goed gekozen dan daalt de uitstoot van broeikasgassen.

Kortom, voor de productie van granulaat op basis van PLA en optimale zetmeelblends wordt minder energie gebruikt en minder broeikasgassen uitgestoten dan voor een vergelijkbare hoeveelheid conventioneel kunststofgranulaat.

Voor blend-producten waar hoofdzakelijk Ecoflex in verwerkt is zit lijkt dit niet te gelden. Voor de productie van dit granulaat wordt grofweg evenveel energie gebruikt en evenveel broeikasgassen uitgestoten als voor conventionele kunststoffen. Zo probeert BASF Ecoflex te verduurzamen door deels hernieuwbare grondstoffen te gaan toepassen.

Voor gecoat cellofaanfolie zijn geen onbetwiste milieuparameters in de openbare literatuur gepubliceerd. Volgens de milieukundige van het producerende bedrijf Innovia wordt er eind 2010 een onafhankelijke LCA openbaar, de genoemde waarden in Tabel 5 komen uit de LCA studie die binnenkort openbaar zal worden. Verder geeft Innovia aan dat zij sinds 1985 een reeks procesverbeteringen heeft doorgevoerd waardoor het cumulatieve fossiele energiegebruik van Natureflex folie met 30% gedaald is en de uitstoot van broeikasgassen met 58% gedaald zou zijn. Daarnaast zouden de waarden voor humane giftigheid, eutrofiëring, verzuring, zomersmogvorming aanzienlijk gedaald zijn. [Natureflex brochure] Bovendien zou alle grondstof (houtvezel) inmiddels wel uit duurzaam beheerde bossen komen of uit productiebossen die een aanvraag hebben lopen om hiervoor gecertificeerd te worden. Innovia verwacht dat de milieueffecten van Natureflex in de toekomst verder verlaagd worden.

Tabel 5: Overzicht van de totale energiegebruik en uitstoot van broeikasgassen voor biologisch afbreekbaar granulaat (van cradle to gate) en Natureflex folie.

Materiaal	Energiegebruik, [MJ]/kg			Uitstoot van broeikasgassen, [kg CO ₂ / kg]	Andere relevante milieueffecten	Bron
	REU	NREU	TOT			
TPS		25		1,1		PT
TPS+60% PCL		52,3		3,6		PT
Mater-Bi		53,5		1,2		PT
Mater-Bi NF	1,4	53,4	54,8	1,3		MB
PHB			100	2,3		KM
<i>Materiaal dat alleen als folie op de markt wordt gebracht</i>						
Natureflex NP ^a			90	3,7	Gebruik CS ₂	AS
Natureflex Co ^b			130	5,2	Gebruik CS ₂	AS
<i>Materiaal dat alleen als geschuimde totaalverpakking op de markt wordt gebracht</i>						
PF-Karton	11,1	26,1	37,2	0,9		SH

TPS = Thermoplastisch zetmeel, PCL = polycaprolacton, PF = Paperfoam (data was voor een totaalverpakking van karton, lijm en zetmeel, dat teruggerekend is naar gewicht), Mater-Bi is een handelsnaam van Novamont voor verschillende zetmeel blends, Natureflex is een handelsnaam van Innovia voor verschillend gecoat cellofaanfolies, PHB = polyhydroxybutyraat

A: Natureflex NP is de ongecoat variant die vooral voor zoetwaren wordt toegepast

B: Natureflex Co staat voor alle gecoat varianten van cellofaan als NV, NK, NE die tot flowpacks geseald kunnen worden.

Bronnen: PT = Patel, KM = Kim 2008, MB = Mater-Bi's EPD, AS = persoonlijke mededeling van de heer Andy Sweetman van Innovia films, SH = Shen 2007.

In de tussentijd is er al wel een milieustudie verschenen waarbij ook cellofaanfolie vergeleken wordt met conventionele kunststoffolies. Hier veronderstelt men dat het totale cumulatieve energiegebruik van cellofaanfolie rond de 76 MJ/kg folie ligt op basis van geëxtrapoleerde waarden uit vezelindustrie. [Hermann 2010] De totale milieubalans van cellofaanfolies in deze studie is niet echt gunstig. Wel wordt duidelijk dat de productie van cellofaanfolie gemakkelijk verbeterd kan worden door het gebruik van fossiele energie te beperken en meer duurzame elektriciteit in te zetten.

Innovia compenseert de koolzuuruitstoot ten gevolge van de productie van Natureflex met verschillende projecten, waaronder herbebossing in Cumbria en een biogasproject in Nederland.[Brochures van Natureflex] Dit compenseren staat ter discussie omdat het niets aan het productieproces verandert en er een theoretische grens bestaat aan de hoeveelheid uitstoot die mogelijk gecompenseerd kan worden. Het Britse normeringsinstituut BSI werkt aan een algemeen geaccepteerde standaard voor het berekenen van broeikasgasemissies van producten en diensten en in de ontwerptekst worden koolzuuruitstoot-compensatiemaatregelen dan ook niet toegelaten in LCA berekeningen. [BSI 2008]

3.3.4 Landgebruik en competitie met andere agrarische producten

De teelt van gewassen voor de productie van biologisch afbreekbare kunststoffen neemt een deel van het beschikbare landbouwareaal in. Voor het maken van 1 kg PLA wordt geschat dat er 1,7 m² land wordt gebruikt.[Vink 2007] De huidige productie van hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststoffen gebruikt slechts 0,06 à 0,1% van het gecultiveerde landbouwooppervlak [Carus 2009, Shen 2009]. Bij een toenemende productie van hernieuwbare kunststoffen zal ook het landgebruik uitbreiden. Het wereld potentiaal aan landbouwgrond is nog niet volledig benut, er is nog 570 miljoen ha over. [Carus en Piotrowski, 2009] Hiervoor zijn verschillende redenen:

1. Er zijn gebieden die nog niet in ontwikkeling zijn gebracht (centraal Azië, Afrika en Zuid-Amerika),
2. Er zijn gebieden waar de opbrengst per hectare laag is ten gevolge van landbouwtechnische keuzes en sociologische en culturele aspecten.
3. Braakliggende landbouwgrond in Centraal en Oost-Europa tengevolge van de teruggave van landbouwgrond aan de erfgenamen van de oorspronkelijke eigenaren (van voor de communistische tijd) die de agrarische opleiding en ervaring missen.

Daarnaast worden de huidige bijproducten van de landbouw (zemelen, ondermelk, steeltjes, suikerrietvezels, etc.) op dit moment nog lang niet overal efficiënt benut. De producenten van hernieuwbare kunststoffen ontwikkelen momenteel methoden om dergelijke reststromen als grondstof in te zetten en hiermee het landgebruik verder te verminderen. Kortom er zijn nog veel mogelijkheden om de landbouwproductie te vergroten, van het bestaande areaal of de benutting van reststromen te verbeteren, ten bate van additionele productie van voedsel, hernieuwbare kunststoffen of hernieuwbare energiedragers.

In het verleden werd gesuggereerd dat de productie van biobrandstoffen en hernieuwbare kunststoffen de oorzaak is van de hoge voedselprijzen in 2008. Het LEI heeft de hoge voedselprijzen van 2008 onderzocht en een lange lijst van andere factoren bleek veel belangrijker: misoogsten, verwaarlozing van de landbouw in delen van centraal Azië en Afrika, een algemene piek in het prijsniveau van nagenoeg alle producten, handelsbeperkende export- en importtarieven en een snel groeiende vraag in Zuidoost Azië. Het USDA komt met nagenoeg dezelfde verklaringen voor de hoge voedselprijzen in 2008, maar acht de opkomst van biobrandstoffen wel één van de kleinere relevante factoren (grotere vraag naar tarwe voor de productie van ethanol ten behoeve van biobrandstoffen). [Trostle, 2008] Dus de invloed van de opkomst van biobrandstoffen op de hogere voedselprijzen in 2008 is beperkt geweest. Aangezien het landbouwkundige ruimtebeslag voor de productie van hernieuwbare kunststoffen aanzienlijk kleiner is dan die van biobrandstoffen (factor 300 à 500) zal het effect van landbouwkundige productie voor hernieuwbare kunststoffen op de voedselprijzen in 2008 verwaarloosbaar zijn geweest. Bovendien wordt er momenteel een groot aantal gewassen verbouwd voor non-food toepassingen (tabak, bosbouw, katoen, rubber, industriezetmeel, etc.), die ook niet worden verdacht van het veroorzaken van een piek in de voedselprijzen.

Landgebruik ten behoeve van landbouw en de productie van biomaterialen (rubber, karton, etc.) en biobrandstoffen wordt regelmatig in verband gebracht met het kappen van oerbossen in de derde wereld en het verlies aan biodiversiteit. Inderdaad is er in landen als Paraguay en Brazilië oerbos gekapt voor de productie van soja voor veevoer en in Maleisië en Indonesië voor de productie van palmolie. In de genoemde gevallen ging tropisch bos verloren, nam de biodiversiteit af en werd de leefomgeving van enkele traditioneel levende volkeren ingeperkt. Voor de productie van hernieuwbare kunststoffen wordt echter bestaande cultuurgrond gebruikt, zie Tabel 6. Alhoewel het moment van onttrekking aan de 'wilde natuur' al vaak lang geleden plaatsvond en daarmee de schade in termen van verlies aan natuurgrond en biodiversiteit ook al lang geleden plaatsvond, wordt dit toch anders benaderd in enkele gangbare milieukundige modellen. Zowel het Ecoinvent model als het RECIPE model vergelijken het huidige landgebruik met dat van de voormenselijke, natuurlijke situatie. In het RECIPE model worden tamelijk ingewikkelde inschattingen gemaakt van de toenmalige soortenrijkdom op basis van de geografische positie en van de huidige soortenrijkdom op basis van het soort landgebruik en de mate van verbondenheid met soortgelijke gebieden. Hiervoor is een gedetailleerde systematiek ontwikkeld. Naast het feitelijke landgebruik (*occupation*) wordt ook het effect van veranderd landgebruik (*transformation*) ingeschat uit de verwachte hersteltijd die de natuur nodig zou hebben om naar de oorspronkelijke, natuurlijke situatie terug te keren. [Goedkoop 2008]

Deze modellen beoordelen bijna al het menselijk handelen met betrekking tot landgebruik (huizen bouwen, wegen aanleggen, landbouw bedrijven, mijnbouw plegen) dus als negatief ten opzichte van de oorspronkelijke situatie. In het geval een RECIPE model wordt gebruikt om een hernieuwbaar kunststof te vergelijken met een conventioneel kunststof, zal het hernieuwbare kunststof per definitie negatief scoren met betrekking tot landgebruik en zal het opzettelijke

landgebruik² van conventionele kunststoffen beperkt negatief zijn. Dit is een consequentie van de keuze voor een bepaald model voor het berekenen van de levenscyclusanalyse. Met andere modellen die landgebruik niet of anders meenemen worden andere uitkomsten verkregen.

Tabel 6: Soort landgebruik voor de belangrijkste hernieuwbare kunststoffen en het geschatte tijdsmoment van cultiveren.

Biokunststof	Grondstof, soort landgebruik en locatie	Geschat jaartal ontginning cultuurgronden
PLA	Maïs, agrarische cultuurgrond, “Corn belt” VS	1850
Novamont	Maïs en plantaardige olie, agrarische cultuurgrond, vnl. Italië en andere Europese landen	3000 v Chr.
Natureflex	Naaldhout, productiebossen, VK	1800

Kortom, het landbouwkundig ruimtebeslag en het effect op de voedselprijzen van hernieuwbare kunststoffen is momenteel verwaarloosbaar. Het effect op de biodiversiteit van hernieuwbare kunststoffen is eveneens verwaarloosbaar ten opzichte van de situatie dat dezelfde cultuurgrond voor andere landbouwkundige of bosbouwkundige producten werden gebruikt, maar wel substantieel ten opzichte van de situatie van voor het in cultuur brengen door mensen. Uiteraard moeten er in de toekomst, als de ruwe olie schaars wordt, strategische besluiten genomen moeten worden over de inzet van grondstoffen (fossiele en hernieuwbare bronnen) voor de productie van brandstoffen, materialen en levensmiddelen. Naarmate ruwe olie schaarser gaat worden zal er een groter deel van de landbouwkundige bronnen aangewend worden voor de productie van brandstoffen en materialen. Hogere voedselprijzen en verlies van biodiversiteit kunnen dan alleen voorkomen worden door wereldwijde optimalisatie van de landbouwproductie, meer optimale benutting van reststromen en een meer volledige inzet van het beschikbare landbouwareaal.

3.3.5 Resterende milieueffecten

Voor de productie van PLA granulaat is ongeveer 49 liter water (som van proceswater, koelwater en irrigatiewater) nodig per kilogram granulaat [Vink 2010] wat redelijk vergelijkbaar is met enkele conventionele kunststoffen als PE en PP, iets minder dan PET (62-66 kg/kg) en duidelijk

² Lastig punt hierbij is welke landgebruik men bij conventionele kunststoffen nu in beschouwing moet nemen, alleen het opzettelijk landgebruik van olieraffinaderijen en fabrieken of ook het onopzettelijke veranderde landgebruik veroorzaakt door olielekages en ongelukken.

minder dan PS, PC, PVC en enkele nylonsoorten (Nylon 6,6 > 650 kg/kg).[Website Plastics Europe]

Een deel van de in Amerika geproduceerde maïs is een genetisch gemodificeerd organisme (GMO) en sommige personen vinden het gebruik van GMO's onwenselijk. Deze discussie speelt in het Verenigd Koninkrijk en in discussiefora van het Internet. Hierbij worden verschillende argumenten genoemd. Bioplastics gemaakt van GMO's zouden het gebruik van kunstmest en herbiciden bevorderen, zouden de bodem sneller uitputten en zouden de biodiversiteit verlagen. Alhoewel concrete bewijzen ontbreken, loopt deze discussie klaarblijkelijk nog door. [Webverwijzingen] Door deze discussie zijn enkele grote bedrijven PLA als een mogelijk imagerisico gaan beschouwen. Desalniettemin zijn hernieuwbare materialen gemaakt van grondstoffen afkomstig uit GMO's chemisch niet te onderscheiden van dezelfde materialen die afkomstig zijn van grondstoffen gemaakt van niet-GMO's. Dergelijke materialen bevatten ook geen erfelijk materiaal meer. In de milieukundige beoordeling van het productieproces speelt de GMO discussie derhalve een rol en beperkt deze de toepassing in Europa. De Amerikaanse producent NatureWorks heeft inmiddels op deze marktsituatie gereageerd door aan te bieden conventionele maïs aan te kopen voor dat deel van de PLA-productie dat de klant wenst te kopen. Bovendien worden er nieuwe productieprocessen ontwikkeld waarbij andere grondstoffen zullen worden gebruikt, waarbij deze GMO discussie niet speelt.

3.4 Milieueffecten van het produceren, gebruiken en verwijderen van hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen

Voor een berekening van de milieueffecten van verpakkingen moet additioneel rekening gehouden worden met:

- Transport van granulaat naar verpakkingsproducent,
- Verpakkingsvormingsproces uit granulaat,
- Gewichten van individuele verpakkingen,
- Milieueffecten in de gebruiksfase,
 - Bescherming verpakt product (reductie productuitval)
- Verwerking in de afvalfase, dit kan zijn:
 - Verbranden met energierugwinning
 - Composteren of anaeroob vergisten
 - Gescheiden inzamelen en materiaalhergebruik

In het geval er PLA van Natureworks uit Nebraska wordt toegepast in Europa moet het transport meegenomen worden in de milieueffectanalyse. Dit voegt ongeveer 7 MJ/kg energie toe³ en levert ook een beperkte toename in de uitstoot van broeikasgas equivalenten met 0,37 kg/kg. [Pilz 2009]

Voor de conventionele kunststoffen geldt dit uiteraard ook. Op dit moment wordt het merendeel van verpakkingskunststoffen nog in Europa zelf geproduceerd, maar er is een tendens dat de productiecapaciteit naar het oosten verhuist (vnl. Saoedi-Arabië). Voor toekomstige berekeningen zal het verschil in milieueffecten door transport van granulaat geringer worden.

Bij verpakkingsproductieprocessen wordt 10 tot 40 MJ/kg primaire energie (NREU) verbruikt en 0,5 – 3 kg broeikasgas equivalenten / kg geproduceerd (afhankelijk van het soort energie dat wordt toegepast). Dit is door PlasticEurope goed gedocumenteerd voor de conventionele kunststoffen. [Website PlasticEurope], zie ook Tabel 2. Verwacht wordt dat de milieueffecten van het verpakkingsproductieproces redelijk vergelijkbaar zijn voor hernieuwbare en biologisch afbreekbare materialen. De ervaring leert dat het energiegebruik bij het conversieproces meer wordt bepaald door de leeftijd van de toegepaste machines dan door het toegepaste materiaal. [mededeling M. Patel]

Het individueel verpakkingsgewicht van gelijksoortige verpakkingen gemaakt van verschillende materialen kan om drie redenen verschillen; door een verschil in dichtheid, door een verschillend ontwerp of doordat er een grotere wanddikte nodig is om een gelijke technische prestatie te

³ *Trein van Nebraska naar New-York is 2000 km met 0,001 MJ/km.kg, schip van New-York naar Rotterdam is 6500 km met 0,0007 MJ/km.kg en 200 km van Rotterdam naar een denkbeeldige klant in Groningen met een vrachtwagen met 0,003 MJ/km.kg.*

halen. In enkele gevallen zullen hernieuwbare kunststoffen lichtere verpakkingen opleveren dan conventionele kunststoffen en in enkele gevallen zullen ze zwaarder zijn. Dit is sterk afhankelijk van de product – verpakking - markt combinatie en dus lastig te veralgemeniseren.

Daarnaast heeft de materiaalkeuze invloed op de gebruiksfase, zoals invloed op de houdbaarheid en daarmee op het percentage productuitval of bij bijvoorbeeld afvalzakken met een hogere waterdampdoorlaatbaarheid op de hoeveelheid ingezameld afval en het vochtgehalte. In het geval de toepassing van alternatieve verpakkingsmaterialen leidt tot minder productuitval levert dit een relatief groot positief milieueffect op, aangezien levensmiddelen in de regel meer milieudruk (vaak een factor tien groter) veroorzaken dan verpakkingen.⁴ Helaas is de relatie tussen houdbaarheid en productuitval niet eenvoudig en ook niet openbaar, waarmee de berekening van dit grote milieueffect onzeker wordt, zodat het eindresultaat minder betrouwbaar wordt.

Hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen kunnen in Nederland op drie manieren worden verwijderd. De burger kan ze bij het gemengd huishoudelijk restafval, bij het gescheiden ingezamelde GFT-afval (als ze composteerbaar zijn) of bij het gescheiden ingezamelde kunststofverpakkingsafval werpen.

In het eerste geval zullen de verpakkingen worden verbrand met energierugwinning. In Nederland staan 12 afvalverbrandingsinstallaties, sommige wekken elektriciteit op en leveren warmte, anderen leveren alleen warmte. Volgens SenterNovem hebben deze installaties in 2007 een kleine 5780 kton afval verbrand en hierbij 2967 GWh (10.681 TJ) elektriciteit opgewekt en 8800 TJ warmte geleverd.[SenterNovem 2008] Aangezien de gemiddelde stookwaarde van gemengd huishoudelijk restafval ongeveer 10 MJ/kg is, betekent dit dat het gemiddelde energierugwinningsrendement circa 33% is. De teruggewonnen energie van kunststofverpakkingen is dus het product van de stookwaarde van de desbetreffende kunststof en het conversierendement. De stookwaarden van kunststoffen staan vermeld in Tabel 7 en zijn duidelijk lager dan het cumulatieve energiegebruik. Kortom, het verbranden met energierugwinning is milieuvriendelijk omdat er energie wordt opgewekt (en daarmee vaak fossiele energiedragers kunnen worden uitgespaard), echter het rendement is laag, in de orde van één zesde deel van het totale benodigde energiegebruik voor de kunststofverpakking.

Bij het verbranden van de kunststofverpakkingen ontstaat koolzuurgas. De hoeveelheid koolzuurgas dat ontstaat per kilogram verbrand kunststof wordt emissiefactor genoemd en kan theoretisch worden berekend uit de stoichiometrie van de verbrandingsreactie, zie Tabel 7. Daar staat tegenover dat de emissies ten gevolge van de uitgespaarde energie hier van af mogen worden getrokken. De emissies ten gevolge van conventionele elektriciteitsopwekking en warmteproductie bedragen 65 kg CO₂/GJ_{primair} gemiddeld voor Nederlandse elektriciteit en 68 kg CO₂ eq. /GJ gemiddeld voor warmteopwekking in 2010.[Abeelen 2004] Op basis van de

⁴ In 2006 is dit onderzoek voor verpakte levensmiddelen in bedrijfskantines. Meer dan 120 verpakte producten werden gekocht uit diverse kantines en beoordeeld op totale energiegebruik voor het product en de verpakking. De verhouding tussen energie in het product en de verpakking was 11 ± 15 en de mediaanwaarde hiervan was 7. Deze verhouding is naar verwachting iets voor kantineproducten lager dan voor verpakte levensmiddelen verkocht via het supermarktkanaal. [Thoden van Velzen 2006]

bovenstaande kengetallen kan er vervolgens worden berekend hoeveel warmte en elektriciteit er geproduceerd kan worden uit de verbranding van een kilogram verpakkingskunststof en hoeveel koolzuurgas uitstoot hiermee kan worden uitgespaard, zie Tabel 7. Het verschil tussen de emissiefactor en de vermeden uitstoot is de netto uitstoot van broeikasgassen. Dit is altijd positief, oftewel er wordt meer uitgestoten dan bespaard. De grootste netto uitstootwaarden zijn voor de conventionele kunststoffen, de netto uitstootwaarden voor de hernieuwbare kunststoffen zijn iets lager.

Tabel 7: Stookwaarden van de belangrijkste verpakkingskunststoffen.[Denkstatt 2009 en Davis 2006], aangevuld met de hoeveelheid teruggewonnen energie na verbranding van de kunststoffen in Nederlandse AVI's, de emissiefactoren en de vermeden uitstoot.

Kunststof	Stookwaarde, [MJ/kg]	Teruggewonnen energie onder NLse omstandigheden, [MJ/kg]	Emissiefactor [kg CO ₂ /kg]	Vermeden uitstoot bij verbranden in NL, [kg CO ₂ /kg]
Polyetheleen	44	15	3,14	0,96
Polyetheleenterephthalaat	23	8	2,16	0,50
Polypropyleen	44	15	3,14	0,96
Polystyreen	46	15	3,38	1,01
Polyvinylchloride	27	9	1,41	0,59
Polycarbonaat	31	10	2,27	0,68
Polymelkzuur	27	9	1,83	0,59
Mater-Bi zetmeelblend	15-25 ? ^A	5-8	ca. 2	0,44
Ecoflex	23 ^B	8	2,30	0,50
Natureflex	15 ^C	5	1,63	0,33

A: geschatte waarde op basis van de samenstelling.

B: waarde voor PET als eerste schatting genomen.

C: volgens de Natureflexbrochure gelijk aan dat van hout

In het geval de verpakking gecertificeerd composteerbaar is, mag de burger deze na gebruik bij het GFT afval werpen. De verpakking zal dan onder de industriële composterings-omstandigheden nagenoeg volledig worden afgebroken tot koolzuurgas en waterdamp. Een klein deel van de kunststofmassa zal door de micro-organismen worden omgezet in humus, ook de nutriënten (K, P, N) uit de aanhangende resten levensmiddelen zullen in de compost terecht komen. Dit zijn op zich positieve milieueffecten, die echter tot nu toe zich lastig laten kwantificeren in termen van de belangrijkste milieueffecten voor verpakkingen: energiegebruik en potentie voor de opwarming van de aarde over 100 jaar.⁵ Wel duidelijk is dat composteren een

⁵ Hoogleraar Patel van de Universiteit Utrecht hoopt hier spoedig een publicatie over te openbaren.

beperkte hoeveelheid energie kost en dat hierbij broeikasgassen gevormd worden. Hierdoor is de milieubeoordeling in termen van energiebesparing en broeikasgassenuitstoot van composteren voorlopig niet positief. Als de composteerbare verpakking eveneens hernieuwbaar is, mag het gevormde koolzuur kortcyclisch worden genoemd, omdat een gelijke hoeveelheid koolzuur door planten weer zal worden opgenomen bij de teelt van nieuwe hernieuwbare grondstoffen. De toekenning van het begrip kortcyclisch aan de gevormde broeikasgassen maakt derhalve dat deze niet meegerekend worden en daarmee de compostering als broeikasgasneutraal kan worden beschouwd.

Meerdere GFT-verwerkers hebben geïnvesteerd in warmteterugwinning uit bestaande composteringsinstallaties en vergistingsinstallaties. Dientengevolge zal een steeds grotere stroom van het GFT-afval (en dus ook de daarin aanwezige composteerbare verpakkingen) worden vergist. Bij dit vergisten wordt groen gas geproduceerd en de milieubeoordeling hiervan is positief omdat hiermee aardgas kan worden uitgespaard. De onverteerde resten (digestaat) werden in het verleden altijd gestort maar worden nu óf nagecomposteerd óf mechanische ontwaterd en verbrand. Het energetisch rendement van vergisten van GFT afval in Nederland is niet bekend, wel heeft Attero Venlo gemeld dat zij jaarlijks uit 90 kton GFT 6 miljoen kWh elektriciteit produceren. Dit komt neer op 0,24 MJ/kg GFT, hetgeen minder hoog is dan verbranden maar wel beter dan normaal composteren.

Een deel van de composteerbare verpakkingen wordt volledig afgebroken in een vergistingsinstallatie, maar PLA wordt niet in alle installaties volledig afgebroken. In de komende jaren moet duidelijk worden of hier nog technologische verbeteringen mogelijk zijn. Bij vergisting zullen de biologisch afbreekbare verpakkingen grotendeels afgebroken worden terwijl een deel van de hernieuwbare verpakkingen verbrand zal worden.

In het geval de hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen bij het gescheiden ingezamelde kunststofverpakkingsafval worden geworpen door de burger, zal dit terecht komen bij een automatisch sorteercentrum. Omdat het aandeel hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen minder dan 1 procent bedraagt, worden deze niet positief uitgesorteerd en komen deze bij de 'sorteerrest' terecht. Deze rest wordt doorgaans gemalen, gepelletiseerd tot SRF (*secondary recovered fuels*) en verbrand in ovens (cementovens, buitenlandse kolencentrales, ed.).

Wanneer in de toekomst het aandeel PLA in het gescheiden ingezameld kunststofafval toeneemt wordt het voor de sorteerbedrijven interessant om het PLA af te scheiden en aan een PLA opwerker te verkopen. Vorig jaar is in België een opwerker (Loopla) begonnen met verwerken van PLA resten tot melkzuur en vervolgens weer naar PLA producten. [Website Loopla] Dit is praktisch en milieukundig een interessante mogelijkheid voor de nabije toekomst.

Naast deze drie gangbare verwijderingswijzen zijn er ook ongewenste verwijderingswijzen en nieuw in ontwikkeling zijnde verwijderingswijzen die in de nabije toekomst relevant kunnen gaan worden. Zo kan anaerobe vergisting een alternatieve verwerkingswijze voor composteren worden waarbij wel energie uit het afval wordt teruggewonnen. Daarnaast belandt ook een klein deel van de verpakkingen in het zwerfafval en wordt nog steeds een deel van het afval gestort. Helaas

bestaat er geen deugdelijke statistiek van zwerfafval. Wel weten we dat er in 2006 in totaal 303 kton veegafval is verwijderd [Senternovem 2009] en is er een eerste schatting van 56 miljoen flesjes en blikjes (ca. 1,5 kton) in het zwerfafval gepubliceerd. [Heijungs 2005] Dus waarschijnlijk belandt circa 1 % of minder van de verpakkingen in het zwerfafval. Overigens blijkt uit Zwitsers onderzoek dat de grootste categorieën in zwerfafval zijn: fast-food afval (35%), kranten en folders (25%), diversen inclusief rookwaar en peuken (19%), drankflessen en –blikjes (16%) en als laatste draagtassen (5%). [Heeb 2004]

In 2007 werd er in Nederland 4 miljoen ton afval gestort van de in totaal 60 miljoen ton afval. Het betrof hier voornamelijk bouw- en sloopafval, grond, AVI-resten, bedrijfsafval, reststoffen na sorteren en scheiden, maar ook 116 van de 2.253 kton grof huishoudelijk afval. [Nederlands afval in cijfers, Senternovem juni 2009] Gelet op de samenstelling van grof huishoudelijk afval, zal dit vermoedelijk puin (375 van de 2.253 kton) zijn geweest. [Monitoringsrapportage huishoudelijk afval 2006] Mogelijk dat er verpakkingen op deze wijze zijn gestort, maar waarschijnlijk zal dit weinig zijn geweest.

De resultaten van verschillende milieustudies worden nu per verpakkingsoort besproken: eerst de vormvaste, daarna de flexibele verpakkingvormen.

3.4.1 Klemdeksels

Klemdekselverpakkingen worden gebruikt voor zacht fruit, tomaten en gebak in de supermarkten en producten als hamburgers bij fastfood ketens. Klemdeksels kunnen uitgevoerd worden in hoog transparante kunststof (PET), maar ook in PP, georiënteerd PS, karton, geëxpandeerd PS en ook in het transparante en composteerbare PLA. De klemdeksels van PLA worden momenteel in Frankrijk, Italië, België en Nederland toegepast en zijn lichter dan de vergelijkbare klemdeksels gemaakt van conventionele kunststoffen. Voor dit gewichtsverschil is geen verpakkingstechnologische reden aan te wijzen, het is waarschijnlijk een resultaat van ontwerpkeuzen. Een dergelijk verschil heeft echter wel invloed op de uitkomst van de milieukundige berekeningen, hetgeen men mee zal moeten wegen.

Het Duitse IFEU instituut heeft een gedetailleerde milieustudie gepubliceerd waarin klemdeksels gemaakt van PLA worden vergeleken met die van OPS, PP en PET onder Duitse gebruiks- en verwijderingsomstandigheden. [IFEU 2006] Hierbij werden inschattingen gemaakt van het aandeel klemdeksels dat met het restafval verbrand zou worden en het aandeel dat in het Duitse gescheiden inzamelingsysteem terecht zou komen en vandaar uit of als materiaal zou worden hergebruikt of verbrand zou worden met energierterugwinning. Deze resultaten staan vermeld in Tabel 8. Voor PLA werd gebruik gemaakt van de waarden PLA NatureWorks 2005, zoals vermeld in Tabel 4 en uiteraard werd transport, gebruik en verwijdering in detail doorgerekend. Zelfs met de PLA parameters van 2005 zijn de uitkomsten gunstig voor de uitstoot van broeikasgassen en vergelijkbaar ten aanzien van het totale energiegebruik. Hierbij kan de kanttekening worden gemaakt dat het energiegebruik bij de conventionele kunststof klemdeksels

grotendeels niet hernieuwbaar was, terwijl ongeveer een derde deel van het totale energiegebruik van de PLA schalen wel hernieuwbaar was.

Tabel 8: Resultaten van de IFEU studie uit 2006 naar klemdekselverpakkingen van verschillende materialen, waarbij de milieueffecten van productie tot en met verwijdering werden beschouwd onder Duitse gebruiks- en verwijderingsomstandigheden.

Klemdeksels, alles per 10000 stuk	Gewicht, [kg]	Totaal energiegebruik, [MJ]			Uitstoot broeikasgassen, [kg CO ₂ eq.]
		NREU	REU	TOT	
Polymelkzuur	122	5900	3100	9000	484
Georiënteerd polystyreen	152	7660	40	7700	773
Polypropyleen	169	8550	50	8600	629
Polyethyleen terephthalaat	199	11910	90	12000	929
<i>Uitgerekend zonder mechanische recycling</i>					
Georiënteerd polystyreen GR	152	12570	100	12670	1094
Polyethyleen terephthalaat GR	199	16300	120	16420	1191

GR: Geen recycling

Wanneer de laatst beschikbare milieuparameters voor PLA zouden zijn gebruikt en niet die van 2005, zouden de resultaten gunstiger voor PLA zijn uitpakkt. Bovendien veronderstelt deze IFEU studie dat klemdeksels van PET en PS als materiaal hergebruikt zouden worden, hetgeen op dit moment niet of nauwelijks het geval is, vandaar dat de berekening ook is weergegeven zonder positieve bijdrage voor materiaalhergebruik. PET klemdeksels worden namelijk samen met andere vormvaste PET verpakkingen uitgesorteerd en dit zijn vaak samenstellingen van PET en PE met vaak ook nog papieren etiketten. Een zeer beperkt aantal PET opwerkers kan deze PET-PE samenstellingen tot RPET opwerken. Bovendien belasten de papieren etiketten de waterzuivering van de opwerkers dusdanig dat men nu terughoudend is om gemengd vormvast PET op te werken. Polystyreen wordt momenteel nauwelijks positief uitgesorteerd en komt veelal terecht in de harde kunststofmengfractie die opgewerkt worden tot mengpolyolefine-producten, waar PS in de regel geen deel van uitmaakt, zodat het doorgaans in de afvalfractie terecht komt van de opwerker. Wanneer de milieuberekeningen gecorrigeerd worden voor het niet hergebruiken van deze twee kunststoffen komen er voor deze twee kunststoffen aanzienlijk hogere waarden uit en wordt het voordeel voor PLA aanzienlijk groter.

De Duitse studie beschouwt ook een aantal alternatieve verwerkingsroutes voor de PLA klemdeksels, zoals: composteren, vergisten en chemisch recyclen. Composteren verhoogt de uitstoot van broeikasgassen en het energiegebruik. Vergisten met energieruigwinning is daarentegen iets gunstiger en met chemisch recyclen kan zowel de broeikasgasuitstoot als het energiegebruik worden verminderd. Deze resultaten liggen in de lijn van de verwachting, immers met composteren wordt geen energie terug gewonnen en met vergisten wel. Chemisch recyclen (*back to monomer*) is voor de meeste conventionele kunststoffen niet gunstig, maar er zijn enkele

uitzonderingen (zoals PMMA) en zoals nu dus ook blijkt voor PLA. Inmiddels is er in België ook een concreet opwerkbedrijf met een capaciteit van 1,5 kton waar dit plaatsvindt.[Loopla website]

In de Nederlandse situatie zal een deel van de schalen bij het restafval terecht komen, een deel gescheiden worden ingezameld met het Nedvang systeem en een deel gescheiden worden ingezameld met het GFT afval en worden gecomposteerd. Het is lastig om hier een goede verdeling in te schatten, omdat het Nedvang systeem pas sinds eind 2009 operationeel is in praktisch alle gemeenten en omdat niet bekend is welk deel van de compostbare consumentenverpakkingen ook echt met het GFT-afval wordt verwijderd. Op basis van de waarnemingen van medewerkers van composteringsbedrijven moet dit laatste aandeel erg laag zijn. Dit is in overeenstemming met consumentenonderzoek waaruit blijkt dat slechts 10% van de consumenten wel eens biologisch afbreekbare verpakkingen heeft gekocht en bij het GFT-afval heeft geworpen.[Jager 2007] Kortom, voorlopig kunnen we de resultaten uit deze Duitse IFEU studie ook op de Nederlandse situatie van toepassing verklaren en dus zijn klemdeksel verpakkingen interessant om de milieudruk te verlagen, zeker als er PLA wordt toegepast en dit na gebruik wordt verbrand met energierugwinning of gescheiden wordt ingezameld, uitgesorteerd en vervolgens als monomeer wordt hergebruikt.

Een vergelijkbare studie is ook uitgevoerd voor de Noord-Amerikaanse situatie. De Amerikaanse klemdeksel was zwaarder uitgevoerd dan de referentie van polystyreen.[Madival 2009] Ook hier is het gewichtsverschil tussen beide belangrijk, maar wel het resultaat van vrij willekeurige ontwerpkeuzes zonder verpakkingstechnologische basis. Het belangrijkste verschil tussen de Duitse en de Amerikaanse situatie is de afvalverwerking, aangezien een groot deel van het Amerikaanse huisvuil nog steeds gestort wordt. Storten is een ongewenste afvalverwerkingsmethode omdat hierbij broeikasgassen ongecontroleerd kunnen vrijkomen. Desalniettemin waren beide klemdeksels (PLA en PS) nog steeds redelijk vergelijkbaar in milieueffecten (energiegebruik en potentie voor de opwarming van de aarde), terwijl de PET klemdeksel duidelijk ongunstiger scoorde. Ook een iets oudere Canadese studie komt grofweg tot dezelfde resultaten, alhoewel de PLA klemdeksel hier net iets gunstiger scoorde dan de PS en PET varianten. [Athena 2006] Voor deze beide studies geldt dat onder Nederlandse omstandigheden en met gebruik van recente milieuparameters, PLA aanzienlijk gunstiger zou scoren dan PET en PS.

Alle drie de genoemde studies komen grofweg tot dezelfde conclusies. Voor de productie, het gebruik en de verwijdering van klemdeksels van polymelkzuur is een vergelijkbare of net iets hogere totale hoeveelheid energie nodig dan die gemaakt van polystyreen en polypropyleen, terwijl ze minder fossiele energie (NREU) gebruiken en wel duidelijk minder uitstoot van broeikasgassen veroorzaken. Wanneer deze studies gebruik zouden hebben gemaakt van recentere milieuparameters (zie Tabel 4) en Nederlandse verwijderingswijzen dan zouden de resultaten voor PLA gunstiger uitpakken. Bovendien zijn de meeste conventionele klemdeksels

die in Nederland verkocht worden niet van polystyreen of polypropyleen maar van het meer milieubelastende polyethyleenterephthalaat (PET) en dus zijn klemdeksels in Nederland van PLA duidelijk milieuvriendelijker dan de conventionele gemaakt van PET.

3.4.2 Schalen

Op de Nederlandse markt zijn voornamelijk geperste suikerrietschalen en transparante PLA schalen verkrijgbaar en in mindere mate geschuimde PLA schalen. Van de geperste suikerrietschalen, de transparante PLA schalen en de *moulded fibre* schalen is een Nederlandse milieustudie [Roes 2009] beschikbaar en van de geschuimde PLA schalen is een Canadese milieustudie beschikbaar.

De Utrechtse milieustudie naar biologisch afbreekbare schalen vergeleek vier verschillende open aardbeienbakjes (250 gram) gemaakt van geperste suikerrietvezel (Roots), moulded fibre, transparante PLA en als referentie PET. In deze uitgebreide studie werden de schalen zowel na verpakkingsproductie (cradle-to-gate) als de hele keten inclusief verwijdering (cradle-to-grave) met elkaar vergeleken ten aanzien van een groot aantal milieuparameters en verschillende verwijderingsscenario's. Uit de cradle-to-gate vergelijking kwam naar voren dat de geperste suikerrietvezel en de *moulded fibre* schalen duidelijk een lagere milieudruk veroorzaken bij de parameters: energiegebruik, uitstoot broeikasgassen, verzuring, eutrofiëring en abiotische uitputting, maar dat ze iets minder goed scoorden bij fotochemische oxidatie en landgebruik. De resultaten voor de cradle-to-grave analyse met de in Nederland gangbare verwijderingswijze verbranding met energierterugwinning staan in vermeld in Tabel 9. [Roes 2009]

Tabel 9: Resultaten van de Utrechtse studie naar open aardbeischalen van verschillende materialen, waarbij de milieueffecten van productie tot en met verwijdering (verbranden met energierterugwinning) werden beschouwd onder Nederlandse gebruiks- en verwijderingsomstandigheden.

Schalen, alles per 10000 stuk	Gewicht, [kg]	Energie inhoud, [MJ] ^A			Uitstoot broeikasgassen, [kg CO ₂ eq.]
		NREU	REU	TOT	
Polymelkzuur	78	6710	2200	8910	498
Geperst suikerrietvezel	130	650	355	1005	71
<i>Moulded fibre</i>	73	1930	33	1963	210
Polyethyleenterephthalaat	86	9660	266	9926	642

A: NREU: Niet hernieuwbare energiegebruik (energiegebruik van fossiel energiedragers), REU: Hernieuwbare energie en TOT: totaal.

Uit deze resultaten blijkt duidelijk dat de geperste suikerrietvezelschalen en daarna de *moulded fibre* schalen aanzienlijk minder milieudruk veroorzaken dan de PLA schalen en de PET schalen. Het

verschil tussen de geperste suikerrietvezelschalen en de PET schalen is bijna een factor 1 op 10, terwijl de PLA schalen ten opzichte van de PET schalen maar een klein beetje beter scoorden. Uiteraard kunnen de suikerrietvezelschalen worden gecomposteerd, hierbij zal een klein deel van het materiaal in de aarde worden vastgelegd als humus en zal de bodemvruchtbaarheid verbeteren. Hier ontbreken echter de parameters om het milieurendement te berekenen. Verwacht mag worden dat het niet-hernieuwbare energiegebruik (NREU) en de uitstoot van broeikasgassen iets toenemen, zodat het grote verschil iets kleiner wordt. Kortom, suikerrietvezelschalen die gecomposteerd worden belasten waarschijnlijk het milieu minder dan PET schalen die verbrand worden maar voorlopig is er geen onderbouwd milieukundig argument voor composteren (zolang er geen levensmiddelresten in de schalen aanwezig zijn). Vooral nog lijkt verbranden met energierugwinning een meer geschikte verwijderingsmethode voor suikerrietvezelschalen. [Roes 2009]

Een Canadese studie heeft in 2006 twee soorten vleesschaaltjes met elkaar vergeleken: polystyrene schuimschaaltjes (EPS) en polymelkzure schuimschaaltjes. De gangbare verwijdering in Canada is storten, waardoor de studie slecht vergelijkbaar is met de Nederlandse situatie. Desalniettemin, waren de verschillen tussen beide schaaltes onder deze omstandigheden beperkt en licht in het voordeel voor PLA, zie Tabel 10. Hierbij moet opgemerkt worden dat deze studie is verricht met de waarden van PLA uit het jaar 2005 (Tabel 4) en dat, als men de milieuparameters van PLA uit latere jaren zou nemen, men dan een groter verschil zou hebben gezien in het voordeel van de geschuimde PLA schaal. [Athena 2006]

Tabel 10: Resultaten van de Canadese studie naar vleesschalen van PS schuim vergeleken met PLA schuim, waarbij de milieueffecten van productie tot en met verwijdering werden beschouwd onder Canadese gebruiks- en verwijderingsomstandigheden. Het cumulatief energiegebruik werd in deze studie niet uitgesplitst naar hernieuwbaar en niet-hernieuwbaar.

Vleesschalen, alles per 10000 stuk	Gewicht, [kg]	Totale energie inhoud, [MJ]	Uitstoot broeikasgassen, [kg CO ₂ eq.]
EPS	52,2	5770	231
EPLA	54,8	5590	192

Bohlmann heeft in 2004 een korte vergelijking gepubliceerd tussen yoghurtbekers (8 oz. / 225 gram) gemaakt van PP en PLA onder Amerikaanse omstandigheden. Ondanks dat deze Amerikaanse studie gebruikt maakt van verouderde gegevens en uitgaat van storten zijn de resultaten vergelijkbaar met de bovengenoemde studies uit Utrecht en Canada; er is geen groot verschil tussen het milieueffect van PP en PLA bekers wanneer deze na gebruik worden gestort. [Bohlmann 2004]

Een indicatieve berekening van de energiebalans is gemaakt voor deze yoghurtbekers onder Nederlandse omstandigheden. Hierbij is uitgegaan van dezelfde verpakkingsgewichten voor de yoghurtbekers en is uitgegaan van een totale energie-inhoud van PLA van 65,4 MJ/kg (waarde voor 2006 gecorrigeerd met 7 MJ/kg voor transport naar Nederland). Uit deze indicatieve berekening (Tabel 11) blijkt dat PLA yoghurtbekers ten opzichte van PP yoghurtbekers onder Nederlandse omstandigheden een gunstiger energiebalans bezitten, zowel bij verbranding als bij compostering.

Tabel 11: Indicatieve energiebalans van 10000 stuks PP of PLA yoghurtbekers (225 gram inhoud).

Yoghurtbekers, 10000 stuks	Gewicht, [kg]	Energiegebruik voor productie, [MJ]	Teruggewonnen energie bij verbranden, [MJ]	Totale energiebalans, [MJ]
PP AVI	79	7821	1172	6649
PLA AVI	118	5827	1074	4753
PLA composteren	118	5827	0	5827

3.4.3 Flessen

Drankflessen worden voornamelijk van PET en HDPE vervaardigd, omdat andere kunststoffen de hoge technische eisen niet kunnen halen. De PLA fles heeft een hogere waterdamp-, zuurstof- en koolzuurdoorlaatbaarheid dan de PET-fles en is ongecoat inzetbaar voor relatief weinig veeleisende dranken als mineraalwater, koolzuurvrije frisdranken en melkdranken. Een Canadese studie heeft een (12 ounce / 340 ml) PET fles met een PLA fles vergeleken, zie Tabel 12.

Tabel 12: Resultaten van de Canadese studie naar flessen van PET vergeleken met PLA, waarbij de milieueffecten van productie tot en met verwijdering werden beschouwd onder Canadese gebruiks- en verwijderingsomstandigheden.

Flessen, alles per 10000 stuk	Gewicht, [kg]	Totale energie inhoud, [MJ]	Uitstoot broeikasgassen, [kg CO ₂ eq.]
PET	203	21400	961
PLA	210	19800	744

Hieruit blijkt dus dat zelfs als de flessen worden gestort en een oudere parameterset wordt gebruikt, de PLA flessen nog steeds iets minder uitstoot van broeikasgassen veroorzaken en minder energie benodigen. Dit verschil zal groter zijn onder Nederlandse verwijderingswijzen en met een meer actuele parameterset voor PLA. Hiermee lijken de resultaten vergelijkbaar met de

vergelijkingen tussen andere vormvaste verpakkingen, waarbij PLA in het voordeel is boven PET.

3.4.4 Folie

De flexibele verpakkingmarkt is groot en kent vele deelmarkten. Hernieuwbare en biologisch afbreekbare folies kunnen op dit moment aan de technische eisen voldoen van een aantal deelmarkten, zoals:

- Draagtassen, open zakken, vuilniszakken, hemdtasjes,
- Flowpacks voor AGF (aardappelen, groente en fruit)
- Afsluitfolie voor schalen (top-sealed trays)
- Krimpfolie voor komkommers
- Diepvriesfolie

Van andere flexibele verpakkingen (rekwikkelfolie, stazakfolie, etc.) zijn op dit moment geen hernieuwbare en biologisch afbreekbare producten op de Nederlandse markt verkrijgbaar. Van rekwikkelfolie zijn wel testproducten van Ecoflex op de Nederlandse markt geweest, maar zo ver bekend nu niet meer regulier verkrijgbaar.

Vuilniszakken, hemdtasjes, open zakken en draagtassen

Draagtassen, open zakken, vuilniszakken en hemdtasjes worden voornamelijk van blends van hernieuwbare en biologisch afbreekbare materialen gemaakt, zowel blends van Ecoflex met PLA (o.a. Ecovio) als blends van Ecoflex met thermoplastisch zetmeel (o.a. Biopar) als blends van thermoplastisch zetmeel met polycaprolacton (Mater-Bi film type).

In 2009 heeft het Duitse IFEU een grote milieustudie gedaan naar verschillende vuilniszakken gemaakt van diverse soorten polyethyleen, gerecycleerde kunststoffen en diverse blends van biologisch afbreekbare kunststoffen. Dit is een uitgebreide studie waarvan de opzet en resultaten in presentatievorm zijn verspreid. Hierbij werd zowel de Duitse keten (verbranden met energierugwinning) als de Franse keten (verbranden of storten) geanalyseerd. Aangezien de Duitse situatie goed lijkt op de Nederlandse worden alleen deze gegevens in dit rapport weergegeven.

Een samenvatting van de resultaten staat in Tabel 13. Uit de resultaten blijkt dat de hernieuwbare en biologisch afbreekbare vuilniszakken dikker en zwaarder zijn dan de vuilniszakken van conventionele kunststoffen. Dit komt door de hogere dichtheid van de hernieuwbare en biologisch afbreekbare materialen en de grotere wanddikte die nodig is om gelijke technische prestaties te krijgen. Verder bevatten deze bio-zakken allemaal Ecoflex of polycaprolacton, welke van petrochemische herkomst zijn en een relatief hoog niet-hernieuwbaar energiegebruik kennen.

Zodoende is het weinig verwonderlijk dat het totale energiegebruik van de conventionele vuilniszakken lager is en de bijdrage aan de uitstoot van broeikasgassen ook kleiner is. Als de samenstelling van het bio-zakmateriaal wordt geoptimaliseerd, door zoveel mogelijk hernieuwbare materialen toe te passen, kan er wel een zak worden gemaakt waarvan de milieueffecten die van conventionele polyethylenen gaat benaderen.

Overigens is het jammer dat deze studie geen zakken van Mater-Bi-materiaal heeft geanalyseerd, aangezien de energiegebruikswaarden en broeikasgassen-uitstootwaarden van Mater-Bi gunstig afsteken bij andere zetmeel-blends (zie ook Tabel 5). Waarschijnlijk hadden Mater-Bi zakken een iets minder hoog energiegebruik en iets minder hoge uitstoot van broeikasgassen laten zien dan de Biopar zakken, maar nog steeds hoger dan de conventionele zakken.

Wanneer we de andere milieueffecten (eutrofiëring, verzuring, landgebruik en zomersmog) in ogenschouw nemen dan zijn deze duidelijk ongunstig voor de biologisch afbreekbare vuilniszakken.

Tabel 13: Resultaten van de IFEU studie naar 20 liter vuilniszakken van diverse soorten polyethyleen vergeleken met diverse blends van biokunststoffen, waarbij de milieueffecten van productie tot en met verwijdering werden beschouwd onder Duitse gebruiks- en verwijderingsomstandigheden. Productieland wordt aangegeven met PL = Polen en CH = China.

Vuilniszakken (20 ltr), alles per 10000 stuk	Gewicht, [kg]	Totaal energie gebruik, [MJ]	Uitstoot broeikasgassen, [kg CO ₂ eq.]
HDPE PL, 12,5 µm	64,5	3306	263
HDPE CH, 12,5 µm	69,2	4041	317
LLDPE PL, 20 µm	99,9	4500	381
Biopar 25 PL, 25 µm	176,9	9551	904
Biopar 15 PL, 15 µm ^A	106,1	5694	543
Biopar 25 ecoflex ng PL, 25 µm ^A	176,9	7439	727
Biopar 15 ecoflex ng PL, 15 µm ^A	106,1	4427	435
Ecovio PL, 15 µm ^B	115,0	9422	839

A: Nieuwe varianten die op dit moment nog niet geproduceerd worden, maar wel geproduceerd zouden kunnen gaan worden

B: De fabrikant BASF raadt het gebruik van Ecovio uitsluitend aan als GFT-afvalzak, niet als restafvalzak, toch is deze meegenomen

Deze uitgebreide studie is ook verricht voor 30 liter vuilniszakken en 120 liter vuilniszakken. De resultaten voor 30 liter zakken zijn nagenoeg vergelijkbaar met die van de 20 liter. Voor de 120 liter zakken is een vergelijking gemaakt tussen zakken uit *virgin* polyethyleen en *post-consumer-recycled* polyethyleen. Hier scoorde het hergebruikte materiaal duidelijk beter dan het nieuwe. Deze zakken werden niet met hernieuwbare of biologisch afbreekbare zakken vergeleken.

In 2008 is er een zeer uitgebreide milieustudie naar draagtassen en hemdtasjes in het Verenigd Koninkrijk gepubliceerd. [Murphy 2008] In deze uitgebreide studie worden veel maatschappelijke en milieuaspecten van draag- en hemdtasengebruik in supermarkten besproken, een uitgebreid literatuuroverzicht gepresenteerd en een tweetal levenscyclusinventarisaties met andere methodologieën en datasets getoond. Hierbij werden de reguliere HDPE tassen, Mater-Bi tassen, Ecoflex-PLA blend tassen en oxo-degradeerbare tassen met elkaar vergeleken met de methodologie van CML 2000 en die van Eco-indicator 99 en met verschillende verwijderingswijzen (storten, verbranden met energierugwinning en composteren). Als functionele eenheid werd gekozen voor de hoeveelheid boodschappentassen die nodig zijn om 10000 liter boodschappen, in driekwart gevulde tassen, naar huis te dragen. De milieudruk werd uitgedrukt in gesommeerde scores voor alle verschillende milieueffecten en de verschillen tussen de draagtassen en hemdzakjes waren niet groot. Beide methodologieën gaven grofweg vergelijkbare, maar in detail andere uitkomsten. Met de Eco-Indicator methode was de milieudruk van Mater-Bi zakken lager dan van HDPE tenzij de HDPE zakken als materiaal werden hergebruikt (met 90% grondstof uitsparing). Dit laatste is echter onwaarschijnlijk omdat er geen HDPE uit *post-consumer waste* kan worden gesorteerd maar alleen PE. Dus volgende de Eco-indicator methode is de milieudruk van de Mater-Bi zakken lager. Met de CML methode bleek de oxo-degradeerbare tas, die verbrand wordt met energierugwinning, optimaal en lieten de Mater-Bi tassen weer lage bijdragen aan de uitstoot van broeikasgassen zien. De Ecoflex-PLA blend tassen scoorden duidelijk minder goed dan de Mater-Bi tassen. Overigens werden de eventueel toxische effecten van de gebruikte additieven in oxo-degradeerbare tassen niet beschouwd, waarschijnlijk door een gebrek aan openbare informatie omtrent de samenstelling van deze tassen. Deze studie is interessant omdat het zowel de verschillende detail-uitkomsten van verschillende methodologieën laat zien als de generieke overeenkomsten. Biologisch afbreekbare Mater-Bi tassen veroorzaken in principe een iets lagere milieudruk dan HDPE gebaseerde draagtassen. Van de verwijderingswijzen zijn materiaalhergebruik en daarna verbranden met energierugwinning de meest wenselijke. Storten en composteren zijn in het algemeen de minder wenselijke. [Murphy 2008]

Een Singaporese studie uit 2010 vergelijkt PP draagtassen met PHA draagtassen en komt tot de conclusie dat het soort energie dat gebruikt wordt voor de productie van de PHA bepalend is voor het totale milieueffect. Wanneer er energie van een kolencentrale wordt gebruikt zijn de PP draagtassen milieuvriendelijker, wordt er aardgas gebruikt dan is er weinig verschil en wanneer er energie uit aardwarmte wordt gebruikt dan zijn PHA tassen milieuvriendelijker. [Khoo 2010] Een PHA draagtas zal minder milieudruk veroorzaken ten opzichte van een PP draagtas die verbrand wordt met energierugwinning, als deze met aardgas of hernieuwbare energie wordt geproduceerd en verbrand wordt met energierugwinning of wordt gecomposteerd. [Khoo 2010]

Een Australische studie naar conventionele en biologisch afbreekbare kunststofzakken van 2003 [Nolan ITU 2003] komt in grote lijnen tot dezelfde uitkomsten als de Duitse IFEU studie. Ook hier komen de conventionele kunststofzakken als de meest milieuvriendelijke uit de bus. Deze uitkomsten contrasteren dus met de Engelse studie en de Singaporese studie, waar de hernieuwbare materialen beter scoren. Hieruit blijkt dat de veronderstellingen (welke materialen, welke verwijderingswijze) en de ouderdom van de parametersets de uitkomsten bepalen.

Een Franse studie naar conventionele kunststof (LDPE) draagtassen versus papieren draagtassen uit 2008 laat zien dat, onder Franse gebruiks- en verwijderingswijzen, de conventionele kunststof draagtas minder energie gebruikt, meer uitstoot van broeikasgassen veroorzaakt, aanzienlijk minder water gebruikt, minder verzuring veroorzaakt, minder eutrofiëring veroorzaakt, maar wel meer fotochemische oxidatie en finaal afval veroorzaakt. [Ecobilan 2008]

Zware biologische groente als aardappelen en winterpeen worden in Nederland verpakt in zakken gemaakt van Mater-Bi-materiaal en zetmeel-ecoflex-blends met macro-perforaties, terwijl de vergelijkbare gangbare producten in polyethyleen zakken worden verpakt met gelijke gaten. Een vergelijking in milieueffecten tussen de biologisch afbreekbare zakken en de polyethyleenzakken voor aardappelen en winterpeen is nog niet gemaakt en een eenvoudige uitspraak kan hier ook niet over worden gedaan omdat het gebruikte Mater-Bi materiaal voor groente dunner is dan voor vuilniszakken. Verder is de dichtheid (gewicht per zak lager) en is er een gunstige invloed op de houdbaarheid van de groente. Deze toepassing kan dan ook niet milieukundig worden beoordeeld.

PLA flowpackfolie

PLA folie wordt in Nederland toegepast voor het verpakken van enkele verse biologische groenten en gesneden groenteproducten. Het is een harde, glasachtige folie met een iets hogere waterdampdoorlaatbaarheid dan het conventionele OPP-folie en redelijk vergelijkbare gasdoorlaatbaarheidswaarden. De benodigde doorlaatbaarheidswaarden worden verkregen door het folie op maat te perforeren. Grote gaten als de waterdampdoorlaatbaarheid verder moet worden verhoogd of kleine microperforaties als alleen de gasdoorlaatbaarheid moet worden verhoogd. In het grootste deel van de toepassingen is de houdbaarheid gelijk voor het in OPP of PLA folie verpakte product, alhoewel er uitzonderingen bekend zijn voor vochtgevoelige producten als taugé, champignons, tomaten, paprika's, verse spinazie, saladeproducten en gesneden groenteproducten. De ervaring van groentebedrijven leert dat de houdbaarheidswinst kan oplopen tot 2 dagen.⁶ Uit eigen onderzoek kunnen wij bevestigen dat PLA folie een gunstige invloed op de houdbaarheid van groenteproducten kan hebben, maar dit niet altijd heeft, vermoedelijk door variaties in de initiële kwaliteit van de groente.

⁶ *Persoonlijke mededelingen van de heren P. Hendriks van EOSTA en M. Heythuisen van Hessing Uden.*

Er zijn geen milieustudies gepubliceerd die OPP met PLA folie vergelijken. In de Canadese Athena studie wordt polystyreen vensterfolie vergeleken met PLA vensterfolie voor enveloppen. Onder de Canadese omstandigheden blijken de verschillen in milieueffect gering te zijn. [Athena 2006]

Een indicatieve berekening van de energiebalansen voor het gebruik en verbranden van OPP en PLA folie onder Nederlandse omstandigheden is gegeven in Tabel 14. Hierbij is uitgegaan van een 20 x 30 cm flowpack met 25 of 30 μm dikte. In de huidige praktijk worden meestal 30 μm dikke OPP folie toegepast (aangezien dünnere PP-folies sneller scheuren) en 25 μm dikke PLA folies omdat dit iets goedkoper is en PLA folie voldoende stevig is. Voor het cumulatieve energiegebruik van PLA is de granulaatwaarde uit Tabel 4 genomen, verhoogd met 7 MJ/kg voor het transport en afgerond 25 MJ/kg⁷ voor het blazen van folie, zodat dit uitkomt op 99,6 MJ/kg praktisch gelijk aan de waarde voor OPP folie. Bovendien is een inschatting gemaakt van het totale fossiele energiegebruik door het hernieuwbare energiedeel van de productie van PLA niet meer mee te tellen.

Eveneens is de vorming van broeikasgassen indicatief ingeschat door de PLA granulaatwaarde uit Tabel 4 te verhogen met een bijdrage voor transport en conversie. Vervolgens is de uitstoot, ten gevolge van verbranding, uitgerekend met de emissiefactoren (Tabel 7) en is de uitgespaarde uitstoot, ten gevolge van de energieopwekking, berekend. Hieruit blijkt dat de verschillen klein zijn tussen het fossiel energiegebruik en de vorming van broeikasgassen voor OPP en PLA folie en dat PLA folie licht in het voordeel lijkt te zijn. De inschattingfouten bij deze berekening zijn redelijk groot (zoals de verwachte, maar niet precies gekende op de houdbaarheid en dus productderving), waardoor de betekenis van het verschil klein is, zie ook de vervolgberekening in Tabel 18.

⁷ De meningen van de beoordelaars waren niet unaniem over de juistheid van deze waarde, echter er was geen breed geaccepteerde waarde openbaar beschikbaar.

Tabel 14: Indicatieve berekening van het energiegebruik (boven) en de vorming van broeikasgassen (beneden) voor 10000 stuks flowpack folie voor gesneden AGF product van 20x30 cm en 25 of 30 µm dikte.

Flowpack, 10000 stuks	Gewicht, [kg]	Energiegebruik bij productie, [MJ]	Teruggewonnen energie bij verbranden, [MJ]	Totaal energiegebruik, [MJ]	NREU, totaal fossiel energiegebruik, [MJ]
OPP-25	28	2760	360	2360	2360
PLA-25	38	3735	335	3400	2440
OPP-30	33	3310	440	2830	2830
PLA-30	45	4480	400	4080	2930
Flowpack, 10000 stuks	Gewicht [kg]	Koolzuur uitstoot tgv productie	Koolzuur uitstoot bij verbranden	Uitgespaarde uitstoot tgv energieopwekking	Totaal
OPP-25	28	88	87	-24	151
PLA-25	38	93	69	-22	139
OPP-30	33	106	104	-29	181
PLA-30	45	111	83	-27	167

PLA folie wordt niet alleen als flowpackfolie toegepast maar zou ook kunnen worden gebruikt als sluitfolie voor top-sealed trays op basis van PLA voor luxe salades. Hier is de vergelijking echter niet met OPP-folie maar met PET OLAF folie. Aangezien de schalen onderdeel van het totale verpakkingsconcept zijn en veel zwaarder zijn dan de sluitfolies, is het milieueffect van de schalen veel belangrijker bij deze toepassing. Omdat PLA schalen duidelijk minder energie bevatten en broeikasgassen uitstoten dan PET schalen wordt in dit geval een duidelijk milieuvoordeel voor het hernieuwbare verpakkingsconcept verwacht.

3.4.5 Barrièrefolie

Het tegenwoordige toepassingsgebied van commercieel verkrijgbare hernieuwbare, biologisch afbreekbare kunststofverpakkingen wordt begrensd door de hogere waterdampdoorlaatbaarheid en gasdoorlaatbaarheid. Hierdoor kunnen er op dit moment lastig verpakkingen worden ontworpen die vochtgevoelige of oxidatiegevoelige producten voldoende beschermen. Enkele verpakkingsbedrijven hebben zich dan ook als doel gesteld om hernieuwbare barrièrematerialen te ontwikkelen. Één van die voorbeelden is gemetalliseerde PLA folie. Hierbij wordt een dun laagje aluminiummetaal op PLA-folie gedampt en ontstaat een goede barrièrefolie voor zuurstof gevoelige producten. Een ander voorbeeld is PLA-SiO_x-PLA folie. Hierbij wordt een dunne glascoating aangebracht tussen twee laagjes PLA folie. Dit transparante folie heeft ook een goede

gasbarrière. Het is echter een redelijk stijve folie en laat zich lastig verwerken op flowpackmachines. Het lijkt meer geschikt als deksel folie voor top-sealed trays. Geschikte toepassingsgebieden zijn dan schalen met noten, vers vlees, kaas en belegde broodjes, waar het PET-schalen zou kunnen vervangen. Een specifiek aandachtspunt dat dan wel opgelost moet worden is de lekkage rond de seallijn op de deksel ten gevolge van het vervormen van het stijve folie tijdens het sealproces.

Een recente ontwikkeling in de ontwikkeling van bio-barrières komt van DSM en behelst het opdampen van een zeer dunne laag melanamine op onder andere PLA-folie. Dit barrièrefolie zou transparant zijn, een zuurstofdoorlaatbaarheid van minder dan 40 ml/m².bar.dag bij 23°C en 0%RV bezitten en nog steeds composteerbaar zijn. [Symphase website]

Er is één milieustudie over dergelijke folies gepubliceerd. [Hermann 2010] Hierbij werden verschillende conventionele vochtbarrièrefolies vergeleken met deze biobarrièrefolies met SiO_x, AlO_x of aluminium als barrièrelaag en PLA of papier als drager. Als minst milieubelastende vochtbarrièrefolie werd een conventioneel laminaat van papier, PE en PP beoordeeld, de bio-barrières met SiO_x, AlO_x of aluminium werden als iets meer milieubelastend beoordeeld. Op basis van deze publicatie lijkt het opdampen van barrières geen groot negatief milieueffect te hebben. In deze publicatie zijn echter geen absolute milieuscores of bronparameters (zoals het totaal energiegebruik voor de productie van dergelijk biobarrières) te vinden. Op zich is het weinig verwonderlijk dat dergelijk laminaatfolies minder goed functioneren ten opzichte van redelijk eenvoudige conventionele vochtbarrièrefolies. Interessanter voor verpakkings-toepassingen van levensmiddelen is te weten hoe dergelijke biobarrières presteren ten opzichte van conventionele laminaten met Nylon en EVOH. Hierover is helaas geen informatie beschikbaar.

Een andere aanpak is het Innovia NK folie wat bestaat uit cellofaan met een dunne PVdC-coating. Hierbij geeft de PVdC-coating de folie seal- en barrière-eigenschappen. Omdat deze coating zo dun is, voldoet ze nog steeds aan de eisen die gesteld worden aan composteerbaar folie. Uit eigen ervaring weten wij dat dit folie verpakkingstechnologisch goed presteert maar soms op weerstanden bij gebruikers stuit omdat er chloor in is verwerkt.

3.5 Vergelijking met gerecycleerde verpakkingen

Het enige gerecycleerde kunststof dat op dit moment op de Nederlandse markt beschikbaar is voor levensmiddelenverpakkingen is RPET uit PET flessen. Dit RPET wordt toegepast in flessen, schalen en klemdeksels. Het overige kunststofverpakkingsafval wordt voor andere toepassingen hergebruikt (gebruiksartikelen, speelgoed, auto-onderdelen, bouwkunststof, etc.), zie Tabel 15.

Tabel 15: Schematisch overzicht van de wijze waarop kunststofverpakkingen uit huishoudens nu worden hergebruikt in Nederland. Vraagteken geeft aan dat het technisch mogelijk is, maar niet duidelijk is of het ook gebeurt.

Verpakkingsoort	Materiaalhergebruik als verpakking	Materiaalhergebruik als gebruiksartikel	Energieterugwinning
PET-flessen	X	X	
PET vormvast overig		- ²	X
PE vormvast		X	
PE folie		X	X
PP vormvast		X	
PP folie		X	X
PS vormvast		X ¹	X
PVC		?	
Meerlaagse folies		?	X
Meerlaags vormvast		?	X

1: Omdat de hoeveelheid vormvast PS in Duits gescheiden ingezamelde kunststofafval beperkt is, wordt het in slechts een paar sorteercentra uitgesorteerd, daardoor wordt er ook minder van opgewerkt. Omdat Nederlands kunststofverpakkingsafval voorlopig gebruik maakt van Duitse sorteercentra, wordt er nog nauwelijks PS uit Nederlands kunststofverpakkingsafval van huishoudens opgewerkt.

2: PET vormvaste verpakkingen anders dan flessen (schalen, dieptrekverpakkingen en bekers) worden momenteel negatief uitgesorteerd bij de sorteercentra en worden verbrand voor energierecuperatie. Een klein deel wordt in de PET flessenfractie meegesorteerd en dit deel wordt wel mee opgewerkt, maar dit is een relatief klein deel. In de toekomst kan deze fractie wel worden opgewerkt, mits het verpakkingsontwerp wordt aangepast.

Voor het totale proces van PET materiaalhergebruik: inzamelen, wassen, scheiden op dichtheid, drogen, vacumeren in een solidstate reactor, reformuleren en extruderen is de massabalans ongeveer 75% en wordt er ongeveer 5-10 MJ/kg aan energie toegevoegd. [Arena 2003, Mølgaard 1995, Perugini 2005] Verder wordt een kleine hoeveelheid onopwerkbaar kunststofafval geproduceerd dat verbrand moet worden, is er in de regel veel proceswater nodig en moet er vervuild afvalwater worden afgevoerd ter zuivering.⁸

Materiaalhergebruik van PET-flessen levert dus een RPET recycleat met een relatief gering energiegebruik ten opzichte van het oorspronkelijke PET materiaal. Het gebruik van RPET is een milieukundig verantwoorde keuze ten opzichte van PET.

Andere vormvaste kunststofverpakkingen op basis van PE en PP worden hergebruikt als gebruiksartikel variërend van dunwandige bloempotjes, emmers, bumpers, kabelomhulling, waterafvoergoten, tuinmeubelen, etc. Voor het moment is het efficiënter voor de opwerkindustrie om granulaat voor dergelijke producten te maken. Technisch is het nu al deels

⁸ De hoeveelheid en kwaliteit van de informatie over het opwerkproces is nu nog beperkt in de openbare wetenschappelijke literatuur. Veel LCA's maken dan ook gebruik van vertrouwelijke –niet verifieerbare– procesinformatie.

mogelijk om hoogwaardiger toepassingen te verwezenlijken, maar dit is duurder en risicovoller. Toch is het de verwachting dat dit in de komende jaren stapsgewijs gaat plaatsvinden.

Tot de kunststofverpakkingen die op dit moment nog niet worden opgewerkt behoren: niet-flessen PET (schalen, flacons, dieptrekverpakkingen en bekers), meerlaagse vormvaste verpakkingen (barrièreschalen voor vlees, vleeswaar, kaas, etc.) en meerlaagse folieverpakkingen (chipszak, voorgebakken stokbroodzak, dekselolie vleesverpakkingen, etc.). Mogelijk dat een deel van deze verpakkingen in de toekomst wel als materiaal zou kunnen worden opgewerkt. Anderzijds vormen deze ingewikkelde verpakkingen ook een prima toepassingsgebied voor hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen, hetgeen dus varieert van chipszakken tot luxe saladeschalen.

De opwerkindustrie voor conventionele kunststoffen zal zich nog ontwikkelen in de komende decennia en hernieuwbare materialen als PLA en zetmeel-blends zullen hier onderdeel van gaan uitmaken. Voor PLA is het nodig dat het materiaal wordt uitgesorteerd, de zetmeelblends kunnen voorlopig met foliemateriaal gemeenschappelijk worden opgewerkt. PLA kan nu al in België worden hergebruikt als materiaal. Het vereist dat de inzamelaars het materiaal toestaan, de sorteerbebedrijven het eruit gaan sorteren en dat het aan de opwerkers verkopen. Om een dergelijke keten rendabel te maken is het belangrijk dat de af te scheiden PLA stroom niet te klein is, dus liefst meer dan 5% bedraagt. Omdat deze 5% drempel nog niet in zicht is, is het lastig om de aanlooptijd voor deze systeemintegratie in te schatten.

4 Discussie

Hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststoffen hebben zich in het afgelopen decennia technisch sterk ontwikkeld. Voor een groeiende groep verpakkingstoepassingen kunnen deze kunststoffen inmiddels even goed beschermen tegen bederf en productuitval als conventionele kunststofverpakkingen. Dit geldt nog niet voor alle levensmiddelen. Voor toepassing als milieuvriendelijke verpakking is een gelijke verpakkingsprestatie (houdbaarheid) wel de minimale eis, aangezien het milieueffect van de productie van levensmiddelen ongeveer tien maal zo groot is als dat van verpakkingen. De toepassingen, waarvoor de hernieuwbare, biologisch afbreekbare verpakkingen op dit moment geschikt zijn, en het vergelijkende milieueffect ten opzichte van de conventionele verpakkingen staan weergegeven in Tabel 16. Dit vergelijkende milieueffect is gebaseerd op het literatuuroverzicht van LCA studies en wordt beïnvloed door diverse factoren, zie paragraaf 4.1 en verder.

Tabel 16: De tegenwoordige toepassingen van hernieuwbare, biologisch afbreekbare verpakkingen en het ingeschatte vergelijkende milieueffect ten opzichte van conventionele kunststofverpakkingen (+ = hernieuwbare of bioafbreekbare is in het algemeen beter voor het milieu, 0 = maakt niet veel uit, - = conventionele is beter voor het milieu).

Verpakkingssoort	Huidig gebruik	Vergelijkend milieueffect tov conventionele kunststof verpakkingen
MF / PF schalen	Zacht fruit, AGF	+
MF klemdeksels	Eieren	+
SRV schalen	AGF	+
PLA bekers	Bierbekers, food service	+
PLA schalen	AGF	+
PLA folie	AGF	+
Zetmeel-blendfolies	Aardappelen, peen,	?
Zetmeel-blendfolies	Draagtassen, hemdtasjes, vuilniszakken	+
Zetmeel-Ecoflex-blendfolies	Vuilniszakken	-
	Mogelijk gebruik	
PLA beker met PLA folie of gemetalliseerd PLA folie	Yoghurt, desserts	+
PLA schaal met PLA-SiO _x -PLA of PLA-melamine topfolie	Noten, vers vlees, kaas, belegde broodjes, houdbare salades	+
PLA/Aluminiumfolie	Chips, noten, zoutjes....	+

Deze lijst is uiteraard een momentopname. Zowel de conventionele als de hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststofindustrie ontwikkelt nieuwe producten, waardoor dit overzicht over enkele jaren waarschijnlijk weer gedateerd zal zijn en aangepast zal moeten worden. Deze beoordeling is dus ook geen definitieve beoordeling maar een tijdelijke. Duidelijk is dat er enkele toepassingen zijn waar hernieuwbare, biologisch afbreekbare verpakkingen op dit moment al beter lijken te presteren op milieueffecten dan de conventionele kunststofverpakkingen, maar dat betekent nog niet dat deze verpakking dan automatisch gekozen wordt door de verpakkende industrie. Voor de verpakkende industrie spelen vooral de beschikbaarheid, prestaties, machine hanteerbaarheid, kosten en de wensen van de verkopende partij in het afzetkanaal (retail, food service) een rol. Voor de verkopende partij zijn prestaties, prijs, inpasbaarheid in het logistieke systeem, marketingaspecten en inpasbaarheid in de totale productportefolio belangrijk.

Van al deze belangen is de meerprijs een duidelijk probleem voor de toepassing van hernieuwbare, biologisch afbreekbare verpakkingen. Deze varieert uiteraard en begint grofweg met +5-10% voor vormvaste kunststoffen tot zelfs +200% voor folie. Deze meerprijs vindt deels zijn oorsprong in de kleinere productievolumen en deels in de producteigenschappen. Voorlopig wordt nog niet verwacht dat dit prijsverschil veel kleiner zal worden. Als de prijs van ruwe olie stijgt, dan zal het prijsverschil maar iets kleiner worden omdat de prijs van conventionele kunststoffen dan uiteraard zal stijgen maar ook de prijs van hernieuwbare, biologisch afbreekbare kunststoffen zal iets meestijgen. Kortom, dit is een inherente eigenschap die de huidige toepassing beperkt. Uit recente gesprekken blijkt dat één verpakkend bedrijf eigenlijk wil gaan stoppen met enkele biologisch afbreekbare, hernieuwbare verpakkingen om te bezuinigen, maar dat de uiteindelijke beslissing bij de afzetpartner ligt, die dit om imagoredenen voorlopig nog niet wenst.

De marketingaspecten van hernieuwbare, biologisch afbreekbare verpakkingen zijn juist positief. Veel burgers denken positief over hernieuwbare, biologisch afbreekbare kunststoffen, ook al kan de interpretatie daarvan nogal verschillen. [Jager 2007] In ieder geval geeft het gratis aandacht in kranten, populair wetenschappelijke magazines en zelfs op TV. Toen er begonnen werd met het verpakken van biologische AGF in biologisch afbreekbare folies werd er gedacht dat de duurdere verpakking zou helpen als reclamemiddel om meer biologisch AGF te verkopen. Dit lijkt in de praktijk niet zo uit te pakken. Volgens de Greenery leiden incidentele ompakacties sowieso niet tot meer volume en moet het onderdeel uitmaken van het totale imago en marketingplan om succesvol te kunnen zijn. [Koot, 2009]

De belangrijkste redenen om levensmiddelen in hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen te verpakken zijn op dit moment:

- Biologische AGF verpakken zonder dat de hierin geïnteresseerde consumenten tegen de borst worden gestoten door het gebruik van conventionele verpakkingen,

- Betere verpakkingsprestaties. Voor een aantal verse producten kan er in een hernieuwbare verpakking een langere houdbaarheid worden gehaald (zie paragraaf 3.4 PLA flowpack-folies).

Daarnaast heeft overheidsbeleid, bedoeld of onbedoeld, invloed op de inzet van hernieuwbare, biologisch afbreekbare verpakkingsmaterialen. In Nederland geldt een iets lagere verpakkingsbelasting voor bioplastics ten opzichte van conventionele kunststoffen en dit kan de inzet van bioplastics bevorderen. In het Verenigd Koninkrijk is er wetgeving die materiaalreductie bevordert, waardoor lichtere (vaak conventionele) verpakkingen bevoorreed worden.

4.1 Factoren die de milieudruk van verpakkingen beïnvloeden

Uit het literatuuroverzicht is gebleken dat er verschillende factoren zijn die de milieudruk positief en negatief beïnvloeden, deze zijn schematisch samengevat in de onderstaande Tabel 17. Deze factoren zijn dus niet in alle gevallen relevant. Veel van deze factoren hebben ook twee zijden, bijvoorbeeld: bij houdbaarheidsverlenging is er een groot voordeel en bij houdbaarheidsverkortening is er een groot nadeel.

Daarnaast kunnen deze factoren ook indirect grote gevolgen hebben. Bijvoorbeeld bij materiaalhergebruik is het beslissend of er nieuwe *virgin* grondstoffen worden uitgespaard. Is dit het geval dan is er een groot voordeel, is dit niet het geval dan is er een nadeel. Bij verbranden met energierugwinning is het kritisch welke conventioneel opgewekte energie wordt uitgespaard (kolen of waterkracht maakt veel uit in de *credits* voor broeikasgasreductie).

Tabel 17: Factoren die invloed hebben op de totale milieudruk van conventionele en hernieuwbare, biologisch afbreekbare verpakkingen

	Conventioneel	Hernieuwbaar / biologisch afbreekbaar
Positief	Minimaal verpakkingsgewicht Materiaalhergebruik Verbranden met energierugwinning	Houdbaarheidsverlenging vers product Materiaalhergebruik Verbranden met energierugwinning Composteren met levensmiddelenresten Productie uit agrarische reststromen
Negatief	Uitputting ruwe aardolievoorraad Verwijdering met levensmiddelenresten Import granulaat van buiten Europa Gebruik zware metalen Effecten ongewenst verwijderingsgedrag	Hogere materiaaldichtheid Import granulaat van buiten Europa (Landgebruik)

Om onbetwistbare uitspraken te kunnen doen over de vergelijkende milieueffecten tussen verpakkingen in een maatschappelijke context op basis van LCA-studies, moeten de

invoergegevens van een hoge betrouwbaarheid zijn en zoveel mogelijk een kleine bandbreedte bezitten. Dit geldt in het bijzonder voor de factoren genoemd in Tabel 17. Helaas is dit niet de praktijk. Vaak ontbreekt detailinformatie over de afvalverwerkingsopties zoals materiaalhergebruik en moeten rendementen en uiteindelijke toepassingen worden gegokt. Of er ontbreekt informatie uit de gebruiksfase zoals dervingsstatistiek van het verpakte product of hergebruik door de consument.

Bijvoorbeeld als een levensmiddelverpakking voor een vers product een houdbaarheidsverlenging van 2 dagen geeft, is de vertaling naar een verminderde productuitvalspercentage bijvoorbeeld van 6% naar 3% slechts ruw in te schatten, dit kan echter een wel resulteren in een positief milieueffect dat groter is dan dat van de verpakkingsproductie.⁹ [Wikström 2010] Materiaalhergebruik is ook een factor met grote invloed op het eindresultaat. Wanneer verondersteld wordt dat een verpakking als materiaal kan worden hergebruikt en nieuwe grondstoffen uitspaart levert dit een groot positief milieueffect op. Blijkt echter dat er in werkelijkheid geen uitsparing van nieuwe grondstoffen plaatsvindt, maar dat er louter additionele productie plaatsvindt dan is er geen sprake van een positief milieueffect, zie de voorbeelden in Tabel 8 en in de verwijzing van Rigamonti. Deze factor materiaalhergebruik verandert de uitkomsten van de berekende milieueffecten dus met een factor 20 à 40%. Kortom, deze factoren dienen precies bekend te zijn om een zinvolle berekening te kunnen maken. Is dit niet het geval dan zal de fout in de berekende milieueffecten groot zijn, met als mogelijk gevolg dat men een foute conclusie uit een niet doortastend genoeg uitgevoerde LCA studie zal trekken.

Om de grote invloed van dergelijke factoren aanschouwelijk te maken breiden wij de indicatieve energiebalans voor flowpackfolie van PLA en OPP (zie Tabel 14) verder uit een geschatte houdbaarheidsverlenging voor het PLA-folie en invloed van de vochtige levensmiddelresten op de hoeveelheid teruggewonnen energie bij verbranden. Voor de PLA-zak werd er zowel gerekend met het totale energiegebruik als het fossiele energiegebruik, voor het conventionele OPP zal dit nauwelijks verschillen. Hierbij werd verondersteld dat de zakken gebruikt werden voor het verpakken van 300 gram gesneden ijsbergsla, zie Tabel 18. Verder werd verondersteld dat in geleegde ijsbergslazakken van PLA minder vocht achterblijft dan in die van PP, wat door de hogere waterdampdoorlaatbaarheid van het PLA folie waarschijnlijk is. Bij deze berekening zijn aan de onzekere factoren fouten toegekend. In dit rekenvoorbeeld bedraagt de fout in de eindwaarde ongeveer 10% van de eindwaarde en heeft de factor derving een grotere invloed dan de factor vocht in de verpakkingen. Dit betekent dat het totale energiegebruik tussen beide flowpacks binnen de fout gelijk is, maar dat er wel een net significant verschil is in fossiel energiegebruik (NREU). Aangezien deze laatste parameter beter correleert met de meest

⁹ Bij de invoering van beschermende verpakkingen voor vers vlees daalde de gemiddelde derving van ca. 8 naar 5% en de hiermee gepaard gaande energiebesparing overtrof de additioneel benodigde energie voor de zwaardere verpakkingen met een factor 3. [Thoden van Velzen 2008]

relevante milieueffecten als de vorming van broeikasgassen, laat deze berekening zien dat PLA-flowpacks een net iets lagere milieudruk veroorzaken dan PP-flowpacks.

Tabel 18: Uitgebreidere indicatieve berekening van het energiegebruik van OPP flowpackfolie versus PLA flowpackfolie voor het verpakken van 300 gram ijsbergsla. Aan de factoren met een grote onzekerheid werden fouten toegekend.

	OPP30	PLA25	PLA25 NREU
Productiefase			
-Granulaat, [MJ]/kg]	74	67,6	42
-Transport granulaat, [MJ]/kg]	1 ± 3	7 ± 1	7 ± 1
-Conversie-energie, [MJ]/kg]	25 ± 1	25 ± 5	25 ± 5
Folieproductie, [MJ]/10000 zakken]	+3310 ± 140	+3700 ± 200	+2800 ± 200
Gebruiksfase			
-Derving in supermarkt, [%]	6 ± 1	4 ± 1	4 ± 1
-Energie in bedorven product ^A , [MJ]/10000 zakken]	+1800 ± 300	+1200 ± 300	+1200 ± 300
-Teruggewonnen energie verbranden verpakkingen bedorven product, [MJ]/10000 zakken]	-29 ± 4	-13 ± 3	-13 ± 3
-Verdampingsenergie bij verbranden bedorven product, [MJ]/10000 zakken]	+420 ± 70	+280 ± 70	+280 ± 70
Verwijderingsfase na de consument			
-Teruggewonnen energie verbranden verpakkingen, [MJ]/10000 zakken]	-452 ± 5	-321 ± 3	-321 ± 3
-Gewicht aan vocht in verwijderde zakken, [g]	9 ± 2	7 ± 2	7 ± 2
-Verdampingsenergie bij verbranden lege, vochtige zakken, [MJ]/10000 zakken]	+230 ± 30	+180 ± 30	+180 ± 30
Cumulatief energiegebruik, [MJ]/10000 zakken]	5300 ± 500	5000 ± 600	4100 ± 600

A: Het totale energiegebruik voor gewassen gesneden ijsbergsla werd op 10 MJ/kg geschat.

Twee factoren die een grote invloed hebben op de uitkomst van de berekende milieueffecten worden eerst nader besproken, daarna worden er twee concrete vergelijkingen tussen

verpakkingen uitgewerkt met kwalitatieve uitspraken per factor. Een vergelijking met vormvaste verpakkingen en een voorbeeld flexibele verpakkingen.

4.2 Gelijktijdige verwijdering

De gelijktijdige verwijdering van voedselresten of bedorven voedsel met de verpakking is in het verleden als voordeel van biologisch afbreekbare verpakkingen genoemd. Dit kent een drietal voordelen: ten eerste hoeven verpakkingen dan niet van levensmiddelen te worden gescheiden en kan alles in één keer worden gecomposteerd, ten tweede blijft de nutriëntenkringloop bij composteren in stand (terwijl bij verbranden de nutriënten verloren gaan in gestorte asresten) en ten derde wordt de afvalverbrandingsoven niet afgekoeld met natte invoer.

Inderdaad speelt dit voordeel bij evenementen waarbij men de kosten van een gescheiden inzamelsysteem moet afwegen tegen de meerkosten van al het wegwerpservies van biologisch afbreekbaar materiaal. Bij festivals is het voordeliger gebleken om van biologisch afbreekbaar wegwerpservies gebruik te maken en het gecombineerde afval (etensresten en afbreekbaar servies en bestek) te composteren. Een recente milieustudie voor een kantinesituatie geeft aan dat gecombineerd composteren minder milieudruk veroorzaakt dan gecombineerd verbranden voor alle milieueffecten (energiegebruik, broeikasgassen, vast afval, eutrofiëring en verzuring). [Razza 2009] Bij Schiphol wordt momenteel een test gedaan met de anaerobe vergisting van biologisch afbreekbaar wegwerpservies samen met etensresten.

Milieukundig is het tegengaan van voedselbederf een veel groter en belangrijker doel dan het biologisch afbreekbaar zijn van de verpakkingen (zie ook Tabel 18 en de invloed van derving op de energie van verloren product en verdampingswarmte). Desalniettemin vindt voedselbederf plaats in onze maatschappij en kunnen biologisch afbreekbare verpakkingen helpen om de negatieve milieueffecten hiervan te beperken.

Supermarkten zelf zouden biologisch afbreekbare verpakkingen kunnen gebruiken om niet verkochte levensmiddelen naar een composteringsbedrijf af te zetten en niet naar een AVI. Hiermee zouden supermarkten afvalverwerkingskosten kunnen besparen en tegelijkertijd de nutriëntenkringloop in standhouden. Hiervoor zou dan wel een efficiënt gescheiden inzamelsysteem moeten worden opgezet en het is niet waarschijnlijk dat de invoering hiervan op individueel supermarktniveau rendabel te krijgen is.

4.3 Afvalverwerkingsketen

De hernieuwbare, biologisch afbreekbare en composteerbare materialen kunnen op drie wijzen een plaats binnen de huidige gebruiks- en verwerkingsketens krijgen:

- Gescheiden inzameling en verwerking met het GFT-afval,
- Gelijktijdige inzameling en verwerking met het huishoudelijk restafval,
- Gescheiden inzameling en verwerking met het kunststofverpakkingsafval.

De eerste route kan uiteraard alleen voor het composteerbare verpakkingsafval. De belangenvereniging (BCPN) heeft lang met VNG en composteringsbedrijven gesproken en men is overeengekomen dat gecertificeerde, composteerbare verpakkingen met het GFT afval ingezameld en verwerkt mogen worden. Aanvankelijk was er huiver bij de composteringsbedrijven dat dit een aanzuigende werking zou hebben op ander kunststofafval, maar dit lijkt vooralsnog niet zo te zijn. Er zijn geen aanwijzingen dat het percentage kunststof in de GFT-afvalstroom is gestegen. Sterker nog, vooralsnog lijkt het erop dat maar een klein deel van de composteerbare verpakkingen ook daadwerkelijk door de burgers bij het GFT afval wordt geworpen en tot compost worden verwerkt. Met de huidige stand van kennis is er milieukundig alleen een voorkeur voor het composteren van biologisch afbreekbare verpakkingen indien deze verpakkingen nog veel levensmiddelenresten bevatten. Hiermee wordt bij verbranden vocht in de oven gebracht, wat het rendement van energierugwinning vermindert.¹⁰ Bovendien blijft bij composteren de nutriëntenkringloop behouden. De meeste levensmiddelenresten worden verwacht bij verpakkingen van viskeuze vloeistoffen en pastas (saus, yoghurt, vla, room, houdbare salades, smeerboter) en bij cateringafval.

Recent hebben enkele grote afvalverwerkingsbedrijven zoals Afvalzorg, Attero, HVC en VAR geïnvesteerd in anaerobe vergistingsinstallaties voor GFT afval. Door het vergistingsproces wordt bruikbare energie in de vorm van groen gas teruggewonnen. Dit proces verbetert het energierendement van de GFT verwerking en verlaagt de koolzuuruitstoot (door de vermeden emissies van het uitgespaarde aardgas). Composteerbare verpakkingen zullen dan ook meer en meer in vergistingsinstallaties terechtkomen. Voor biologisch afbreekbare verpakkingen als SRV, PF, MF schalen, zetmeelblendfolie lijkt het vrij evident dat deze verpakkingen volledig vergist worden. Uit testen bij Omrin is gebleken dat PLA meer tijd nodig heeft om afgebroken te worden in het huidige vergistingsproces dan de geboden verblijftijd (meer dan 3 weken in plaats van 16-18 dagen). [mededeling A. Bergsma, Omrin]. Andere installaties hebben juist langere verblijftijden en daarin zou het materiaal wellicht wel volledig worden afgebroken. [mededeling Gerard Nijkamp, Attero] Kortom de precieze eindbestemming van deze materialen na vergisten varieert tussen volledige afbraak, verbranden en storten. De eindbestemmingen en de energierugwinningsrendementen moeten in kaart worden gebracht waarna een milieukundig oordeel gegeven kan worden.

Overigens is het waarschijnlijk dat het milieukundig oordeel van composteren gunstiger wordt nadat het mogelijk wordt om de effecten als het in stand houden van de nutriëntenkringloop en het uitsparen van alternatieve meststoffen goed te kunnen berekenen.

Bij de tweede route zijn er geen belemmeringen bij de inzamelaars of verwerkers en ook voor de burgers zou dit het eenvoudigste zijn. Het kan de verpakkende bedrijven, die de meerprijs voor de composteerbare en/of hernieuwbare verpakkingen betalen, mogelijk wel bezwaren. Immers,

¹⁰ In de meeste gevallen is het netto rendement voor de verbranding van kunststofverpakkingen met hierin aanwezig vocht nog steeds positief. Voor een kleine PET fles van 26 gram mag er tot 80 ml water in de fles aanwezig zijn en voor een OPP flowpack van 3,3 gram mag er tot 19 gram water aanwezig zijn.

wanneer ze adviseren aan consumenten om deze verpakkingen bij het restafval te werpen, verliezen zij mogelijk het marketing / imago voordeel dat deze 'groene' verpakkingen bieden. Milieukundig lijkt deze vorm van verwijdering voorlopig de meeste voorkeur te genieten omdat er energie kan worden teruggewonnen uit de verpakkingen. Mogelijk dat dit oordeel in de toekomst bijgesteld moet gaan worden als de milieukundige beoordelingen van composteren (nutriëntenkringloop en inbouw koolstof in humus) en vergisten (rendement energierterugwinning en eindbestemming verpakkingsmateriaal) gereed zijn.

Bij de derde route zijn er weer duidelijke belemmeringen bij de inzamelaars, sorteercentra en opwerkers. De huidige opwerkers van PET verpakkingsafval zijn bevreesd dat er in hun stromen meer PLA verpakkingsafval terecht zal komen, waardoor de kwaliteit en prijs van hun stromen gaan inzakken. [NAPCOR persbericht, Have 2010] Alhoewel PLA machinematig prima van PET afgescheiden kan worden, vereist dit aanpassingen in sorteermachines, en zoals met elk proces, is ook hier een kleine kans op fouten waardoor het waarschijnlijk is dat een klein deel van het toekomstig PLA in de PET opwerkketen terecht zal komen. Tenslotte zijn er nog veel bedrijven waar de sortering deels handmatig plaatsvindt en het is lastig onderscheid maken tussen PET en PLA. Zetmeelblend foliemateriaal zal in de foliefractie terechtkomen met het andere foliemateriaal (LDPE, PP) maar kan daarin goed worden verwerkt, zonder dat de eigenschappen van het regranulaat daar onder leiden. [mededeling H. Vooijs, Novamont]

Door het gelijktijdig aanpassen van bestaande kunststofsorteerlijnen en het invoeren van heldere herkenningssymbolen moet het in de toekomst mogelijk zijn om hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen integraal met kunststofverpakkingsafval te sorteren en op te werken. Uiteraard kan dit pas uitgevoerd worden nadat deze verpakkingen een relatief groot aandeel (>5%) van de totale hoeveelheid bereiken. Dan zou PLA positief uitgesorteerd kunnen worden en naar een PLA-fabriek kunnen worden teruggebracht om als monomeer te worden hergebruikt. Zetmeelblends kunnen samen met zacht LDPE foliemateriaal worden verwerkt en andere zaken als suikerrietvezelschalen zullen in de rest terechtkomen en verbrand worden.

Milieukundig geniet de derde opwerkroute de voorkeur voor PLA en zetmeelblendmateriaal. Voor de suikerrietvezelschalen is er geen duidelijke voorkeur tussen composteren of verbranden met energierterugwinning en is materiaalhergebruik geen optie. Het is dus belangrijk dat, zodra het gebruik van PLA in Nederland gaat stijgen, de sorteerbeijven zich aanpassen en er een PLA-fractie kan worden afgescheiden, die naar een opwerkinstallatie wordt gebracht om er weer melkzuurmonomeer van te maken. Een dergelijke verandering vereist echter wel gelijktijdige innovatie op verschillende fronten: een aangepaste nagenoeg waterdichte sortering, speciale opwerking en hergebruik.

Op dit moment (met de beperkte toepassing van hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen) maakt het niet wezenlijk uit of deze verpakkingen worden verbrand met energierterugwinning, worden gecomposteerd of via de recyclingstroom worden ingezameld en

alsnog worden verbrand. Alleen als er nog veel levensmiddelenresten in de biologisch afbreekbare verpakking aanwezig zijn, zou het beter zijn deze te composteren.

Kortom, op dit moment komen in Nederland de meeste hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen bij het restafval terecht en worden verbrand met energierterugwinning, slechts een minderheid wordt gecomposteerd. Milieukundig is dat prima. Voor de toekomst is het wenselijk dat de hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen hergebruikt gaan worden en is integratie met het gescheiden inzamelingssysteem voor kunststofverpakkingen wenselijk, dit zal wel meerdere gelijktijdige veranderingen en innovaties vergen.

Verpakkingen komen echter als resultaat van ongewenst gedrag ook voor in zwerfafval, zeeafval en op stortplaatsen. Dit is inherent aan gebruik in een samenleving met daarin ook minder gedisciplineerde individuen. Alhoewel precieze informatie ontbreekt zal het hier om een relatief klein aandeel gaan. Hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen zijn geen 100% oplossingen voor dergelijke sociale fenomenen. Immers alleen de biologisch afbreekbare verpakkingen zullen in relatief korte tijd in de open ruimte ook echt verdwijnen, het kan asociaal wegwerpgedrag in de hand werken en het verandert weinig aan de meerderheid van het zwerfafval (kranten, vuurwerkresten, hondenuitwerpselen, peuken, etc.). De biologische afbreekbare verpakkingen kunnen hooguit als een extra vangnet dienen, mits zij ook gecertificeerd zijn voor afbraak onder deze omstandigheden. Dergelijk ongewenst verwijderingsgedrag kan momenteel niet geanalyseerd worden met LCA studies, om hun invloed toch mee in beschouwing te nemen is er een additionele kwalitatieve analyse nodig van de gevolgen van ongewenst verwijderingsgedrag. [Lewis, 2010]

4.4 Kwalitatieve vergelijking milieueffecten luxe saladeschaal

Luxe salades worden momenteel in PET-schalen verpakt en afgesloten met PET OLAF sluitfolie. Deze conventionele verpakkingsvorm wordt vergeleken met PLA-schalen met een PLA-sluitfolie voor de parameters ten aanzien van productie, gebruik en verwijderingswijze.

Tabel 19: Kwalitatieve vergelijking van de milieueffecten voor luxe salade verpakkingen.

Grondstoffen en productie	Luxe saladeschaal		Opmerkingen
	PET	PLA	
Grondstoffen			
- hernieuwbaarheid	-	+	PET draagt bij aan de uitputting van ruwe aardolie. PLA legt verwaarloosbaar ruimtebeslag op landbouwgrond.
- gebruik zeldzame metalen	-	+	PET bevat antimoonoxide, dat in 10-15 jaar uitgeput is
Productie			
- verpakkingsgewicht	0	0	Beide zullen nagenoeg even zwaar zijn
- energiegebruik	-	+	PLA schaal zal minder energie gebruiken
- afval/scrap	+	+	Beide soorten snijafval zijn direct herbruikbaar

Gebruik	Luxe saladeschaal		Opmerkingen
	PET	PLA	
- houdbaarheid	±	+	THT verlenging met 1-2 dagen mogelijk met PLA
- mechanische eigenschappen	+	+	Beide verpakkingen zijn voldoende stapelbaar
- logistiek	0	0	Zelfde grote formaten, zodat er weinig in een krat passen
- marketing	+	+	Beide zijn vol transparant.

Verwijdering	Luxe saladeschaal		Opmerkingen
	PET	PLA	
- Preventie	-	-	Product wordt niet teruggetrokken van de markt
- Materiaal hergebruik	-	(+)	PET schalen zijn gemaakt van PETG en worden niet gerecycleerd. PLA schalen worden op dit moment ook niet gerecycleerd, maar dit kan wel. Als de stroom voldoende groot wordt is dit geen probleem want dan kan PLA bij de sorteercentra positief uitgesorteerd worden met NIR.
- Verbranden met energie terugwinning	+	+	Vergelijkbare stookwaarden, negatieve invloed van eventuele voedselresten op het rendement
- Composteren	-	+	PLA kan wel gecomposteerd worden. Vooral interessant als de verpakking nog veel saladeresten bevat.
- Anaeroob vergisten	-	(+)	Mate van vergisting van PLA hangt van de voorbewerking af.
- Storten	-	-	Ongewenst voor beide materialen
- Zwerfafval	-	-	Ongewenst voor beide materialen

Uit deze kwalitatieve vergelijking tussen PET en PLA luxe saladeschalen blijkt dat het gebruik van PLA saladeschalen meer kwalitatieve voordelen biedt dan PET schalen. PET schalen zijn per

definitie niet duurzaam omdat ze meehelpen aan het uitputten van de aardolievoorraad, ze helpen met het verspreiden van een schaars zwaar metaal in de leefomgeving en ze kunnen op minder wijzen worden verwerkt in het afvalstadium. PLA daarentegen kan een aanzienlijke vermindering van de milieudruk verwezenlijken bij bewezen houdbaarheidsverlenging en heeft aanzienlijk meer verwerkingsmogelijkheden in het afvalstadium. Als deze schalen worden verwijderd met resten van de salade zijn alternatieve verwijderingsmethoden als composteren milieukundig wenselijker dan verbranden met energierterugwinning.

De PLA-saladeschaal biedt kwalitatief beschouwd meer milieuvoordelen dan de PET-saladeschaal. In het geval er geprobeerd zou worden om met een meer exacte benadering het energiegebruik van beide verpakkingen uit te rekenen (gelijk in Tabel 18 voor flowpacks) zou hieruit volgen dat absoluut de PLA schalen voor luxe salades weliswaar minder energie gebruiken dan PET schalen maar dat deze waarden vanwege de hoge foutniveaus nog steeds aan elkaar gelijk zullen zijn. Kortom, met een exacte benadering zijn de schalen aan elkaar gelijk binnen de fout, desalniettemin kent de PLA schaal kwalitatief meer milieuvoordelen dan de PET schaal. Dit kan echter niet met de LCA methodiek worden vastgesteld.

4.5 Kwalitatieve vergelijking milieueffecten draagtas

De meeste draagtassen voor boodschappen zijn in Nederland gemaakt van LDPE, maar er zijn ook alternatieve draagtassen van zetmeel-blends en papier op de markt. Hieronder worden deze drie draagtassen met elkaar vergeleken.

Tabel 20: Kwalitatieve vergelijking tussen draagtassen van PE, zetmeel-blends en papier.

Grondstoffen /Productie	Draagtas			Opmerkingen
	PE	Zetmeel	Papier	
Grondstoffen				
- hernieuwbaarheid	-	+	++	Papieren tassen zijn volledig hernieuwbaar en zetmeel-blend tassen gedeeltelijk.
- toxische stoffen	0	0	0	Waarschijnlijk niet aan de orde, mogelijk in drukinkt
Productie				
- verpakkingsgewicht	+	0	-	PE tas is het lichtste, papierentas het zwaarste.
- energiegebruik	+	+	-	Productie van papierentassen vergt veel meer energie
- afval/scrap	0	0	0	Al het snijafval kan direct hergebruikt worden

Gebruik	Draagtas			Opmerkingen
	PE	Zetmeel	Papier	
- houdbaarheid				Niet van toepassing
- mechanische eigenschappen	++	+	-	Voor papier meer materiaal nodig voor dezelfde sterkte
- logistiek	0	0	-	PE en zetmeelblendtassen zijn het lichtste en kunnen dus het efficiëntst worden aangeleverd
- marketing	-	+	+	Papier en zetmeel-blends worden door consument als milieuvriendelijk ervaren
- gebruik	+	+	+	Hergebruik als afvalzak en meermalig gebruik als tas

Verwijdering	Draagtas			Opmerkingen
	PE	Zetmeel	Papier	
- afvalpreventie	-	+	?	Zetmeel-blend tassen zijn thuis composteerbaar
- materiaalhergebruik	±	±	+	PE-folie wordt beperkt als materiaal hergebruikt. Zetmeel blends hebben geen negatieve invloed op dit hergebruik. Papieren tassen kunnen met oud-papier mee.
- composteren	-	+	(+)	PE op dit moment vervuiling van GFT door gebruik van PE draagtassen als bio-afvalzak
- verbranden met energierugwinning	++	+	+	Stookwaarde PE het hoogst
- storten	-	-	-	Niet wenselijk
- zwerfaval	-	±	±	Niet wenselijk, maar zetmeel-blend en papierentassen zullen wel op den duur verdwijnen

Uit deze kwalitatieve vergelijking tussen PE, zetmeelblend en papieren draagtassen blijkt dat er voor conventionele draagtassen van PE het minste materiaal nodig is en dat iets meer zetmeel-blend materiaal en aanzienlijk meer papier nodig is voor een draagtas met vergelijkbare

draagkracht. Hierdoor komt het cumulatieve energiegebruik voor PE en zetmeelblend tassen vergelijkbaar uit, maar voor papieren tassen aanzienlijk hoger.

Voor papieren en zetmeelblend draagtassen zijn wel meer afvalverwijderingsopties dan voor PE draagtassen. Het exacte milieueffect van een draagtas hangt echter ook af van het hergebruik thuis als tas of afvalzak en of de zak samen met vocht of levensmiddelenresten wordt verwijderd. In dit laatste geval kan de draagtas beter worden gecomposteerd. Mochten de tassen onverhoopt als zwerfafval in het milieu terecht komen dan zullen papieren en zetmeelblend tassen minder lang zichtbaar zijn.

4.6 Operationele aspecten bij het verpakkend bedrijf

Inkoop en voorraadbeheer kunnen belangrijke, operationele aspecten zijn van biologisch afbreekbare verpakkingen, puur omdat dit soort verpakkingen minder gangbaar zijn en er dus minder productie van plaatsvindt. Verder is het belangrijk dat de verpakkingsmiddelen niet te warm of te nat worden opgeslagen om kwaliteitsverlies te voorkomen.

Het omschakelen van verpakken in polyolefinefolie naar verpakken in PLA gebaseerde folies gaat niet met elke flowpacker (vorm – vul – sluitmachine) goed. Uiteraard moet de sealtemperatuur worden aangepast en moet er ook iets dieper worden gekoeld op het sealbekken. Verder mag de rolspanning niet te hoog worden gekozen en moeten metalen buig en knikpunten zoveel mogelijk worden voorkomen om het scheuren van dit folie te vermijden. Met moderne verpakkingsmachines is dit geen probleem gebleken, met oudere –slecht instelbare- machines kan dit wel tot problemen leiden, maar dan is het eerder aan de machine te wijten dan aan de folie. Bedrijven die nu al jaren met PLA folie verpakken geven aan dat het goed verloopt nadat er in het begin enkele problemen met instellingen waren opgelost.

4.7 Brede beschouwing en toekomstbeeld

Kunststof levensmiddelenverpakkingen hebben zich snel ontwikkeld sinds de jaren zestig van de vorige eeuw. Glazen flessen werden deels vervangen door PET-flessen en kunststofverpakkingen voor versproducten maakten de ontwikkeling van huidige supermarkten mogelijk.

Levensmiddelendistributie zonder kunststofverpakkingen is nagenoeg ondenkbaar en de milieudruk zou bij een omschakeling naar alternatieve verpakkingen fors oplopen. [Pilz 2009] Deze ontwikkeling heeft echter als keerzijde gehad dat de hoeveelheid kunststofverpakkingsafval is toegenomen in de jaren 70 tot en met de eeuwwisseling. De Europese Commissie vaardigde richtlijn 94/62 uit met als doel de hoeveelheid verpakkingsafval (en dus ook kunststofverpakkingsafval) te beteugelen, door preventiebeleid het gebruik van verpakkingen waar mogelijk te beperken en zoveel als technisch mogelijk te reduceren alsmede meer verpakkingsafval in te zamelen en her te gebruiken. Deze richtlijn werd in Nederland vertaald in drie opeenvolgende convenanten tussen VROM, VNG en SVM-PACT (vertegenwoordigend

orgaan van de verpakkende industrie). De hoeveelheid gebruikte verpakkingen bleef in Europa (EU15) stijgen tot het jaar 2000, hierna daalde de hoeveelheid verpakkingsafval per jaar. De stijging tot 2000 werd veroorzaakt door een toename van de welvaart en het kleiner worden van de huishoudens. [Ecolas-PIRA 2005] Hierna begonnen verpakkingsreductieprogramma's effectief te worden. Middels technische innovaties werd het individueel verpakkingsgewicht verminderd van tal van verpakkingen (PET flessen, blikverpakkingen, glazen potten, flacons, draagtassen, etc.). De gewichtsbesparingen leverden de verpakkende industrie direct kostenbesparingen op (alsmede indirecte besparingen op de logistieke kosten) en zodoende werden deze materiaalreductie-innovaties relatief snel geïmplementeerd.

Ook in Nederland zagen we een piek in het gebruik van kunststofverpakkingen en die vond één jaar later (in 2001) plaats. Hierna daalde de hoeveelheid elk jaar. [Jaarverslag 2003, commissie verpakkingen en Monitoring verpakkingen 2009] In 2006 trad het Besluit Beheer Verpakkingen en Papier en Karton in werking dat hogere materiaalhergebruikpercentages voor kunststofverpakkingen nastreefde. Om uitvoering te geven aan deze wettelijke basis werd in 2007 een Raamovereenkomst tussen VROM, VNG en het verpakkend bedrijfsleven gesloten, een jaar later gevolgd door een addendum bij deze Raamovereenkomst. Met deze afspraken kon Nedvang beginnen met het organiseren van het inzamelen, sorteren en opwerken van kunststofverpakkingsafval bij Nederlandse burgers. In 2008 waren dit nog vooral inzameltesten in verschillende gemeenten, maar eind 2009 waren bijna alle Nederlandse gemeenten hierbij aangesloten. Nedvang moet hiervoor nieuwe ketens van bedrijven opstarten. Omdat er in Duitsland al een infrastructuur bestond voor het sorteren, opwerken en toepassen van gescheiden ingezamelde kunststofverpakkingsafval met overcapaciteit, kon er in 2008-2009 snel een verwerkingsketen worden opgezet voor de in Nederland gescheiden ingezamelde verpakkingskunststoffen. Tegelijkertijd test Nedvang samen met twee afvalverwerkende bedrijven (Attero en Omrin) een alternatief systeem uit om de kunststofverpakkingen uit het gemengd huishoudelijk restafval af te scheiden (nascheiden). Hiervoor worden de bijpassende verwerkingsketens nog opgezet.

Ondanks dat er nu ook in Nederland een gescheiden inzamelingssysteem voor kunststofverpakkingen van huishoudens is ingevoerd en dit milieukundig gezien een grote stap vooruit is, zijn hiermee nog niet alle milieukundige zorgen van tafel. Immers:

- niet alle kunststofverpakkingen kunnen bij burgers worden ingezameld,
- een klein deel van de kunststofverpakkingen zijn op dit moment nog niet geschikt voor materiaalhergebruik (zie Tabel 15),
- er zijn nog verbeteringen mogelijk in het milieueffect van de productie van kunststofgranulaat voor verpakkingen (vergelijk tabel 2 met tabel 4 en 5).

Dientengevolge zal er aandacht blijven bestaan voor mogelijke alternatieven zoals hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen. Het gebruik van deze verpakkingen wordt nu geremd door de hogere prijs en beperkt aantal toepassingen waarvoor ze nu geschikt zijn. Dit zal in de toekomst veranderen.

De voorraad ruwe aardolie is eindig en het huidige gebruik is per definitie niet duurzaam. Waarschijnlijk gaat de olieprijs langzaam stijgen en pas als olie duur en schaars begint te worden, is er voor marktpartijen een grote noodzaak om alternatieven voor de huidige kunststofverpakkingen te ontwikkelen om de voedseldistributie in stand te houden. Onbekend is of dit een kwestie van enkele jaren of van decennia zal blijken te zijn. Grofweg zijn er twee systemen denkbaar, die in de toekomst zullen samen smelten:

- Hernieuwbare kunststoffen,
- Herbruikbare kunststoffen.

Verwacht mag worden dat de ontwikkeling van kunststoftechnologie en verpakkingstechnologie tegen die tijd al een grote stap verder is dan nu het geval is. Op dit moment worden al de eerste gangbare kunststoffen uit plantaardige grondstoffen geproduceerd, zoals polyethyleen uit bio-ethanol (Braskem) en waarschijnlijk is er in de toekomst veel meer mogelijk. De eerste resultaten van milieustudies naar de milieueffecten van hernieuwbaar PE folie zijn gunstig ten opzichte van conventioneel PE folie.[Hermann 2010] Dergelijke hernieuwbare reguliere kunststoffen bieden concrete oplossingen voor de hoofdmoot van de levensmiddelen die verpakt moeten worden in materialen met een vocht- of gasbarrière.

Daarnaast ontwikkelt de productietechnologie voor hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststoffen zich ook verder. In plaats van landbouwproducten als maïs of houtvezel zullen steeds meer agrarische reststromen worden ingezet als grondstof, waardoor de competitie met voedingsmiddelen en landgebruik minder relevant wordt. De ontwikkeling van de industriële biotechnologie gaat snel zodat in de nabije toekomst ook plantaardig afval (kaf, zemelen, bermgras, snoeiafval, etc.) tot de mogelijke grondstoffen gaan horen.

Tegelijkertijd zal het systeem voor kunststofhergebruik zich verder ontwikkelen. Nu kosten alle Europese hergebruikssystemen voor kunststofverpakkingen netto geld, dat via licentiegelden of verpakkingbelastingen verzameld wordt. Deze maatschappelijke kosten kunnen onder politiek gunstige omstandigheden dalen naar mate een hergebruikssysteem ouder wordt (zoals ARA in Oostenrijk heeft gepresteerd). In de toekomst, wanneer olie schaars wordt, wordt een efficiënt kunststofhergebruikssysteem een concurrentievoordeel op nationaal niveau. Samen met een gedeeltelijke instroom van nieuwe kunststof uit hernieuwbare bronnen, kan dan een efficiënt voedseldistributiesysteem in stand gehouden worden.

Vanuit dit toekomstbeeld moeten we de ontwikkelingen van de hernieuwbare kunststoffen toejuichen en bezien als integraal deel van het toekomstige kunststofsysteem. De komende jaren zullen de ontwikkelingen in de conventionele en hernieuwbare kunststofverpakkingen doorgaan zodat er met steeds minder milieudruk per verpakkingseenheid kan worden volstaan.

Tegelijkertijd zullen afscheidings-, sorteer- en opwerktechnologieën ook verbeteren zodat er meer levensmiddelverpakkingen als materiaal kunnen worden hergebruikt tot nieuwe levensmiddelverpakkingen voor lagere systeemkosten dan nu het geval is. Al deze ontwikkelingen tezamen vormen de basis voor een efficiënte maatschappij waar minder ruwe aardolie beschikbaar is voor de productie van verpakkingen.

5 Conclusies

Het is wetenschappelijk niet eenvoudig om onbetwistbare uitspraken te doen over de milieueffecten van verpakkingen in een samenleving waarin deze verpakkingen op uiteenlopende wijzen worden gebruikt en verwijderd. In dit rapport is de beoordeling van milieueffecten van verpakkingen gebaseerd op de meest belangrijk geachte milieueffecten: fossiel energiegebruik en de potentie voor de opwarming van de aarde over 100 jaar. Verpakkingsgebruik heeft echter ook andere milieueffecten die weliswaar nu minder belangrijk worden geacht, maar waarover in de toekomst anders kan worden geoordeeld, zoals het verbruik van zeldzame metalen en landgebruik. Een voorbeeld hiervan is het schaarse metaal antimoon dat nu voor PET-verpakkingen wordt gebruikt. De verwachting is dat de wereldvoorraad hiervan nog maximaal 15 jaar is. Het belang dat aan landgebruik wordt toegekend hangt voornamelijk van de benaderingswijze af: ten opzichte van het vorig gebruik van de grond of ten opzichte van de voormenselijke natuurlijke situatie. In de eerste situatie zal er bij de huidige beperkte oppervlaktes nauwelijks een effect zijn, in de tweede situatie zal er altijd een groot effect zijn.

Enkele factoren blijken een grote invloed te hebben op de berekende milieueffecten van verpakkingen en kunnen daarmee de uitkomsten verschillende kanten opsturen. Daarnaast kennen enkele factoren een redelijk grote onzekerheid waardoor de foutmarge in de uitkomst vergroot wordt. De meest invloedrijke factoren zijn:

- **Hernieuwbaarheid.** De meeste belangrijke hernieuwbare verpakkingsmaterialen (PLA, suikerrietvezel, zetmeelblend) veroorzaken minder milieudruk voor de productie van het granulaat dan conventionele materialen.
- **Verpakkingsgewicht.** In het geval het individueel verpakkingsgewicht gelijk of lager is, is de kans groter dat de verpakking minder milieudruk veroorzaakt.
- **Verpakkingshergebruik.** Indien verpakkingen (draagtassen, koffiebekertjes) door de burgers meermalen gebruikt worden, verlaagt dat de milieudruk per verpakking aanzienlijk.
- **Productuitval.** Indien verpakkingen de houdbaarheid van het verpakte product verlengen en daarmee de productuitval reduceren, wordt de totale milieudruk van verpakking en product aanzienlijk beperkt. Dit is typisch een factor met een zeer grote invloed en onzekerheid.
- **Materiaalhergebruik.** Verpakkingsafval dat na gebruik als materiaal wordt hergebruikt en de inzet van nieuw granulaat uitspaart, veroorzaakt aanzienlijk minder milieudruk dan verpakkingen die anders verwijderd worden.
- **Verbranden.** Na materiaalhergebruik is verbranden met energierterugwinning de beste verwijderingsoptie voor alle verpakkingen, mits deze niet veel levensmiddelenresten bevatten. In dat laatste geval is indien mogelijk composteren of vergisten de gewenste route.
- **Procesparameters.** Het is lastig om betrouwbare gegevens te krijgen over de conversie van hernieuwbare en biologisch afbreekbare granulaten in verpakkingen. De nieuwigheid van

deze verpakkingen is hier vooral debet aan. Het verhoogt evenwel de onzekerheid in de totale berekeningen omdat deze ketenstap redelijk belangrijk is voor de einduitkomst. Dit geldt overigens ook voor herbruikbare verpakkingen.

Deze factoren pakken bijna allemaal gunstig uit voor hernieuwbare vormvaste verpakkingen voor verse producten. Dus op dit moment zijn deze verpakkingen voor verse producten (o.a. open schalen voor AGF, klemdeksels voor AGF en belegde broodjes, bierbekers en yoghurtbekers) milieuvriendelijker dan hun conventionele evenknieën. Voor open suikerrietvezel- en pulpschalen in vergelijking met open PET schalen zijn de verschillen groot. Voor de andere vergeleken vormvaste verpakkingen voor verse producten zijn de verschillen beperkt. Voor deze laatste categorie (PLA schalen, PLA bekers, etc.) geldt dus dat deze verpakkingen in principe minder milieudruk veroorzaken tenzij de houdbaarheid wordt verkort, de verpakking veel zwaarder is, het productieproces meer belastend is of de conventionele vormvaste verpakking hergebruikt wordt.

Voor flexibele verpakkingstoepassingen (folie, zakken, tassen) zijn de verschillen tussen enerzijds hernieuwbare en biologisch afbreekbare kunststoffen en anderzijds conventionele kunststoffen in milieueffecten gering en is de onzekerheid aanzienlijk. Toch lijken Mater-Bi afvalzakken en PLA flowpacks voor gesneden groenteproducten hier net iets minder milieubelastend dan conventionele OPP flowpacks.

De bovenstaande beoordelingen zijn momentopnames en kunnen door veranderingen in procesvoering, grondstofgebruik, materiaalontwikkeling en milieubeoordelingswijzen in de toekomst veranderen.

Ondanks de gunstige milieueffecten worden de hernieuwbare, vormvaste verpakkingen voor versproducten niet massaal gebruikt, aangezien de meerprijs aanzienlijk is. De technische ontwikkelingen in voornamelijk de hernieuwbare verpakkingen zijn in het afgelopen decennium snel gegaan, waardoor deze materialen snel minder milieubelastend zijn geworden. Vanwege deze snelle ontwikkelingen is de kans groot dat de bovenstaande conclusies over enkele jaren alweer verder bijgesteld zullen moeten worden en dat er dan meer milieuvriendelijke toepassingen van hernieuwbare verpakkingen bekend zullen zijn.

De milieuvriendelijkste verwijderingsmethode voor hernieuwbare verpakkingen is in Nederland op dit moment verbranden met energierterugwinning (oftewel de reguliere afvalverwerking van het gemengd huishoudelijke restafval).

Composteren van biologisch afbreekbare verpakkingen heeft milieukundig voorlopig alleen de voorkeur als zeker is dat er veel resten van levensmiddelen in de verpakking zullen zitten. Dit is bij slechts een beperkt aantal toepassingen het geval (cateringafval, verpakkingen voor dik viskeuze levensmiddelen (yoghurt, saus, etc.)). Bij dergelijke toepassingen blijft de nutriëntenkringloop (terugwinnen van fosfaat) door het composteren immers behouden en wordt er geen vocht in de verbrandingsoven gevoerd. Bij de beoordeling van de milieueffecten van

composteerbare verpakkingen is er nu nog een aantal factoren onbekenden. Het is nu nog onvoldoende bekend welk deel van de koolstofatomen uit de verpakking in de gevormde compost wordt ingebouwd en niet als koolzuurgas wordt uitgestoten. Bovendien kan het terugwinnen van nutriënten als fosfaat milieukundig nog niet worden beoordeeld. Zodoende is het mogelijk dat in de nabije toekomst de milieukundige beoordeling van composterings- en vergistingsprocessen gunstiger gaat uitvallen.

Materiaalhergebruik van hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen lijkt milieukundig de meest wenselijke verwerkingsmethode. Het materiaalhergebruik van PLA in België is hiervan het meest sprekende voorbeeld. Daarbuiten zijn er echter nog nauwelijks voorbeelden van. Voor een grootschalige implementatie hiervan lijkt een combinatie met het nationale inzamel-, sorteer en opwerksysteem voor kunststofverpakkingsmateriaal (Nedvang) het meest voor de hand te liggen. Er moeten dan wel aanpassingen plaatsvinden bij de sorteerbedrijven. Om dit aantrekkelijk te maken voor deze sorteerbedrijven zal het marktaandeel van hernieuwbare kunststoffen ongeveer de 5% moeten naderen of moet het opwerkende bedrijf aantrekkelijke prijzen bieden voor *post-consumer* PLA aan de sorteerbedrijven.

Aangezien het vrij zeker lijkt dat de prijs van aardolie in de toekomst zal stijgen, zal de meerprijs van hernieuwbare verpakkingen geleidelijk afnemen en zullen ze breder worden toegepast. Tegelijkertijd zal dan de verpakkingstechnologie voor hernieuwbare kunststoffen en de materiaalhergebruikstechnologie voor alle kunststoffen verder ontwikkeld zijn. De combinatie van hernieuwbare kunststoffen met een efficiënt hergebruikssysteem voor alle kunststoffen kan de levensmiddelen distributie in een toekomstige wereld met hoge olieprijsen in stand houden.

Verwijzingen

Abeelen C, Bosselaar L “Protocol monitoring duurzame energie” SenterNovem Utrecht december **2004**.

Arena U, Mastellone ML, Perugini F ”Assessment of a plastic packaging recycling system” Intern. J. LCA. **2003** (8) 92-98.

Bergsma GC et al. “Verkenning nieuwe milieumethodiek voor verpakkingen en integratie met productbeleid” CE/KPMG rapport, Delft 2004.

Bohlmann GM “Biodegradable packaging life assessment” Environmental Progress **2004** (23) 342-346.

Commissie Verpakkingen, “Jaarverslag 2003”, Utrecht oktober **2004**.

Davis G, Song JH “Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management” Industrial Crops and Products **2006** (23), 147-161.

Detzel A, Wellenreuther F, Kunze S, “Ökobilanz von Müllbeuteln“ IFEU präsention Heidelberg juni **2009**.

Diederer AM, „Metal minerals scarcity : a call for managed austerity and the elements of hope” TNO HCSS report The Hague **2009**.

Dimitrakakis E, Janz A, Bilitewski B, Gidakos E “Small WEEE: determining recyclables and hazardous substances in plastics“ J. Hazardous Materials **2009** (161), 913-919.

ECOLAS-PIRA report, “Study on the implementation of 94/62/EC on packaging and packaging waste and options to strengthen prevention and reuse of packaging” Surrey, February **2005**.

Fritz J, Link U, Braun R “Environmental impacts of biobased / biodegradable packaging” Starch **2001** (53) 105-109.

Goedkoop M, Heijungs R, Huijbregts M, de Schrijver A, Struijs J, van Zelm R. “RECIPE 2008 – A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and endpoint level – Report 1 Characterisation”, Leiden December 2008.

Jager L., Winter de, M. Presentatie “Biologisch afbreekbare verpakkingen: onderzoek naar de kennis, het gedrag en de perceptie van consumenten” LEI Wageningen UR **2007**.

Have v.d. G, “Bioplastics, environmental friend or recycling foe?” Recycling International, **2010**, nov. p 34-35.

Heeb J, Hoffelner W “Litteringstudie Zwischenbericht“ Universiteit Basel, februari **2004**.

Heijungs R, Huppes G. “Waarschijnlijkheidsstudie beleidsresultaten zwerfafval” CML Leiden december **2005**.

Hermann BG, Blok K, Patel MK “ Twisting biomaterials around your little finger: environmental impacts of bio-based wrappings” Int. J. Life Cycle Assessment **2010** (15), 346-358.

Huijbregts MAJ, Rombouts LJA, Hellweg S, Frischknecht R, Hendriks J, Meent van de, D, Ragas AMJ, Reijnders L, Struijs J. “Is cumulative fossil energy demand a useful indicator for the environmental performance of products?” Environmental Science and Technology **2006** (40), 641-648.

Keresztes S, Tatár E, Mihucz VG, Virág I, Majdik C, Zárny G “ Leaching of antimony from polyethylene terephthalate (PET) bottles into mineral water” Science of the Total Environment **2009** (407), 4731-4735.

Kim KC et al. “Levels of heavy metals in candy packages and candies likely to be consumed by small children” Food Research International **2008** (41), 411-418.

Kim S, Dale B. “Energy and greenhouse gas profiles of polyhydroxybutyrates derived from corn grain: a life cycle perspective” Environ. Sci. Technol. **2008** (42), 7690-7695.

Koot, A. “Gebruik bioplastics bij the Greenery” Presentatie voor PAVO te Bleiswijk op 15 mei **2009**.

Khoo HH, Tan RGH, Chng KWL “Environmental impacts of conventional plastic and bio-based carrier bags, part 1 life cycle production” Int. J. Life Cycle Assess. **2010** (15), 284-293.

Khoo HH, Tan RGH “Environmental impacts of conventional plastic and bio-based carrier bags, part 2 end of life options” Int. J. Life Cycle Assess. **2010** in press.

Kijchavengkul T, Auras, R, “Compostability of Polymers” Polymer International **2008** (57) 793-804.

Lewis H, Verghese K, Fitzpatrick L, “Evaluating the sustainability impacts of packaging; the plastic bag dilemma” *Packaging technology and science* **2010** (23), 145-160.

Looney MM, Mauk DA, Puga M, Sadow J., “Lead contamination in imported candies and their wrappers” *Texas J. of Sci.* **2006** (58), 343-348.

Madival S, Auras R, Singh SP, Narayan R “Assessment of the environmental profile of PLA, PET and PS clamshell containers using LCA methodology” *Journal of Cleaner Production* **2009** (17) 1183-1194.

Murphy RJ, Davis G, Payne M “Life cycle assessment (LCA) of biopolymers for single-use carrier bags”, London September **2008**.

Mølgaard, C. “Environmental impact by disposal of plastic from municipal solid waste” *Resources, Conservation and Recycling*, **1995** (15), 51-63.

NAPCORE Persbericht van 24 juli 2009: “NAPCOR refutes claims that PLA can be recycled with PET”

Nedvang, “Monitoring verpakkingen, resultaten 2009”, Rotterdam, verspreid via www.overheid.nl, officiële bekendmakingen, 28 december 2010, bijlage bij kamerstuk 28694 nummer 87 van de Tweede Kamer der Staten Generaal.

Patel M, Narayan R “How sustainable are biopolymers and biobased products? The hope, doubts and the reality” in book “natural fibres, biopolymers and biocomposites” Taylor and Francis Ltd. BocaRaton (Fl) **2005**.

Perugini F, Mastellone ML, Arena U “A life cycle assessment of mechanical and feedstock recycling options for management of plastic packaging wastes” *Environmental Progress*, **2005** (24), 137-154.

Pilz H, Brandt B., Fehring R. „The impact of plastics on the life cycle energy consumption and GHG emissions in Europe” Denkstatt report, Wien October **2009**.

Razza F, Fieschi, M, Degli Innocenti F, Bastioli C “Compostable cutlery and waste management: An LCA approach” *Waste Management* **2009** (29), 1424-1433.

Rigamonti L, Grosso M, Sunseri MC “Influence of assumptions about selection and recycling efficiencies on the LCA of integrated waste management systems” *Int. J. Life Cycle Assess.* **2009** (14) 411-419.

Roes AL, Patel MK, Environmental assessment of sugar cane bagasse food tray produced by Roots Biopack”, Report, Utrecht Oktober **2009**.

SenterNovem, “Samenstelling van het huishoudelijk restafval, resultaten sorteeranalyses 2008”, Utrecht januari **2009**.

SenterNovem, “Afvalverwerking in Nederland, Gegevens 2007”, Werkgroep afvalregistratie, Utrecht november **2008**.

Song JH, Murphy RJ, Narayan R, Davies GBH “Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics” *Phil. Trans. R. Soc. B* **2009** (364), 2127-2139.

Shen L, Patel MK „Environmental assessment of Paperfoam products” **2007**, UU Report, Utrecht.

Shen L, Haufe J, Patel MK “Product overview and market projection of emerging bio-based plastics, PROBIP-2009” University Utrecht, June **2009**.

Thoden van Velzen EU, Linnemann AR “Modified Atmosphere Packaging of fresh meats – sudden partial adaptation caused an increase in sustainability of Dutch supply chains of fresh meats” *Packaging Technology and Science*, **2008** (21), 37-46.

Thoden van Velzen EU, Jansen K “Snelle analyse van het verpakkingsgebruik in de overheids catering” **2006**, AFSG report no. 722, Wageningen.

Trostle, R. “Global agricultural supply and demand: factors contributing to the recent increase in food commodity prices” USDA and ERS report July **2008**.

Vidal R, Martínez P, Mulet E, González R, López-Mesa B, Fowler P, Fang JM “Environmental assessment of biodegradable multilayer film derived from carbohydrate polymers” *J Polym Environ* **2007** (15) 159-168.

Vink ETW presentation “Ingeo biopolymers. Providing the essentials for a lower carbon economy” **2010** March.

Vink ETH, Glassner DA, Kolstad JJ, Wooley RJ, O'Connor RP "The eco-profiles for current and near-future NatureWorks polylactide (PLA) production" *Industrial Biotechnology* **2007** (3) 59-81

Vink ETH, Rábago KR, Glassner DA, Gruber PR "Applications of life cycle assessment to NatureWorks polylactide (PLA) production" *Polymer Degradation and Stability* **2003** (80) 403-419.

Wikström F, Williams H "Potential environmental gains from reducing food losses through development of new packaging – a Life cycle model" *Packaging Technology and Science* **2010** (23) 403-411.

Witt U, Einig T, Yamamoto M, Kleeberg I, Deckwer WD, Müller RJ „Biodegradation of aliphatic – aromatic copolyesters: evaluation of the final biodegradability and ecotoxicological impact of degradation intermediates" *Chemosphere* **2001** (44), 289-299.

BSI, PAS 2050 :2008 „Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services", London, October **2008**.

Ecobilan and PriceWaterhouseCoopers report "Evaluation des Impacts Environnementaux des Sacs boutique" Mars **2008**, internet.

IFEU report "Life Cycle Assessment of POLYLACTIDE (PLA)" Heidelberg July **2006**, Internet.

Nolan-ITU report "The impacts of degradable plastic bags in Australia", Melbourne, April **2004**.

VROM, "Kunststofafval in Nederland", maart **2006**

Webverwijzingen

BPI persbericht "BPI assessment of oxodegradable films", zie

<http://www.bpiworld.org/resources/Documents/BPI%20Assessment%20of%20Oxos%20v7.pdf>

CERA, "Peak Oil Theory – "World Running Out of Oil Soon" – Is Faulty; Could Distort Policy & Energy Debate", 14 November 2006, Persbericht, zie: www.cera.com.

Loopla website: www.loopla.org

“Natureflex production and life cycle assessment”, brochure van Innovia films verspreid via de website:

<http://www.innoviafilms.com/products/market/biodegradablesustainable/brand/natureflex>

“Natureflex product range”, brochure van Innovia films verspreid via de website:

<http://www.innoviafilms.com/products/market/biodegradablesustainable/brand/natureflex/new>

Novamont Mater-Bi, environmental product declaration (EPD) Mater-Bi NF type: biodegradable plastic pellets for films. 27 Feb 2002, downloaded from website

Plastic Europe website met milieuparameters van de productie van kunststoffen is:

<http://www.lca.plasticseurope.org/index.htm> (meerdere malen geraadpleegd in oktober en november 2009)

Symphase: www.symphase.com

Webverwijzingen over GMO's en bioplastics:

- <http://www.greenman.co.za/blog/?p=24>
- http://culturechange.org/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=364&Itemid=62
- <http://www.foodbev.com/article/pla-and-bioplastics-for-and-against>

Samenvatting

Hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen worden op dit moment in Nederland beperkt toegepast voor enkele biologische groente- en fruitproducten. Dit rapport vat de wetenschappelijke literatuur over de milieueffecten van het gebruik van hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen samen. Het blijkt lastig om onbetwistbare uitspraken te kunnen doen over de vergelijkende milieueffecten tussen verpakkingen in een samenleving op basis van LCA-studies. Hiervoor moeten de invoergegevens zeer betrouwbaar zijn en een zo klein mogelijke bandbreedte bezitten. Dit geldt in het bijzonder voor een reeks factoren die een grote invloed heeft op de uitkomsten van vergelijkende milieueffectstudies voor verpakkingen, zoals invloed op de houdbaarheid en daarmee productuitval, maar ook hernieuwbaarheid, herbruikbaarheid, vervuiling met productresten in de afvalfase en parameters van het verpakkingsvormingsproces. Dergelijke factoren hebben een dusdanig grote invloed op de uitkomsten dat ze de resultaten kunnen laten kantelen. Wanneer bij een vergelijking tussen hernieuwbare, biologisch afbreekbare verpakkingen en conventionele verpakkingen al deze factoren in het voordeel van de eerste soort verpakkingen uitpakken (geen houdbaarheidsverkortening, geen additioneel verpakkingsgewicht, geen extra procesinspanningen, etc.) kan er op basis van verschillende LCA studies en een beoordeling van de hierin gebruikte gegevens de volgende conclusies worden getrokken:

- Open schalen gemaakt van suikerrietvezels of *moulded fibre* (pulp) zijn aanzienlijk minder milieubelastend dan open schalen van conventionele kunststoffen,
- Vormvaste verpakkingen (klemdeksels, open schalen, bekers, etc.) van PLA veroorzaken iets minder milieubelasting dan vergelijkbare verpakkingen gemaakt van conventionele kunststoffen,
- Voor de meeste flexibele verpakkingsvormen (zakken, tassen, folie) zijn de verschillen tussen conventionele kunststoffen enerzijds en biologisch afbreekbare of hernieuwbare kunststoffen anderzijds gering. Alleen Mater-Bi afvalzakken en PLA flowpacks voor gesneden groenteproducten lijken net iets minder milieubelastend dan hun evenknieën van conventionele kunststoffen.

Dit is de huidige situatie en wellicht dient dit over enkele jaren weer te worden bijgesteld ten gevolge van nieuwe technologische ontwikkelingen of andere milieubeoordelingsmethoden. In Nederland is op basis van de huidige inzichten verbranden met energierugwinning de meest milieuvriendelijke verwijderingsmethode, tenzij de verpakkingen veel levensmiddelresten bevatten, dan is composteren of vergisten een goed alternatief. Hernieuwbare en biologisch afbreekbare verpakkingen blijken goed als materiaal te kunnen worden hergebruikt. Het is dan ook wenselijk om deze verpakkingen middels de bestaande kunststofhergebruik infrastructuur te gaan inzamelen, sorteren en op te werken. De opwerkbedrijven zijn hier gereed voor, het vergt alleen aanpassingen bij de sorteerbedrijven. De combinatie van de inzet van biologisch afbreekbare en/of hernieuwbare kunststofverpakkingen met materiaalhergebruik is een

veelbelovende en biedt perspectief op een aanzienlijke verlaging van het milieueffect van de verpakkingen. Bovendien vormt deze combinatie van hernieuwbare kunststoffen en materiaalhergebruik een reële duurzame oplossing voor het in stand houden van een efficiënt levensmiddelen distributiesysteem nadat aardolie duur en schaars geworden is.

Dankbetuiging

Dit onderzoek werd gefinancierd door het ministerie LNV (inmiddels EL&I genaamd) middels een beleidsondersteunende projectopdracht (BO 04 009). Ondanks dat het geduld van de opdrachtgever op de proef werd gesteld, hopen wij hen niet te teleur te stellen en zijn dankbaar voor deze opdracht.

Verder hebben veel betrokkenen actief hun mening gegeven en feiten ter beschikking gesteld. Zonder de actieve inbreng van zoveel betrokkenen was het onmogelijk geweest om alle informatie snel bij elkaar te krijgen. Ik dank hen voor hun enthousiasme en weerwoord. Martin Patel van de universiteit Utrecht wil ik in het bijzonder danken voor het corrigeren, zijn uitgebreide commentaar en meningen.

Gebruikte afkortingen

AGF: Aardappelen, groente en fruit
AVI: Afvalverbrandingsinstallatie
CH: China
EPS: geëxpandeerd polystyreen, piepschuim
EPLA: geëxpandeerd polymelkzuur
EVOH: polyethyleen-co-vinylalcohol
MF: *Moulded fibre*, ook wel pulpschalen
GFT: Groente, fruit en tuinafval
GMO: Genetisch gemanipuleerd organisme
GR: Geen Recycling
HDPE: Hogedichtheidspolyethyleen
IFEU: Institut für Energie- und Umweltforschung
LCA: Levenscyclusanalyse
LNV: Ministerie van landbouw, natuur en voedselkwaliteit, nu EL&I.
LDPE: Lagedichtheidspolyethyleen
NREU: Niet hernieuwbaar energiegebruik (fossiel)
OPP: georiënteerd polypropyleen
PBT: Polybutyleenterephthalaat
PCL: Polycaprolacton
PET: Polyethyleenterephthalaat
PF: Paperfoam, geëxpandeerde schuimschaal gemaakt uit papiervezel en zetmeel
PHA: Polyhydroxyalkanoaten (klasse van polymeren)
PHB: Polyhydroxybutanoaat
PL: Polen
PLA: Poly Lactic Acid, polymelkzuur
PMMA: poly methylmethacrylaat
PP: Polypropyleen
PS: Polystyreen
REU: Hernieuwbaar energiegebruik
SRF: Secondary recovered fuels
SRV: Suikerrietvezel
TOT: Totaal energiegebruik
TPS: Thermoplastisch zetmeel
VK: Verenigd Koninkrijk
VNG: Vereniging Nederlandse Gemeenten
VROM: Ministerie van volkshuisvesting, ruimtelijke ordening en milieu, nu IM

