

Communicatie Biobased Economy

www.groenegrondstoffen.nl

Overzicht informatiefolders BO-12.05-002-002

Paulien Harmsen
Harriëtte Bos

Report 1108

Colophon

Title	Communicatie Biobased Economy; Overzicht informatiefolders B012.05-002-002
Author(s)	PFH Harmsen, HL Bos
Number	1108
ISBN-number	978-90-8585-567-5
Date of publication	Januari 2010
Confidentiality	No
OPD code	-
Approved by	-

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

© Wageningen UR Food & Biobased Research

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.



The quality management system of Wageningen UR Food & Biobased Research is certified by SGS International Certification Services EESV according to ISO 9001:2000.

DE KETEN SLUITEN	4
Duurzaamheid hoogwaardige toepassingen uit biomassa	5
Voorbeelden biobased toepassingen	6
Marktpotentie hoogwaardige producten	7
PROGRAMMA'S	8
Polysaccharide Expertise Netwerk (EPNOE)	9
BIORAFFINAGE	10
Moonshots: Bioraffinage kansen voor Nederland	11
Moonshot 1: Geteelde biomassa in Nederland	12
Moonshot 2: Aquatische biomassa	13
Moonshot 3: Biomassa import	14
Moonshot 4: Biomassa reststromen	15
Pilotfaciliteit grasraffinage	16
MATERIALEN	17
Celluloseplastics: Eigenschappen en toepassingen	18
Polymelkzuur: Eigenschappen en toepassingen	19
Polymelkzuur: Markt- en milieu-aspecten	20
PHA's: Eigenschappen en toepassingen	21
Zetmeelplastics: Eigenschappen en toepassingen	22
Zetmeelplastics: Markt- en milieu-aspecten	23
Biobased polyethyleen: markt- en milieu-aspecten	24
Nieuwe bioplastics op de markt	25
Composteerbare plastics uit aardolie	26
Spuitsietbare natuurlijke vezel-plastic composieten	27
Agrodome: Duurzaam bouwen met hernieuwbare materialen	28
Kokosvezelplaten als duurzaam bouw materiaal	29
Groen bouwen met hernieuwbare grondstoffen	30
CHEMICALIËN	31
REACH en de biobased economy	32
Hernieuwbare chemicaliën	33
Katalyse in de Biobased Economy	34
Productie van platformchemicaliën door planten	35
Biobased economy en de farmaceutische industrie	36
BRANDSTOFFEN	37
Eigenschappen van biotransportbrandstoffen	38
Biodiesel	39
Bioethanol uit lignocellulose	40

ENERGIE	41
Energieverbruik in de Nederlandse chemische industrie	42
Ontwikkeling van de Nederlandse biomassahuishouding	43
Kleinschalige verbranding van biomassa	44
Waterstof uit biomassa	45
BIOMASSA RESTSTROMEN DIER	46
Covergisting mest op het veehouderijbedrijf	47
Covergisting van mest: levenscyclusanalyse (LCA)	48
DIERVOEDING	49
Duurzaamheid diervoeding: feed vs food or fuel	50
GEWASSEN	51
Miscanthus voor bioenergie	52
Winterkoolzaad voor biodiesel	53
Wintertarwe voor bioethanol	54
Suikerbiet voor bioenergie	55

DE KETEN SLUITEN



Biobased Economy info sheet

Duurzaamheid hoogwaardige toepassingen uit biomassa

Door de voortgang in technologie komen er steeds meer producten op de markt die geheel of gedeeltelijk zijn gemaakt uit hernieuwbare grondstoffen, zogenaamde biomassa. Hoewel veel mensen denken dat producten uit biomassa duurzamer zijn dan alternatieven gebaseerd op fossiele grondstoffen, is dit niet altijd het geval. Deze informatiesheet geeft een overzicht van de factoren die belangrijk zijn voor de duurzaamheid van producten uit biomassa. Meer achtergrondinformatie is te vinden in het rapport “Sustainability evaluation of high value-added products”, van Harriëtte Bos en Koen Meesters.

Bepalen van duurzaamheid van een product

Er worden verschillende methodes gebruikt om de duurzaamheid van producten te bepalen, maar ze zijn voor het overgrote deel gebaseerd op de LCA (Levens Cyclus Analyse) methodiek. Bij de LCA methodiek wordt van de totale levensduur van een product, dus van de wieg tot het graf, bepaald wat de uitstoot aan stoffen en het gebruik aan energie en grondstoffen is. Vervolgens worden deze factoren uitgedrukt in equivalenten van een bepaald milieueffect, zoals equivalenten zure regen als maat voor verzuring. Ook uitputting van grondstoffen, vermesting, smog etc. worden bepaald, waardoor inzicht wordt verkregen in de milieubelasting die dat product met zich meebrengt. Vervolgens zijn er verschillende methodes om de resultaten te presenteren of te groeperen. Er zijn ook methodes die de milieubelasting proberen weer te geven in één getal. Soms wordt geprobeerd een uitbreiding te maken naar het landgebruik dat noodzakelijk is om een product te maken. Met name voor biomassa is dat een relevante toevoeging. Geconcludeerd mag worden dat de LCA methodiek nog volop in ontwikkeling is.

Belangrijke impact categorieën voor biobased producten

Biobased producten komen veelal direct maar ook indirect voort uit de landbouw. Het zijn met name de impactcategorieën die samenhangen met landbouw waarop biobased producten relatief slechter scoren. Dit zijn in de eerste plaats vermesting (eutrofiëring) en landgebruiksverandering. Ook de grote hoeveelheid energie die het kost om kunstmest te maken heeft soms een significante invloed op de duurzaamheid van het biobased product, zowel qua energie-input als qua broeikasgas uitstoot. Vaak scoren biobased producten beter dan de fossiele alternatieven op het gebied van broeikasgassen en niet hernieuwbare energie-input. Een algemene vuistregel is echter niet te geven aangezien de uiteindelijke milieu-impact sterk wordt beïnvloed door het type toepassing.

Functionaliteit van een product

Veel van de nieuwe producten uit biomassa zijn bedoeld ter vervanging van een bestaand product. Erg belangrijk voor het

bepalen van de duurzaamheid van het nieuwe product uit biomassa is welk ander product vervangen wordt. Hieronder volgt een voorbeeld waarbij een fabrikant een keuze moet maken tussen verschillende coatingsystemen voor een kast: Een biobased was wordt vergeleken met een UV uithardende lak, in dit geval op basis van aardolie. De lak gaat veel langer mee dan de biobased was. De totale levensduur van de kast wordt op twintig jaar gesteld. De levensduur van de UV coating is ook twintig jaar, die van de was echter maar 5 jaar, waardoor deze tijdens de levensduur van de kast vier keer opnieuw moet worden aangebracht. Dit heeft een sterk negatieve invloed op de duurzaamheid van de biobased was. Hierdoor, en door nog een aantal andere factoren, komt de biobased was als veel minder duurzame oplossing naar voren.

Dit soort problemen treedt op wanneer het biobased product niet precies dezelfde functionaliteit heeft als het product dat het vervangt. In deze gevallen moet per case worden bepaald of de duurzaamheid van het biobased alternatief werkelijk beter is dan het product dat het vervangt. Een alternatieve, potentieel meer duurzame biobased oplossing kan zijn om een UV-uithardende lak op basis van hernieuwbare grondstoffen te ontwikkelen.

Systeemgrenzen

Belangrijk voor de vergelijking van biobased en niet-biobased producten is ook waar je de systeemgrens legt. Bijvoorbeeld bij het vervangen van *glasvezel*/composietmaterialen in auto's door de, lichtere, *agrovezel*/composietmaterialen kan er tijdens de levensduur van de auto benzine bespaard worden door het lagere gewicht. Het is belangrijk om dit mee te nemen in de LCA analyse.

Bouwstenen voor dezelfde stof

Een andere toepassing van biomassa wordt gevonden in de chemische industrie, waar precies dezelfde basischemicaliën die normaal uit aardolie worden gemaakt worden vervangen door biomassa. In dit geval worden alleen de basismoleculen vervangen maar is het eindproduct hetzelfde als het fossiele alternatief. Nu is met name de duurzaamheid van het productieproces van de bouwsteen van belang, het uiteindelijke product en functionaliteit zijn immers precies hetzelfde. Ook hier mag er niet a priori van worden uitgegaan dat het biobased alternatief duurzamer is, maar er zijn verscheidene studies waaruit blijkt dat er een behoorlijk aantal chemicaliën bestaat waarvoor met gebruik van de huidige technologie het biobased alternatief inderdaad duurzamer is. Bovendien is op dit gebied nog een forse winst te maken. De productieroutes voor chemicaliën uit fossiele bron zijn de afgelopen decennia geoptimaliseerd naar minder energie- en grondstof gebruik. Voor chemicaliën uit biomassa staan we nog maar aan het begin van de ontwikkeling en zullen de toepassing van groene chemie en nieuwe industriële biokatalytische processen nog tot een forse duurzaamheidswinst kunnen leiden.



Biobased Economy info sheet

Voorbeelden van biobased toepassingen

Deze info sheet geeft een aantal voorbeelden van toepassingen uit de biobased economy. De laatste jaren is er een fors aantal ontwikkelingen geweest, waaruit nieuwe toepassingen en/of producten zijn voortgekomen.

Traditionele toepassingen

Er zijn veel traditionele toepassingen van agrogrondstoffen in non-food producten, bijvoorbeeld:

- natuurlijke oliën in verven (alkydharsen)
- actieve stoffen in zeep, wasmiddelen, detergentia
- lijmen uit bijvoorbeeld zetmeel of caseïne
- natuurlijke vezels voor textiel

Nieuwe processen

Met witte of industriële biotechnologie (gebruik van enzymen of micro-organismen in plaats van chemische processen) worden met nieuwe processen producten gemaakt zoals:

- een antibioticum van DSM dat mbv witte biotechnologie met veel minder afval en energiegebruik wordt geproduceerd
- vitamine B2 van BASF dat mbv witte biotechnologie met minder afval en energiegebruik wordt geproduceerd
- een scala aan nieuwe plastics of bouwstenen voor plastics (zie ook hieronder)
- bioethanol (zie ook hieronder)

Nieuwe bioafbreekbare plastics

De laatste jaren zijn veel verschillende nieuwe bioafbreekbare bioplastics op de markt gekomen. Een aantal voorbeelden:

- Solanyl, een plastic gemaakt uit een zetmeelreststroom voor onder andere bioafbreekbare plantenspotten (Rodenburg Biopolymers)
- Andere zetmeelplastics, soms gemengd met bioafbreekbare (aardolie) plastics, voor voedselverpakkingen zoals aardappelzakken of als vuilniszak voor de groene container
- Polymelkzuur ofwel PLA (geproduceerd in de USA). Dit is verkrijgbaar in twee vormen; als vezel (INGEO) wordt het bijvoorbeeld gebruikt in matrassen en kleding omdat het goed vocht reguleert, als plastic (NatureWorksPLA) wordt het onder andere gebruikt voor voedselverpakkingen (folieverpakkingen voor aardappels, avocado's en paprika's, maar ook voor aardbeienbakjes)

Nieuwe materialen

De ontwikkelingen hebben ook geleid tot een breed scala aan nieuwe materialen die niet bioafbreekbaar zijn:

- De nieuwe bioplastics worden soms gemengd met gewone, niet bioafbreekbare plastics, omdat de bioplastics aan het mengsel goede eigenschappen meegeven. Bijvoorbeeld een mengsel van PLA met een gewone plastic, dat door Japanse bedrijven wordt gebruikt om computerbehuizingen van te maken.
- Nieuwe bioharsen uit oliën en suikers zijn recent op de markt gekomen in Duitsland, ze worden onder andere gebruikt voor het maken van carrosserie-onderdelen voor bussen.
- Natuurlijke vezels, bijvoorbeeld vlas, worden gebruikt om plastics te versterken, deze materialen worden door vrijwel alle Europese autofabrikanten in de auto-interieurs toegepast.

Nieuwe chemicaliën

Moleculen uit hernieuwbare grondstoffen laat men ook meereageren bij het maken van gewone plastics waardoor deze voor een deel biobased worden.

- Bij de productie van PET (van de PET flessen en de fleecce) wordt isosorbide uit zetmeel gebruikt om de PET beter bestand te maken tegen hoge temperaturen
- Textielvezel gemaakt voor bijvoorbeeld zwembekleding en ondermode (Sorona, van Dupont) die voor ongeveer de helft biobased is.
- Verschillende soorten niet giftige weekmakers ontwikkeld uit hernieuwbare grondstoffen om ftalaatweekmakers te vervangen.
- Uit de huidige biodieselproductie komt glycerol vrij. Hieruit worden weer andere chemicaliën gemaakt, waarbij vaak energie wordt bespaard ten opzichte van het traditionele productieproces.
- Bioethanol wordt op dit moment vooral ontwikkeld als biobrandstof, maar het kan ook als grondstof voor de chemische industrie worden gebruikt. Uit bioethanol kan polytheen worden gemaakt voor de productie van plastic zakken. Hiervoor wordt een fabriek gebouwd in Brazilië.

Nieuwe brandstoffen

Biobrandstoffen worden gemaakt uit verschillende grondstoffen:

- Biodiesel uit natuurlijke oliën
- Bioethanol uit zetmeel of suiker
- MTBE, een benzinecomponent, de gebruikte methanol wordt gemaakt uit een reststroom van de biodieselproductie
- ETBE, ook een benzinecomponent uit bioethanol
- In de toekomst zal de 2e generatie biobrandstoffen komen. De producten uit deze processen kunnen ook dienen als grondstof voor de chemische industrie.

Wageningen UR
Peter Nowicki (LEI); 070-3358228
Peter.Nowicki@WUR.nl
Harriette Bos (Food & Biobased Research) 0317-480178
Harriette.Bos@WUR.nl
Postbus 17, 6700 AA Wageningen

Biobased Economy info sheet

Marktpotentie hoogwaardige producten

Deze info sheet geeft een overzicht van de marktpotentie van biobased materialen voor non-food toepassingen. De informatie komt uit het rapport **Biobased Economy: State-of-the-Art Assessment** van Peter Nowicki en Martin Banse (LEI), Christiaan Bolck en Harriette Bos (A&F) en Elinor Scott (WU).

Eurostat data

In deze studie is een inventarisatie gemaakt van de huidige en potentiële marktomvang van biobased producten. De basis voor de inventarisatie zijn de Eurostat data (2005) van geproduceerde goederen. Deze data bevatten op productniveau de waarde van zo'n 4000 geproduceerde goederen voor de EU-25, ook uitgesplitst naar land. Deze data zijn gebruikt omdat ze de meest complete en consistente dataset vormen die beschikbaar is. Bovendien vormt de EU-25 landengroep als economische eenheid, naast Azië en de VS, een belangrijk deel van de wereldmarkt. Op basis van de data kan tevens een adequate inschatting van de Nederlandse positie op deze markt worden gemaakt. Een nadeel van de Eurostat data bleek te zijn dat sommige data er niet in staan omdat ze confidentieel zijn.

Drie hoofdgroepen non-food toepassingen

Bij de inventarisatie zijn alleen non-food producten meegenomen, voeding en veevoer zijn buiten beschouwing gelaten. Biodiesel en bioethanol voor transportbrandstoffen zijn wel meegenomen, biomassa voor electriciteits- of warmteproductie niet. Om de inventarisatie overzichtelijker te maken zijn biobased producten ingedeeld in drie "groepen" gerelateerd aan het productieproces: (1) materialen uit biomassa, hierin zitten de traditionele toepassingen zoals hout, papier en natuurlijke textielvezels, (2) stoffen uit biomassa, hierin zitten de toepassingen zoals oliën voor de verfindustrie, zetmeel voor verschillende technische toepassingen zoals zetmeelplastics en lijmen, en (3) bouwstenen uit biomassa: hierin zitten relatief nieuwe toepassingen waarbij de biomassa eerst (bio)chemisch wordt omgezet tot bouwstenen, waarna er hoogwaardige producten zoals kunststoffen en fijnchemicaliën van worden gemaakt.

Omvang bestaande markten

Analyse van de huidige marktomvang van de drie groepen laat zien dat er al een bestaande biobased markt is. Marktomvang van de productie die momenteel helemaal of deels biobased is, wordt geschat op circa 457 miljard euro, het aandeel biobased hierin wordt geschat op 227 miljard euro. Ter vergelijking, de marktomvang voor voeding (exclusief dranken)- en veevoer (EU-25, 2005) is 460 miljard euro. In totaal is 45% van de data echter

Overzicht van (deels) biobased productie in 2005 volgens Eurostat voor EU-25

Groepen	Aantal product categorieën	Geregistreerde product categorieën	Totaal geregistreerde waarde* (miljard €)	Huidig aandeel biobased (miljard €)**	Potentieel aandeel biobased** (miljard €)
Materialen uit biomassa	286	76%	225	168	208
Stoffen uit biomassa	168	60%	79	26	38
Bouwstenen uit biomassa	334	34%	153	33	80
Totaal	788	55%	457	227	326

* Exclusief confidentieële data

** Van de non-food, non-feed component, gebaseerd op expertschatting; waarden van plastics niet gegeven in Eurostat

confidentieel (zie de tabel, derde kolom voor aandeel wel geregistreerd), waardoor deze productiewaardes niet zijn meegenomen in de telling. Het werkelijke huidige aandeel biobased zou wellicht zo'n 326 miljard euro kunnen bedragen.

Potentie

Op basis van een expert inschatting van de mogelijke substitutie van de nu gebruikte grondstoffen door biomassa, wordt verwacht dat de markt voor biobased grondstoffen in producten kan groeien met zo'n 80 miljard euro (tot circa 120 miljard, gegeven de mogelijke bijdrage van confidentieële data). Ruim de helft van deze groei wordt verwacht in de derde groep "bouwstenen", met potentieel meer dan een verdubbeling van het aandeel biobased. In de eerste groep "materialen" en tweede groep "stoffen" is minder groei te verwachten omdat het hier om producten gaat die traditioneel al voor een groot percentage uit biobased grondstoffen worden gemaakt. Deze inschattingen zijn gemaakt op basis van de technologische potentie om de huidige grondstoffen van producten (deels) te vervangen. Het moment waarop dit werkelijk zal gebeuren is vanzelfsprekend afhankelijk van de ontwikkeling van de grondstofprijzen, de beschikbaarheid van grondstoffen op een bepaalde plaats en de verdere kostprijzdaling van de omzettingstechnologie.

Conclusie

Voor veel producten blijkt Nederland al een groter dan proportioneel aandeel te produceren. Omdat Nederland zowel een sterke chemie als een sterke agrosector kent, kan Nederland zeker profiteren van het ontwikkelen van de derde groep hoogwaardige biobased toepassingen: bouwstenen uit biomassa.

PROGRAMMA'S

Biobased Economy info sheet

Polysaccharide Expertise Netwerk (EPNOE)

In de natuur spelen koolhydraten zoals suiker, zetmeel en cellulose een centrale rol als energiebron en als bouw materiaal. De polymere koolhydraten ofwel polysacchariden worden in alle levende organismen aangetroffen in een grote verscheidenheid aan structuren en eigenschappen. Om de aanwezige kennis op dit terrein binnen de EU te bundelen en te focussen op industriële innovatie is een multidisciplinair expert netwerk opgericht (EPNOE).

Toepassingen van polysacchariden

Polysacchariden vinden hun commerciële toepassing in uiteenlopende sectoren van farmaceutische industrie tot boorvloeistoffen voor oliewinning.

Zo worden cellulose en cellulose derivaten op industriële schaal toegepast in de papier industrie, textielindustrie en als bioplastic of geleermiddel. Ook andere polysacchariden zoals zetmeel, chitine (uit schaaldieren) en pectine worden grootschalig toegepast met name in de voedingsmiddelenindustrie waar polysacchariden een sleutelrol spelen bij productinnovatie en het



verschaffen van de functionele eigenschappen (prebiotics / dietary fibers) aan gezonde voedingswaren.

Veel minder bekende polysacchariden uit algen, zeewieren, schimmels, bacteriën of nieuwe gewassen worden onderzocht voor toepassing in nieuwe materialen en producten.

EPNOE voor polysaccharide innovaties

De zoektocht van overheden en industrie naar CO₂ neutrale materialen en 'groene' producten wordt ingegeven door de dreigende klimaatverandering en toenemende behoefte in de nabije toekomst aan grondstoffen. Voor industriële verwerking vormen polysacchariden de belangrijkste klasse van biopolymeren om in energie, voeding en materialen te worden omgezet. Slechts een fractie van de beschikbare polysacchariden wordt nu benut en vindt toegevoegde waarde.

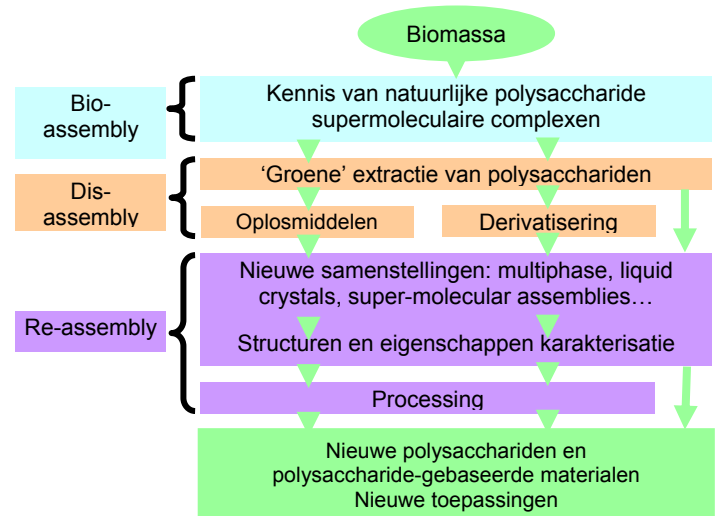
Het European Polysaccharide Network Of Excellence (EPNOE) is een innovatief research netwerk voor polysaccharide wetenschap. Het is in 2005 opgericht binnen het 6^e kader programma van de Europese Commissie. Binnen dit netwerk wordt in samenwerking met alle partners gebouwd aan een sterke band met de industrie, ontwikkeling van nieuwe producten en verbreiding van polysaccharide kennis op alle niveaus van de samenleving.

EPNOE heeft twee typen leden: reguliere leden en geassocieerde leden. De reguliere leden zijn de 16 participerende universiteiten en onderzoekcentra in 9 landen die op dit gebied expertise hebben ontwikkeld en de state-of-the-art technologieën in huis hebben. De geassocieerde leden zijn kleine of grote bedrijven die al werken met polysacchariden of dat van plan zijn in de toekomst.



Onderzoek

Het onderzoek binnen EPNOE is gefocust op de relaties tussen chemische samenstelling, structuur en functionele eigenschappen die relevant zijn voor verwerking, modificatie en toepassing:



De organisatie van gemeenschappelijk fundamenteel onderzoek binnen EPNOE is als volgt:

- Toegepast onderzoek op het gebied van materialen, voedsel, farmacie en medische producten.
- Life Cycle Assessment onderzoek
- Round robins en opzetten van EPNOE meetprotocollen

Het netwerk heeft naast nieuw fundamenteel en toegepast onderzoek geresulteerd in een groot aantal gezamenlijke publicaties en activiteiten zoals conferenties, onderwijs programma's en opleidingen, roadmaps en meetprotocollen.

Meer informatie: www.epnoe.eu

BIORAFFINAGE

Biobased Economy info sheet

Moonshots: Bioraffinage kansen voor Nederland

Samen met stakeholders zijn vier z.g. Moonshots uitgewerkt als voorziene bioraffinagestrategieën met een grote potentie voor de Nederlandse economie. Bioraffinage is de duurzame verwerking van biomassa in een spectrum van vermarktbare producten en energie (definitie IEA, Taak 42). De Moonshots zullen naar verwachting volledig operationeel zijn voor 2030 en gedeeltelijk gereed voor demonstratie voor 2015. De tekst is gebaseerd op de rapportage "Opportunities for Dutch Biorefineries", geschreven door E. Annevelink, J. Broeze, R. van Ree, H. Reith en H. den Uil (2009)¹.

De gedefinieerde Moonshots zijn:

1. Bioraffinage van specifieke Nederlandse gewassen
2. Bioraffinage van aquatische biomassa (microalgen en zeewieren)
3. Bioraffinage van geïmporteerde biomassa in het Nederlandse havengebied
4. Bioraffinage gebaseerd op reststromen en bijproducten

Witte biotechnologie (gebaseerd op micro-organismen en enzymen), ook wel industriële biotechnologie genoemd, is een integraal onderdeel van genoemde bioraffinagestrategieën. De Moonshots hebben betrekking op veelbelovende grondstoffen.

Moonshot 1. Geteelde biomassa in Nederland

Veelbelovende grondstoffen zijn specifieke Nederlandse gewassen met een hoge biomassaproductiviteit zoals bieten, maïs en gras. Grootschalige bioraffinage van deze gewassen zal resulteren in andere eisen aan de geproduceerde biomassa t.o.v. de huidige conventionele inzet (food en feed). Alternatieve productiesystemen en oogsttechnieken zullen noodzakelijk zijn. Bij deze Moonshot wordt gebruik gemaakt van intensieve productiemethoden, een klassieke sterkte van de Nederlandse agro-food sector.

Moonshot 2. Aquatische biomassa

Aquatische biomassa (microalgen en zeewieren) is een veelbelovende nieuwe biomassagrondstof voor bioraffinagedoeleinden met enerzijds een hoge productiviteit per hectare en anderzijds een hoge concentratie aan waardevolle inhoudsstoffen zoals oliën, eiwitten, koolwaterstoffen en specifieke biomoleculen. Vanwege de grote verscheidenheid aan verschijningsvormen met een grote variatie in samenstelling is aquatische biomassa uitermate geschikt voor bioraffinagedoeleinden voor de productie van eindproducten die kunnen worden afgezet in de voeding-/veevoersektoren, chemische sector en energiesector. Deze bioraffinagestrategie vereist de ontwikkeling van productie- en conversietechnieken,

alsmede de realisatie van logistieke ketens. Bij deze Moonshot wordt ingespeeld op de in Nederland geschikte condities voor ontwikkeling en commercialisatie van microalgen en zeewieren teelt (Reith, 2004 & 2005). Voor microalgen teelt zijn de klimatologische condities gunstig gezien de relatief lange lichtperiode per dag en de beperkte temperatuurwisselingen over het etmaal. Voor zeewierenteelt is in het door Nederland beheerde deel van de Noordzee in principe een groot, aanvullend areaal beschikbaar, mogelijk in combinatie met windturbineparken en andere vormen van aquacultuur zoals de mosselenteelt.

Moonshot 3. Biomassa import

Voor deze Moonshot wordt gekeken naar geïmporteerde biomassa in Nederlandse havengebieden. Grootschalige import van biomassa voor voeding en veevoer, alsmede voor energiedoeleinden, is reeds een gemeen goed. Voor deze Moonshot kan de benodigde biomassa worden betrokken vanuit (bestaande) internationale markten. Dit heeft als potentieel voordeel de onafhankelijkheid van variaties in lokaal biomassa-aanbod t.g.v. seizoensinvloeden. Bij deze Moonshot wordt gestreefd naar vergroting van de toegevoegde waarde van aangevoerde biomassa en naar integrale benutting.

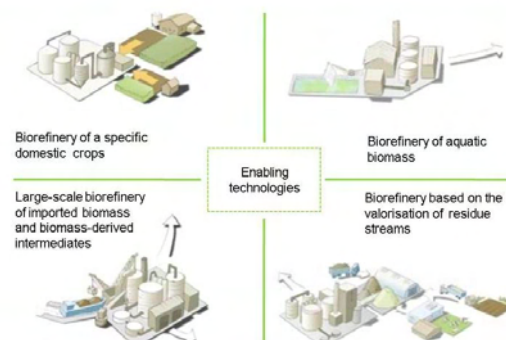
Moonshot 4. Biomassa reststromen

Nieuwe technologieën en ketensamenstellingen zijn noodzakelijk voor betere verwaarding van biomassastromen en bijproducten (multi-industriële en intersectoriële aanpak). Deze Moonshot (no-regret optie) maakt gebruik van bestaande biomassastromen, maar vergt logistieke en technologische innovaties en veranderingen van randvoorwaarden m.b.t. het gebruik van de biomassa.

Implementatie

Een strategie voor de verdere ontwikkeling en realisatie van een biobased economy vraagt om de grootschalige implementatie van genoemde bioraffinagestrategieën (Moonshots) op de middellange termijn. Hiertoe is realisatie van industriële demonstraties op de korte termijn met hieraan gekoppeld een toegepast onderzoeksprogramma een absolute noodzaak.

Moonshots: visions on sustainable, commercial biorefinery plants tailored to the Netherlands



¹[Dutch Roadmap Biorefinery](#)

Biobased Economy info sheet

Bioraffinage Moonshot 1: Geteelde biomassa in Nederland

In Nederland geteelde gewassen kunnen gedeeltelijk bijdragen aan de vraag naar biomassa vanuit de biobased economy. Biomassa van Nederlandse gewassen wordt momenteel verwerkt in bestaande agroketens. Door een optimale benutting van het gehele gewas (inclusief huidige primaire reststromen) wordt concurrentie met voedsel beperkt. Een dergelijke effectieve benutting van het gehele gewas vraagt oplossingen op het vlak van productiviteit van gewas en teeltsysteem, logistiek, (scheidings)technologie, productontwikkeling en wet- en regelgeving. De tekst is gebaseerd op de rapportage “Opportunities for Dutch Biorefineries”, geschreven door E. Annevelink, J. Broeze, R. van Ree, H. Reith en H. den Uil (2009)¹.

Typering

Het kenmerk van deze Moonshot is dat alle componenten van een geteeld gewas optimaal worden verwaard. In de huidige agroketens wordt vaak de nadruk gelegd op het verwaarden van een beperkt aantal componenten van het gewas zoals biet, knol of zaad. Bij bioraffinage wordt het gehele gewas geoogst en verwerkt. Beoogde toepassingen/ functionaliteit is voedsel, veevoer, materialen, chemicaliën, transportbrandstoffen, elektriciteit en warmte.

Bij deze Moonshot gaat het om een breed scala aan biomassa gewassen met een hoge productiviteit zoals suiker- en voederbieten, tarwe, maïs, hennep, nieuwe eiwitgewassen (zoals lupine en bonen) en gras. Bioraffinage kan ook vragen om de ontwikkeling van specifieke gewassen (b.v. Crambe), en om aangepaste agrarische teelt- en oogstsystemen.

Praktische mogelijkheden worden mede bepaald door de schaal van de toepassing. De keuze van de juiste schaalgrootte is erg belangrijk. Grootschalige bioraffinage zal grote hoeveelheden biomassa vragen, wat logistieke vragen oproept. Kleinschalige bioraffinage kan in sommige situaties een goed alternatief bieden.

Voorbeelden van beoogde ontwikkelingen:

- Benutting van het gehele gewas, bijvoorbeeld niet alleen de bieten maar ook het loof; niet alleen het graan maar ook het stro
- Ontwikkeling van regionale bioraffinageketens
- Jaarrond benutting van bioraffinagesystemen
- Leveren van een breder pallet aan eindproducten
- Voorkomen van reststromen

State-of-the-art

De state-of-the-art m.b.t. bioraffinage verschilt per keten. In de traditionele suikerketen heeft men bijvoorbeeld al veel kennis over extractie, het zuiveren van sappen, drogen, verdampen, kristalliseren en energie en waterbeheer. In nieuwe ketens zoals bijvoorbeeld bij grasraffinage moet kennis gedeeltelijk nog worden ontwikkeld of overgenomen uit andere sectoren.

Pilots en praktijktoepassingen

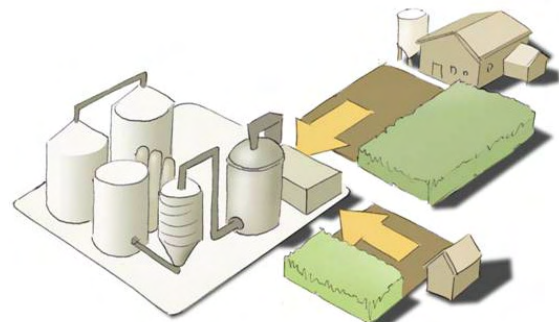
Twee mogelijke voorbeelden van bioraffinagepilots zijn uitgewerkt in de Nederlandse routekaart bioraffinage, namelijk ‘Geheel gewas suikerbiet bioraffinage’ en ‘Grasbioraffinage’. Er zijn echter nog veel meer voorbeelden denkbaar, gebaseerd op andere gewassen. Een belangrijk doel voor het opzetten van bioraffinage pilots is het onderzoeken van de praktische haalbaarheid en mogelijkheden om operationele kosten goed te beheersen.

Onderzoeksfocus

- Verbeterde gewassen met meer nuttige inhoudstoffen (b.v. suikers en eiwitten) per geoogste ton biomassa
- Nieuwe teeltsystemen die leiden tot meer biomassa per ha
- Nieuwe oogst- en opslagsystemen
- Optimale logistieke keteninrichting
- Nieuwe scheidingstechnologie (o.a. adsorptie, fractioneren, filtreren)
- Case-specifiek optimale schaalgrootte bepalen
- Nieuwe (hoogwaardige) producten voor meer toegevoegde waarde per ton biomassa
- Aangepaste wet- en regelgeving

Randvoorwaarden

De ontwikkelde kennis en technologie moeten op adequate wijze beschikbaar worden gesteld aan het Nederlandse bedrijfsleven (zowel agro als chemie). Dit houdt wel in dat eigendomsrechten goed moeten worden geregeld.



Schematische illustratie van bioraffinage gebaseerd op geteelde biomassa in Nederland

¹[Dutch Roadmap Biorefinery](#)

Biobased Economy info sheet

Bioraffinage Moonshot 2: Aquatische Biomassa

Aquatische biomassa (micro-algen en zeewieren) is een interessante nieuwe grondstof voor bioraffinage en vormt een belangrijke aanvulling op het bestaande biomassa aanbod. Micro-algen en zeewieren hebben een unieke samenstelling en bestaan uit een breed scala aan waardevolle componenten en is daardoor uitermate geschikt voor bioraffinage. De benutting van dit potentieel vereist ontwikkeling op het gebied van productie- en conversietechnologie en logistieke ketens. De tekst is gebaseerd op de rapportage “Opportunities for Dutch Biorefineries”, geschreven door E. Annevelink, J. Broeze, R. van Ree, H. Reith en H. den Uil (2009)¹.

Typering

De kweek van micro-algen vindt plaats in open bassins of gesloten bioreactoren; grootschalige teelt van zeewieren vindt plaats in open zee. Concurrentie met land voor voedselteelt wordt hierdoor voorkomen. De teelt van aquatische biomassa wordt gekenmerkt door een hoge productiviteit per eenheid oppervlak. De teelt kan gecombineerd worden met andere functies zoals waterzuivering en CO₂-vastlegging (micro-algen) respectievelijk off-shore wind parken, vis- en schelpdierenteelt (zeewieren).

Aquatische biomassa heeft een unieke samenstelling en bestaat uit een breed scala aan waardevolle componenten zoals oliën, vetzuren, eiwitten en polysacchariden en leent zich hierdoor bij uitstek voor bioraffinage.

Het kenmerk van deze Moonshot is dat ketens worden ontwikkeld voor grootschalige productie van biobrandstoffen en industriële (bio)chemicaliën uit micro-algen en zeewieren. Het accent ligt hierbij op de ontwikkeling van processen zoals biomassa oogst, -voorbewerking en -fractionering, en de zuivering en opwerking van geëxtraheerde fracties tot eindproducten. Daarnaast zal er worden gekeken naar de ontwikkeling van logistieke ketens. Ten opzichte van de huidige technieken dienen de kosten en het gebruik van energie en hulpstoffen sterk te worden gereduceerd. Daarnaast dienen processen ontwikkeld te worden om restfracties in energiedragers om te zetten.

State-of-the-art

Wereldwijd worden op dit ogenblik ca. 15.000 ton algen en ca. 2 miljoen ton zeewieren per jaar geproduceerd. Beide vormen van aquatische biomassa worden voornamelijk ingezet voor hoogwaardige toepassingen zoals voedingssupplementen en aquacultuur (visteelt). Sinds enkele jaren is er sterk groeiende activiteit op het gebied van biobrandstof productie uit micro-algenolie.

¹[Dutch Roadmap Biorefinery](#)

Pilots en praktijktoepassingen

Voor aquatische biomassa wordt gestreefd naar de ontwikkeling en demonstratie van commerciële concepten voor de productie van:

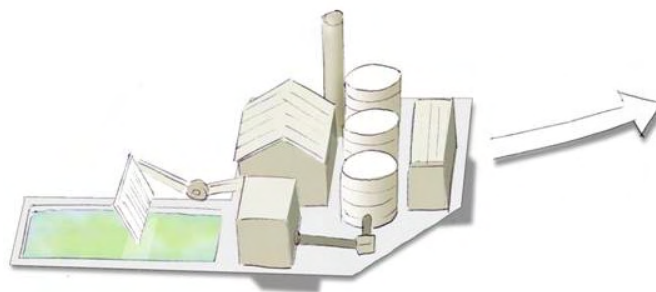
- Biobrandstoffen en nevenproducten
- Voer voor aquacultuur, inclusief de recycling van nutriënten
- Productie van ingrediënten voor voeding en nevenproducten

Onderzoeksfocus

- Selectie van soorten micro-algen en zeewieren
- Ontwikkeling van procedures en tools voor productoptimalisatie
- Verbeteren van oogst- en ontwateringsmethoden
- Ontwikkeling van logistieke concepten
- Ontwikkeling van milde en efficiënte technologie voor het fractionering van de aquatische biomassa
- Technologie ontwikkeling voor bioraffinage van (polymere) suikers, vetzuren, oliën, eiwitten e.d.
- Productontwikkeling in samenwerking met bedrijven incl. toelating van producten
- Vergroten van draagvlak en product acceptatie bij de consument

Randvoorwaarden

Voor de teelt van zeewieren is de ecologische inpasbaarheid van grootschalige biomassateelt op zee een kritische succesfactor. De regelgeving is tevens van belang voor de toelating van producten. Tenslotte zijn voor de ontwikkeling van aquatische biomassa maatschappelijk draagvlak en betrokkenheid van stakeholders bij de ontwikkeling cruciaal.



Schematische illustratie van bioraffinage gebaseerd op algen

Biobased Economy info sheet

Bioraffinage Moonshot 3: Biomassa Import

Import van biomassa levert nu al een belangrijke bijdrage aan de huidige biobased economy. In de toekomst zal zowel de relatieve bijdrage van biomassa import als de absolute omvang van de biomassa import verder stijgen door de groei van de biobased economy. Door de uitgebreide infrastructuur in Nederland (havens en olieraffinage-, chemische- en voedingsindustrie) biedt dit unieke kansen voor de Nederlandse economie, nu en in de toekomst. De tekst is gebaseerd op de rapportage “Opportunities for Dutch Biorefineries”, geschreven door E. Annevelink, J. Broeze, R. van Ree, H. Reith en H. den Uil (2009)¹.

Typing

Het kenmerk van deze Moonshot is dat duurzame en betrouwbare bioraffinageketens worden ontwikkeld voor de omzetting van geïmporteerde biomassa in een breed scala van producten: voedsel, veevoer, materialen, chemicaliën en energiedragers. Zowel aan de voorkant van de keten (typen biomassa) als aan de achterkant van de keten (de producten die worden gemaakt) is een groot aantal opties mogelijk. De concurrentie tussen inzet van biomassa voor producten laag in de waardeketen (energiedragers) met producten hoog in de waardeketen (voedsel) dient hierbij geminimaliseerd te worden. Belangrijk is dat op de korte termijn al ketens ontwikkeld worden, ook als ze suboptimaal zijn, om voor deelaspecten van de keten ervaring op te bouwen voor de toekomst, en om een basis te bieden voor een verdere geleidelijke ontwikkeling van de bioraffinage industrie. In deze Moonshot zullen typisch grootschalige bioraffinaderijen ontwikkeld worden.

State-of-the-art

Voor de verschillende toepassingen van biomassa (voedsel, veevoer, materialen, chemicaliën en energiedragers) worden op dit moment al grote hoeveelheden biomassa geïmporteerd. Op dit moment is de interactie tussen de verschillende sectoren nog slechts beperkt aanwezig en wordt, afhankelijk van de sector, slechts beperkt gebruik gemaakt van geavanceerde geïntegreerde processen om de biomassa uit het oogpunt van economie en duurzaamheid optimaal in te zetten.

Pilots en praktijktoepassingen

De toepassing van nieuwe processen en ketens voor het gebruik van biomassa op pilot schaal is van belang om ervaring op te doen op aspecten (zowel technische als niet-technische) die voor implementatie van belang zijn. Door de pilots/demo's dient bewezen te worden dat de nieuwe opties langdurig betrouwbaar

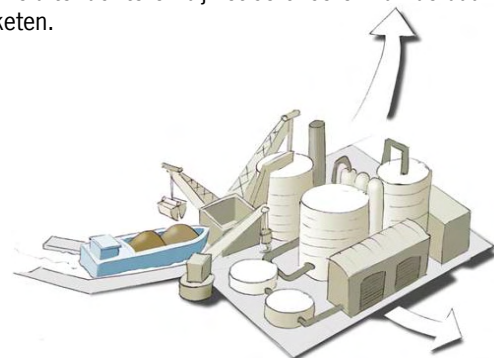
bedreven kunnen worden. De pilots/demo's kunnen zowel op de korte termijn als de lange termijn gericht zijn. Idealiter is al een relatief eenvoudige toepassingsoptie voor de korte termijn beschikbaar, met de optie om voor de toekomst meer gecompliceerde bioraffinage-configuraties te ontwikkelen. Pilots bieden een uitstekende mogelijkheid om samenwerking tussen verschillende sectoren die biomassa gebruiken tot stand te brengen.

Onderzoeksfocus

- Ontwikkeling van internationaal geaccepteerde criteria en monitoring tools om de duurzaamheid van geïmporteerde biomassa aan te tonen
- Ontwikkelen van de logistiek van biomassa import
- Verhogen van de energiedichtheid van geïmporteerde biomassa door voorbehandeling
- Ontwikkeling van scheidingsprocessen om biomassa in functionele fracties te scheiden
- Ontwikkeling van betrouwbare conversieprocessen die biomassa-residuen kunnen verwerken en variaties in biomassa samenstelling aankunnen
- Ontwikkeling van bioraffinageconcepten om biomassa uit het oogpunt van economische waarde en duurzaamheid maximaal in te zetten
- Terugwinnen van mineralen en nutriënten uit de biomassa om hergebruik bij biomassateelt mogelijk te maken
- Invloed van biomassateelt en biomassa-import op micro- en macro-economisch niveau

Randvoorwaarden

Voor een aantal sectoren is de inzet van biomassa (nog) niet concurrerend met de huidige alternatieven. Gedeeltelijk komt dit door de prijs van de alternatieven en gedeeltelijk door de onvolwassenheid van de benodigde conversietechnologie. Ondersteuning door de overheid is nodig om het (tijdelijke) prijsverschil te overbruggen. Daarnaast dient de (inter)nationale overheid te faciliteren bij het certificeren van de duurzaamheid van de keten.



Illustratie van bioraffinage gebaseerd op import van biomassa

¹[Dutch Roadmap Biorefinery](#)

Biobased Economy info sheet

Bioraffinage Moonshot 4: Biomassa Reststromen

Bestaande biomassastromen kunnen substantieel bijdragen aan de vraag vanuit de biobased economy. Door betere benutting van bijproducten en reststromen wordt de concurrentie met voedsel beperkt.

Grote hoeveelheden zijn beschikbaar in bestaande ketens. Reststromen van de agro-food industrie zijn meestal vrij uniforme productstromen, maar verderop in de ketens gaat het vaak om mengstromen (voedselresten in GFT). Effectieve benutting van reststromen en bijproducten vraagt oplossingen op het vlak van logistiek, (scheidings)technieken en veiligheid.

De tekst is gebaseerd op de rapportage "Opportunities for Dutch Biorefineries", geschreven door E. Annevelink, J. Broeze, R. van Ree, H. Reith en H. den Uil (2009)¹.

Typering

Kenmerk van deze Moonshot is de ontwikkeling van productieprocessen en ketens waardoor biomassa, die momenteel niet of beperkt functioneel wordt gebruikt, beter benut kan worden in de biobased economy. Hierbij gaat het om een breed scala aan biomassastromen:

- Resten van voedselverwerkingsprocessen zoals pulp, schroot van oliehoudende vruchten en zaden, schillen, snijresten, afkeur enzovoort
- Voedselresten
- GFT afval
- Biomassa uit openbaar groen en natuurgebieden
- Mest

Hoewel veel van deze producten toegepast worden (in o.a. diervoeders en voor bemesting) zijn de huidige ketens vanuit het perspectief van biomassabenutting vaak niet optimaal. Beoogde toepassingen of functionaliteit zijn energieproductie, materialen en chemicaliën (naast de gangbare toepassingen zoals diervoeders). Praktische mogelijkheden worden bepaald door de mate van zuiverheid van het materiaal en logistieke- en procestechnische mogelijkheden.

Voorbeelden van beoogde ontwikkelingen zijn:

- Het winnen van mineralen die in overmaat aanwezig zijn in huidige veevoedergrondstoffen
- Duurzame toepassingen voor bermgras
- Productie van chemicaliën uit bijproducten van voedselverwerkingsprocessen
- Energie/biogasproductie uit voedselresten
- Verwerking van mest en digestaat tot waardevolle kunstmestvervangers

State-of-the-art

Een groot deel van de reststromen wordt als afval behandeld en heeft een negatieve waarde. Meest gebruikelijk is composteren, maar de afzet van compost is vaak problematisch. In toenemende mate wordt met behulp van het organische afval biogas geproduceerd waarna het residu alsnog gecomposteerd wordt. Afgelopen jaren zijn inzamelsystemen ontwikkeld voor voedselresten uit restaurants en grootkeukens; dit vormt een basis voor biogasproductie en eventueel andere verwaardingsprocessen.

Veel producten uit de voedingsmiddelenindustrie worden toegepast als veevoeder. Bewerkingsstappen in de ketens worden tot het minimum beperkt.

Pilots en praktijktoepassingen

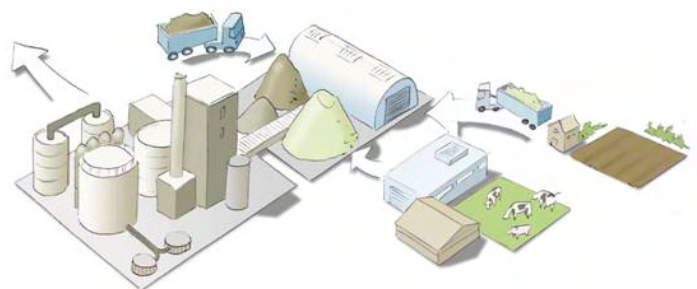
Werken aan praktische innovaties wordt vaak belemmerd door technische en juridische hindernissen, door onbekendheid over de mogelijkheden en het ontbreken van de juiste samenwerkingsverbanden. Enkele voorbeelden uit het recente verleden laten zien dat in de praktijk substantiële stappen gezet kunnen worden, zowel op pilot- als op praktijkschaal. Dat is mogelijk voor alle hierboven genoemde voorbeelden van beoogde ontwikkelingen.

Onderzoeksfocus

- Kwaliteitsbeheersing van de materialen
- Kwaliteit- en risicomanagement in de keten
- Voorbewerkingen/bioraffinage processen (o.a. scheidings- en droogprocessen)
- Logistieke kwesties: oplossingen voor verspreide bronnen
- Sectoroverschrijdende ketenontwikkeling bijvoorbeeld tussen de agrarische sector en de chemische en energiesector
- Omgaan met juridische beperkingen

Randvoorwaarden

De wetgeving heeft een grote invloed op de praktische mogelijkheden voor reststromen.



Schematische illustratie van bioraffinage gebaseerd op biomassa reststromen

¹[Dutch Roadmap Biorefinery](#)

Biobased Economy info sheet

Pilotfaciliteit grasraffinage

Grasraffinage (ook wel groene bioraffinage genaamd) is gebaseerd op het uitpersen van natte biomassa zoals gras en groene gewassen (luzerne en klaver). Dit leidt tot een vezelrijke perskoek en een nutriëntenrijk perssap.

Grasraffinage

Typisch voor grasraffinage is het verwerken van verse biomassastromen. Dit betekent dat speciale maatregelen genomen moeten worden zoals zeer snelle primaire verwerking of het gebruik van conserveringsmethoden (b.v. inkuilen) om het degraderen van het geogste materiaal te voorkomen.



Persen van gras

Gras bevat verschillende hoogwaardige componenten:

- Vezels voor papier, isolatiematerialen en rayonvezels
- Eiwit voor diervoeding maar ook voor de duurzame (bulk)chemie
- Vitamines
- Grondstoffen voor de productie van polymeren
- Kalium en fosfaat

Daarnaast bevat gras inhoudstoffen (koolhydraten) die gebruikt kunnen worden voor de productie van biotransportbrandstoffen zoals bioethanol maar ook voor de productie van biogas. Dit biogas kan vervolgens weer worden gebruikt voor de productie van kracht en/of warmte, of worden opgewaardeerd tot SNG (synthetic natural gas) voor toevoer aan het gasnet of mobiele toepassingen.

Onderzoek & ontwikkelingsvragen: pilotfaciliteit

Bioraffinage van gras heeft grote potentie binnen de ontwikkeling van een biobased economy. Verschillende bronnen van gras (geteeld, berm- en natuurgras) zijn in overvloed aanwezig. Een cruciaal punt in het onderzoeks- & ontwikkelingstraject is het combineren van kennis over zowel grondstoffen als eindproducten.

Verschillende partijen zijn hier bij betrokken: potentiële eindgebruikers van grasgerelateerde biobased producten, producenten van landbouwinstallaties en overige apparatenbouwers, de agrosector, natuur- en overheidsorganisaties en partijen met specifieke kennis m.b.t. bioraffinageprocessen. Door het bijeenbrengen van deze stakeholders kan op korte termijn een pilotfaciliteit ontworpen en gebouwd worden voor de raffinage van gras. Bestaande grasraffinageconcepten (of delen daarvan) kunnen in deze pilotfaciliteit verder worden ontwikkeld. Van groot belang is het combineren van deze concepten met nog te ontwikkelen secundaire raffinagestappen voor de productie van hoogwaardige componenten.



Uitpersen van gras met grassap als resultaat

Unieke voordelen

Een pilotfaciliteit grasraffinage biedt de mogelijkheid om verschillende regio's in Nederland op het gebied van bioraffinage op de kaart te zetten. Behalve gras bestaat de mogelijkheid om andere regionale agroresiduen en residuen uit de voedsel- en genotmiddelenindustrie te verwerken, waardoor het grondstofaanbod wordt vergroot en ook verscheidener wordt. Dit komt zowel de uiteindelijke procesvoering van de verwerkingsinstallatie als de economie van het proces ten goede. Door het opzetten van een pilotfaciliteit kan de op labschaal opgebouwde kennis worden opgewaardeerd tot industrieel toepasbare processen. Door het combineren van nieuwe technologieën uit de food en non-food industrie kan bestaande kennis optimaal benut worden. De pilotfaciliteit geeft bedrijven de mogelijkheid om de economische en praktische haalbaarheid van nieuwe ideeën op een relatief goedkope manier te testen, waardoor een snellere vermarkting van processen en producten mogelijk is. Wageningen UR is momenteel de opzet van een pilotfaciliteit aan het voorbereiden en bouwt aan een consortium (voor meer informatie edwin.keijzers@wur.nl).

MATERIALEN

Biobased Economy info sheet

Celluloseplastics: Eigenschappen en toepassingen

Deze info sheet geeft een overzicht van de herkomst en toepassingsmogelijkheden van bioplastics uit cellulose. De tekst is gebaseerd op het boekje Bioplastics, één van de uitgaven uit de reeks Groene Grondstoffen.

Herkomst

Cellulose is een polymeer van natuurlijke afkomst. Het is het belangrijkste bestanddeel van de celwanden van planten. De beschikbaarheid van cellulose is daarmee zeer groot. Cellulose wordt hoofdzakelijk gewonnen uit bomen waarin cellulose (50%) in combinatie met bijvoorbeeld hemicellulose en lignines voorkomt. Ook uit diverse (vezel)planten wordt cellulose gewonnen. Cellulose is een hoogmoleculair hoogkristallijn lineair polymeer dat niet smelt en niet oplosbaar is in gangbare oplosmiddelen. Cellulose biopolymeren behoren tot de oudste commerciële polymeren. Van cellulose kunnen grofweg drie soorten materialen gemaakt worden: (1) natuurlijke cellulosevezel, (2) geregenereerd cellulose en (3) gemodificeerd cellulose.

(1) Natuurlijke cellulosevezel

Natuurlijke cellulosevezels uit hout, jute, vlas, katoen en hennep worden gebruikt voor de productie van papier, karton en textiel en vormen dus een zeer grote en bestaande markt. Voor de productie van papier en karton worden de vezels gefibrilleerd en aan elkaar geplakt (eventueel met een binder). Voor de productie van textiel worden de cellulosevezels gesponnen en geweven. In de meeste gevallen worden materialen die zijn gemaakt van natuurlijke cellulosevezels erkend als composteerbaar. Modificatie van cellulose of het gebruik van additieven kunnen hier echter een nadelige invloed op hebben.

(2) Geregenereerd cellulose

Geregenereerd cellulose wordt verkregen door cellulose in een zeer sterk oplosmiddel op te lossen en vervolgens weer terug te winnen of te regenereren. Voorbeelden van geregenereerd cellulose zijn cellofaan, rayon en viscose. Door de gebruikte oplosmiddelen is dit proces niet milieuvriendelijk. Voordeel van het proces is dat de goede eigenschappen van cellulose behouden blijven.

Geregenereerd cellulose heeft daarom een relatief hoge temperatuurstabiliteit en hoge sterkte maar is net als natuurlijk cellulose bijvoorbeeld niet sealbaar. Om het sealbaar te maken wordt bij cellofaan daarom een laagje thermoplastisch polymeer aangebracht. Traditioneel is dit



Verpakkingen uit cellofaan

niet-biologisch afbreekbaar. Er is echter ook geregenereerd cellulosefilm commercieel beschikbaar die is voorzien van een biologisch afbreekbare laag, waardoor er nu een composteerbare cellofaanfolie beschikbaar is.

Geregenereerde cellulosevezels zoals rayon en viscose hebben als voordeel boven natuurlijke cellulosevezels dat ze een mooie zijdeachtige glans bezitten. Nadeel is het relatief milieuvriendelijke productieproces. Tegenwoordig bestaat er echter ook een meer milieuvriendelijk proces, waarmee de zogenaamde Lyocell vezels worden gemaakt. Lyocell vezels worden toegepast in textiel en non-wovens

(3) Gemodificeerd cellulose

Cellulose kan ook chemisch worden gemodificeerd tot thermoplastisch verwerkbaar cellulose (een cellulose plastic). Het relatief hoge energiegebruik bij de productie wordt als een nadeel gezien. Van oudsher bekende varianten zijn celluloseacetaat, -butyraat en -propionaat. Door de chemische modificatie voldoen deze varianten echter niet aan de Europese norm voor composteerbaarheid voor verpakkingen. Er zijn ook biologisch afbreekbare varianten op de markt die wel aan deze norm voldoen, zoals cellulosediaceetaat. Dit materiaal is thermoplastisch verwerkbaar tot bijvoorbeeld geblazen film, of gespuitsgiete producten als er voldoende weekmaker wordt toegevoegd. Granulaat is beschikbaar voor circa 3 €/kg. Celluloseacetaat wordt ook verwerkt tot vezels en deze worden veel toegepast als voeringstof en voor sigarettenfilters. Hiernaast bestaat ook gemodificeerd cellulose dat wateroplosbaar is gemaakt (CMC of carboxymethylcellulose) en wordt toegepast als verdikker in voedingsmiddelen en als (behang)lijm.

Bijzondere eigenschappen

Celluloseplastics zijn over het algemeen zeer transparant en vochtbestendig. Herkenbare eigenschappen van cellofaan zijn dat het knispert en na vervorming niet snel in de oorspronkelijke vorm zal terugkeren. Textiel uit cellulose is in alle gevallen comfortabel omdat het goed vocht kan opnemen. De vezels uit geregenereerd cellulose en gemodificeerd cellulose zijn daarnaast ook zeer goed te kleuren.

Celluloseplastic (met als belangrijkste voorbeeld cellulose diaceetaat) heeft goede eigenschappen zoals taaiheid, hardheid, sterkte, helderheid en chemische resistentie. Het materiaal heeft een uitzonderlijk mooi uiterlijk (glans) en voelt prettig aan. Deze laatste eigenschappen bepalen vooral de huidige toepassing van cellulose plastics als optisch materiaal, decoratie materiaal en handvaten voor gereedschap.

Meer informatie over producenten en producten op:

www.european-bioplastics.org
www.mazzucchelli.it

Biobased Economy info sheet

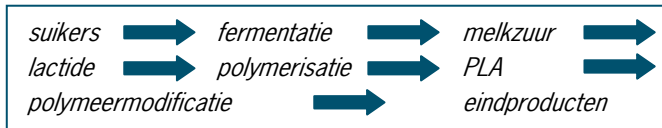
Polymelkzuur: Eigenschappen en toepassingen

Deze info sheet geeft een overzicht van de herkomst en toepassingsmogelijkheden van het bioplastic polymelkzuur (PLA). De tekst is gebaseerd op het boekje Bioplastics, één van de uitgaven uit de reeks Groene Grondstoffen.

Herkomst

Polymelkzuur (poly lactic acid (PLA)) is momenteel het meest gebruikte bioplastic dat ook het meest commercieel wordt gebruikt. Het wordt gemaakt uit melkzuur. Melkzuur wordt geproduceerd door suikers of zetmeel te fermenteren. Deze suikers worden nu nog gewonnen uit landbouwgewassen zoals maïs, maar in de toekomst zullen naar verwachting ook agrarische nevenstromen worden gebruikt zoals melkwei, resten van maïskolven en stro.

Het monomeer melkzuur is in twee verschillende isomeren verkrijgbaar, de D- en de L-vorm. Na polymerisatie kan een aantal verschillende polymeren worden vervaardigd, zuiver D- of zuiver L-polymelkzuur, of polymelkzuur waarin beide isomeren voorkomen. Poly-L-melkzuur is vrijwel niet biologisch afbreekbaar, terwijl polymelkzuur uit D- en L-isomeren al binnen enkele weken afgebroken wordt. De productieroute staat beschreven in onderstaand diagram.



Verwerking en beschikbaarheid

PLA kan door middel van (sheet)extrusie worden geëxtrudeerd tot folie. Uit deze folies kunnen vervolgens met dieptrekken vormdelen gevormd worden (thermoforming). Dunne films voor de productie van bijvoorbeeld zakken kunnen worden gemaakt via folieblazen. Van PLA kan verder, net als bijvoorbeeld van PET, een fles worden geblazen. Het materiaal kan ook worden geschuimd. Daarnaast kan PLA goed worden verwerkt tot vezels (wovens en non-wovens). De huidige productie-capaciteit van polymelkzuur is ongeveer 140 kton per jaar, de prijs van het granulaat is circa 1,5 à 2,5 €/kg.



Een t-shirt van PLA-vezels

Bijzondere eigenschappen

Twee belangrijke eigenschappen van PLA als verpakkingsmateriaal zijn de transparantie en de waterbestendigheid. Daarnaast heeft PLA zeer specifieke gasbarrière-eigenschappen. Een andere typerende eigenschap van PLA-folie is dat het knispt of kraakt. Tenslotte hebben bepaalde varianten van PLA een minder goed geheugen, waardoor het materiaal na vervorming minder snel in haar oorspronkelijke vorm terug zal keren.

Toepassingen

PLA is geschikt als verpakkingsmateriaal voor snoep, groente, fruit, koude dranken, vlees en zuivel. Het wordt bijvoorbeeld gebruikt door Albert Heijn voor het verpakken van biologische avocado's, paprika's en aardappels. Ook vensters in dozen en labels worden geproduceerd uit PLA. Als vezel wordt het onder andere gebruikt in matrassen omdat het goed vocht reguleert, voor de vulling van dekbedden, en voor kleding en tapijt. Melkzuur wordt ook geproduceerd in het menselijk lichaam. Mede daarom wordt PLA gebruikt in medische toepassingen zoals hecht draad en botplaten.

Meer informatie over producenten en producten op:

www.european-bioplastics.org
www.biopolymer.net
www.natureworkslc.com
www.sidaplast.com



Aardbeienbakje voor biologische aardbeien, gemaakt van polymelkzuur.

Biobased Economy info sheet

Polymelkzuur: Markt- en milieu-aspecten

Polymelkzuur (PLA) is momenteel het meest gebruikte bioplastic. Deze info sheet geeft info over de industriële productie, vervangingspotentieel en duurzaamheid van PLA. De tekst is gebaseerd op de rapportage 'Three key emerging bio-based plastics- starch polymers, polylactic acid and biobased polyethylene', geschreven door L. Shen, J. Haufe en M. Patel (2008).

Industriële productie

PLA wordt voornamelijk geproduceerd uit melkzuur met lactide als tussenproduct (cyclisch dimeer van melkzuur). Tot voor kort was het gebruik van PLA gelimiteerd tot medische toepassingen. Nieuwe technologische ontwikkelingen hebben geleid tot bulk productie van PLA. NatureWorks LLC, een joint venture van Cargill en Teijin, is de grootste producent van PLA met een capaciteit van 140.000 ton/jaar. Gezien de snel groeiende markt zijn ook andere bedrijven gestart met PLA productie (zie tabel 1). Zo heeft PURAC eind 2007 een melkzuur fabriek in Thailand opgestart en investeert PURAC ook in een lactide fabriek (lactide is cyclisch dimeer van melkzuur).

Tabel 1: Wereldwijde productie van PLA, melkzuur en lactide

Producent	Handelsmerk	Product	Capaciteit (ton/jaar)	
			Heden	Toekomst
NatureWorks LLC (USA)	NatureWorks Ingeo	PLA	140.000 (2008)	-
PURAC (NLD)	-	Melkzuur	100.000 (2007)	200.000
	-	Lactide*	2.000 (2008)	75.000
Synbra (NLD)	BioFoam	PLA-schuim	5.000 (2009)	50.000
Teijin (JPN)	BIOFRONT	Hitte resistent PLA	200 (2008)	
		PLA		10.000 (2010)
Futero (BEL)		PLA		1.500 (2009)
Pyramid Bioplastics (DE)		PLA		60.000 (2009)
HiSun (CHI)		PLA	5.000 (2008)	

- Geen data beschikbaar

*Lactide= cyclisch dimeer van melkzuur

Vervangingspotentieel

PLA kan een alternatief bieden voor met name polyethyleen (PE), polypropyleen (PP), polyamide (PA) en polyethyleentereftalaat (PET). Ook schuimen op basis van PLA hebben grote potentie als vervanger van expanded polystyreen (EPS, piepschuim) en polyurethaan (PUR).

Duurzaamheid

Life Cycle Assessment (LCA) data voor PLA zijn schaars. NatureWorks heeft in 2007 een studie* gepresenteerd waarbij PLA is vergeleken met PET (zie tabel 2). Daarbij zijn 3 verschillende processen beschreven:

- PLA geproduceerd in 2005 (PLA5) uit maïs
- PLA geproduceerd in 2006 (PLA6) uit zetmeelhoudend materiaal zoals maïs of rijst; inclusief Renewable Energy Credits (RECs)
- PLA Next generation (PLA NG) uit goedkope biomassa zoals resten van maïskolven; nieuwe technologie en inclusief RECs.

Tabel 2: Broeikasgas (GHG) emissie van PLA vergeleken met PET

GHG emissie (ton CO ₂ eq/ton plastic)	PLA5	PLA6	PLA NG	PET
1 Directe emissie	1.04	1.04	nvt	nvt
2 Indirecte emissie	1.56	1.56	<1.56	nvt
3 Brandstof, materiaal, maïs productie	1.24	1.24	nvt	nvt
4 CO ₂ opname maïs	-1.82	-1.82	-1.82	0
5a RECs ter compensatie van 2	-	-1.55	nvt	0
5b RECs ter compensatie van 3	-	-0.20	nvt	0
Cradle-to-factory gate	2.02	0.27	-0.68	3.30
Cradle-to-grave door afvalverbranding	3.84	2.09	1.14	5.59

* The eco-profiles for current and near-future NatureWorks polylactide (PLA) production, Industrial Biotechnology, 3 (1), pp 58-81

Uit de studie blijkt dat het broeikaspotentieel voor alle PLA processen aanzienlijk lager is vergeleken met PET. De 'Cradle-to-factory gate' waarde is voor PLA NG zelfs negatief, wat inhoudt dat het proces CO₂ verbruikt in plaats van uitstoot.

Het is de verwachting dat PURAC binnenkort resultaten van een LCA studie publiceert met betrekking tot PLA productieprocessen.



Biobased Economy info sheet

Plastics gemaakt door micro-organismen (PHA's): Eigenschappen en applicaties

Deze info sheet geeft een overzicht van de herkomst en toepassingsmogelijkheden van bioplastics gemaakt door micro-organismen, waarvan polyhydroxyalkanoaten (PHA's) het belangrijkste voorbeeld zijn. De tekst is gebaseerd op het boekje Bioplastics, één van de uitgaven uit de reeks Groene Grondstoffen.

Herkomst

PHA's kunnen worden geproduceerd door bepaalde bacteriën, gisten en planten. Bij planten en gisten is altijd genetische modificatie noodzakelijk om ze PHA's te laten produceren. Bij bacteriën wordt er gebruik gemaakt van genetische modificatie om de productiecapaciteit te verhogen of materiaaleigenschappen te veranderen.

Belangrijke voorbeelden van PHA's zijn polyhydroxybutyraat (PHB) en polyhydroxybutyraat valeraat (PHBV), maar in principe kunnen zeer veel verschillende materialen worden geproduceerd met een zeer brede variatie aan eigenschappen.

Verwerking en beschikbaarheid

PHB kan worden gemaakt uit bijvoorbeeld glucose of zetmeel. De micro-organismen slaan de geproduceerde PHB op in hun cellen. De "winning" van PHB uit de micro-organismen is een belangrijke stap. Opbrengsten variëren tussen 30 en 80% op basis van het drooggewicht van de micro-organismen. In het productieproces zijn efficiënt gebruik van voedingsstoffen door de micro-organismen en extractie van PHB uit de micro-organismen de belangrijkste stappen waaraan nog steeds veel onderzoek wordt gedaan.

Er worden ook PHA's met rubberachtige eigenschappen ontwikkeld, deze kunnen worden gemaakt uit natuurlijke oliën. Ondanks het feit dat PHA's veel potentie hebben, worden ze slechts op beperkte schaal geproduceerd. Er wordt echter door een aantal grote ondernemingen veel onderzoek gedaan naar goedkope productiemethodes waardoor het mogelijk moet worden om ook deze materialen tegen een aanvaardbare prijs te produceren.

Bijzondere eigenschappen

De eigenschappen van PHA's zijn afhankelijk van de monomeersamenstelling, en daarmee van de "voeding" van de micro-organismen. Daardoor is het mogelijk om materialen met een brede range aan materiaaleigenschappen te produceren, van flexibel, rubberachtig tot rigide. PHB is een hoogkristallijn thermoplastisch materiaal en is vrij stijf en bros. PHBV is taai en lijkt qua eigenschappen op polypropyleen (PP). Het bijzondere van de meer rubberachtige PHA's is dat deze in tegenstelling tot natuurrubber wel bioafbreekbaar zijn. Verder is de lage water(damp)doorlaatbaarheid van PHA's (vergelijkbaar met LDPE) erg interessant. De familie van de PHA's heeft hiermee over het algemeen uitstekende eigenschappen

Toepassingen

Mogelijke toepassingen van PHA's zijn legio, maar op dit moment zijn er echter geen toepassingen op de markt. In het verleden zijn onder meer shampooflessen, credit cards en klerhangers geproduceerd. Gezien de kostprijs van PHA's liggen op dit moment medische en farmaceutische toepassingen meer voor de hand zoals weefsels, nietjes, schroeven, chirurgische platen en stents.

Momenteel wordt ook gewerkt aan de ontwikkeling van andere toepassingen zoals coatings voor papieren bекers, diverse disposables, mulch films, bloempotjes, diverse voedselverpakkingen, folies, pennen, badges en tandenborstels. Aan de FDA approval die voor diverse producten noodzakelijk is wordt nog gewerkt.

Meer informatie over producenten en producten op:

www.biopolymer.net

www.european-bioplastics.org



PHA's worden op pilot schaal gefabriceerd zoals hier bij Wageningen UR

Biobased Economy info sheet

Zetmeelplastics: Eigenschappen en toepassingen

Deze info sheet geeft een overzicht van de herkomst en toepassingsmogelijkheden van bioplastics gebaseerd op zetmeel. De tekst is gebaseerd op het boekje Bioplastics, één van de uitgaven uit de reeks Groene Grondstoffen.

Herkomst

Zetmeel is een polymeer van natuurlijke herkomst. Commerciële bronnen van zetmeel zijn maïs, tarwe, rijst en aardappelen. De productie van natief (niet bewerkt) zetmeel is groot, meer dan 25 miljoen ton per jaar. Mede daardoor is de prijs laag. Zetmeel bestaat uit twee types van glucosepolymeren: een laagmoleculair lineair polymeer genaamd amylose en een hoogmoleculair vertakt polymeer genaamd amylopectine.

Verwerking en beschikbaarheid

Zetmeel kan via extrusie (in de smelt) verwerkt worden tot halffabrikaat, het zogenaamde thermoplastisch zetmeel of Thermoplastic Starch (TPS). TPS lijkt qua verwerkbaarheid sterk op "gewone" bulkplastics, maar kan minder goed tegen zeer hoge temperaturen. TPS kan door middel van spuitgieten, folieblazen, extrusie, schuimen of gieten verwerkt worden tot een (plastic) eindproduct.

TPS wordt in bulk geproduceerd in verschillende kwaliteiten. De granulaatprijs van materialen ligt tussen de 1,5 en 4 euro per kilo.

Om een meer flexibel en een minder watergevoelig eindproduct te verkrijgen worden biologisch afbreekbare weekmakers toegevoegd. De weekmakers verlagen de watergevoeligheid en verminderen bacteriegroei.

Ook worden vaak mengsels oftewel blends van TPS met bioafbreekbare plastics op basis van aardolie gemaakt. Deze blends hebben eveneens een lagere watergevoeligheid. Op deze manier kunnen de



Loose fill materiaal kan worden geproduceerd uit zetmeel.

materiaaleigenschappen van het eindproduct naar wens worden aangepast. Dit soort blends wordt ook vaak gebruikt om producten te maken die meer flexibel zijn.

Bijzondere eigenschappen

Een bijzondere materiaaleigenschap van zetmeelplastic is de gasbarrière. Thermoplastisch zetmeel heeft namelijk een relatief lage doorlaatbaarheid voor CO₂ en zuurstof en een hoge doorlaatbaarheid voor waterdamp. Dit zijn belangrijke eigenschappen voor de houdbaarheid van vers voedsel. Een andere eigenschap is de hoge gevoeligheid voor water. Daarnaast is folie op basis van zetmeel vaak flexibeler en zachter, in vergelijking met folies van synthetische plastics. Tenslotte blijkt het lastig om volledig transparante folies te ontwikkelen.

Composteerbaarheid

Zetmeelplastics zijn goed bioafbreekbaar en veel van de producten gemaakt uit zetmeelplastics zijn gecertificeerd composteerbaar en dragen het kiemplantlogo. Zetmeelplastics kunnen echter ook probleemloos met het restafval worden verbrand, waarbij energie kan worden teruggewonnen.



Zetmeelblends voor composteerbare voedselverpakkingen

Toepassingen

Een grote markt voor thermoplastisch zetmeel wordt ingenomen in de schuimindustrie. Loose-fill schuimen op basis van zetmeel omvatten momenteel ongeveer 50% van het toepassingsgebied van thermoplastisch zetmeel. Andere belangrijke verpakkingstoepassingen zijn folies, draagtassen en geschuimde trays. Enkele andere toepassingen van zetmeel zijn dierenvoeding en dierspeeltjes, plantenpotten en zogenaamd mulch-folie dat wordt ingezet ten behoeve van oogstvervroeging en onkruidonderdrukking.

Meer informatie over producenten en producten op:
www.biopolymer.net
www.european-bioplastics.org

Biobased Economy info sheet

Zetmeelplastics: Markt- en milieu-aspecten

Zetmeelplastics behoren tot de grootste groep van bioplastics in termen van productie volumes binnen Europa. Deze info sheet geeft info over industriële productie, vervangingspotentieel en duurzaamheid van zetmeelplastics. De tekst is gebaseerd op de rapportage 'Three key emerging bio-based plastics- starch polymers, polylactic acid and biobased polyethylene', geschreven door L. Shen, J. Haufe en M. Patel (2008).

Industriële productie zetmeelplastics

De productie van zetmeelplastics is sterk gecommercialiseerd gedurende de laatste decennia (zie tabel 1). In Europa is de productiecapaciteit toegenomen van 30 kton/jaar in 2003 naar 130 kton/jaar in 2007, wat overeenkomt met een jaarlijkse toename van ongeveer 50%.

Tabel 1: Wereldwijde productie van zetmeelplastics

Producent	Handelsmerk	Capaciteit (ton/jaar)		
		Verleden	Heden	Toekomst
Novamont (IT)	Mater-Bi	8.000 (1997)	40.000 (2007)	-
Biotec (DE)	Bioplast	2.000 (2003)	20.000 (2007)	-
BIOP (DE)	BIOPar	-	3.500 (2007)	140.000 (2010)
Rhodenburg (NLD)	Solanyl	7.000 (2001)	40.000 (2007)	-
Limagrain (FR)	Biolice	-	10.000 (2006)	-
Paperfoam (NLD)	PaperFoam	-	-	-
Cereplast (USA)	Cereplast Compostable	-	22.500 (2007)	-
Cereplast (USA)	Cereplast Hybrid	-	-	225.000 (2009)
Harbin Livan (CHI)	Livan	-	10.000 (2007)	50.000 (2009)
PlanticTechn (AUS)	Plantic	-	5.000 (2007)	-

- Geen data beschikbaar

Het grootste deel van de zetmeelplastics wordt gebruikt voor verpakkingen, zoals folies, draagtassen en schuimen. Opkomende markten zijn componenten voor de automobiel industrie, elektronische apparaten en andere duurzame toepassingen.

Vervangingspotentieel

Mogelijkheden voor het vervangen van synthetische polymeren door zetmeelplastics liggen met name bij polyethyleen (PE) en polypropyleen (PP). Schuimen op basis van zetmeel hebben grote potentie als vervanger van expanded polystyreen (EPS, "piepschuim") of polyurethaan (PUR).

Duurzaamheid

De milieubelasting van thermoplastisch zetmeel granulaat (TPS) en mengsels (blends) van TPS en synthetische bioafbreekbare plastics (PCL en PVOH) zijn vergeleken met PE. Daarnaast zijn ook de producten zetmeelfilm en zetmeelschuim meegenomen (tabel 2 en 3).

Tabel 2: Energieverbruik van zetmeel plastics vergeleken met PE

Plastic	Energie (GJ/ton)	Energiebesparing tov PE (GJ/ton)
PE (synthetisch)	76	-
TPS + 60% PCL	52	24
TPS + 52.5% PCL	48	28
TPS + 15% PVOH	25	51
TPS	25	51
Zetmeelfilm	54	22
Zetmeelschuim	34	42

TPS = thermoplastisch zetmeel, PCL = polycaprolacton, PVOH = polyvinylalcohol

Tabel 3: Broeikasgas (GHG) emissie van zetmeel plastics vergeleken met PE

Plastic	GHG emissie (ton CO ₂ eq/ton)	GHG-emissie besparing (ton CO ₂ eq/ton)
PE (synthetisch)	4.8	-
TPS + 60% PCL	3.6	1.2
TPS + 52.5% PCL	3.4	1.4
TPS + 15% PVOH	1.7	3.1
TPS	1.1	3.7
Zetmeelfilm	1.2	3.6
Zetmeelschuim	1.2	3.6

TPS = thermoplastisch zetmeel, PCL = polycaprolacton, PVOH = polyvinylalcohol

De zetmeelplastics geven een energiebesparing van 22 tot 51 GJ/ton (tabel 2) en vermindering van broeikasgasemissie van 1.2-3.7 ton CO₂/ton plastic, afhankelijk van de hoeveelheid synthetisch plastic in het materiaal.

Uit deze tabellen blijkt dat de milieubelasting van zetmeelplastics in het algemeen afneemt met een lager gehalte aan synthetisch plastic zoals PCL of PVOH. Daarentegen hebben puur zetmeel plastics of blends met een laag gehalte aan synthetisch plastic een beperkte toepasbaarheid door matige materiaal-eigenschappen. Blends van zetmeelplastic en bioafbreekbare plastics vergroten de toepasbaarheid van zetmeelplastics en verlagen zo de milieubelasting op macro-economisch niveau.

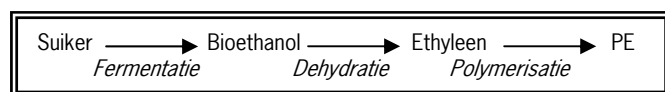
Biobased Economy info sheet

Biobased polyethyleen: Markt- en milieu-aspecten

Polyethyleen of polyetheen (PE) is een veelgebruikt plastic dat wordt geproduceerd uit aardolie. Het is echter ook mogelijk PE te maken te maken uit hernieuwbare grondstoffen. Deze info sheet geeft info over biobased PE. De tekst is gebaseerd op de rapportage 'Three key emerging bio-based plastics- starch polymers, polylactic acid and biobased polyethylene', geschreven door L. Shen, J. Haufe en M. Patel (2008).

Productie van biobased PE

PE wordt verkregen door polymerisatie van etheen, ook wel ethyleen genoemd. Naast aardolie of aardgas kunnen ook hernieuwbare materialen als grondstof dienen voor ethyleen productie. Suikerriet, suikerbiet, maïs of tarwe leveren de suikers voor bioethanol. Ethyleen wordt vervolgens verkregen door ethanol te dehydrateren over een katalysator bij hoge temperatuur.



Er zijn verschillende typen PE. Het grootste deel van het geproduceerde PE bestaat uit LDPE (lage dichtheid PE) en in mindere mate uit HDPE (hoge dichtheid PE) en LLDPE (lineair lage dichtheid PE). LDPE is minder stijf vergeleken met HDPE en wordt gebruikt als verpakkingsfolie, zakken en buizen. HDPE wordt toegepast in speelgoed, huishoudelijke artikelen, kratten en flessen.

Naast PE wordt ethyleen ook gebruikt voor de productie van polyvinylcarbonaat (PVC), polyethyleentereftalaat (PET), polystyreen (PS), en polyolen voor polyurethanen (PUR).

Biobased PE is niet nieuw. In de jaren 70 werd PE, PVC en styreen gemaakt uit ethanol. In de jaren 80 werd door bedrijven als Braskem, Solvay en Dow 150 kton/jaar ethyleen uit bioethanol geproduceerd dat werd omgezet tot PE en PVC. Door dalende olieprijs was het in de jaren 90 niet rendabel PE te produceren uit bioethanol. In 2007 was de olieprijs zodanig hoog dat het economisch weer interessant werd biobased PE te produceren (zie tabel 1).

Tabel 1: Wereldwijde productie van biobased PE

Producent	Product	Capaciteit (ton/jaar)	
		Heden	Toekomst
Braskem (BRA)	HDPE	12.000	200.000
	LDPE	(2008)	(2011)
Joint Venture Dow/Crystalsev	LLDPE		350.000 (2011)

Zo heeft Braskem aangekondigd in 2011 een fabriek op te starten waar PE op industriële schaal wordt geproduceerd (200 kton/jaar) uit ethanol afkomstig van suikerriet. Een joint-venture tussen Dow en Crystalsev heeft een productie gepland van 350 kton/jaar aan LLDPE. De vraag naar biobased PE wordt geschat op 600 kton/jaar.

Vervangingspotentieel

Biobased PE heeft exact dezelfde chemische, fysische en mechanische eigenschappen als petrochemische PE en kan deze dan ook volledig vervangen.

Van de 39.5 Mton plastic dat in 2006 in West-Europa is verbruikt was 7.9 Mton (20%) petrochemisch LDPE/LLDPE en 5.5 Mton (14%) HDPE. Uitgaande van een groei van 5% geeft dat een PE productie van 14 Mton in 2011. Als de 550 kton volledig voor de Europese markt bestemd is betekent dit een aandeel van 4% aan biobased PE.

Duurzaamheid

Een studie van Macedo naar broeikasgasemissie van biobased PE uit suikerriet beschrijft 2 situaties:

1. Huidige technologie (2005/2006) met beperkt gebruik van bagasse (overblijvende stengelresten) voor energie productie
2. Toekomstige technologie (2020) met efficiënt gebruik van bagasse.

Een andere studie (BREW) gaat ook uit van efficiënt gebruik van nevenstromen voor energieproductie.

De resultaten in tabel 2 laten zien dat het broeikaspotentieel (cradle-to-factory gate) voor biobased PE 3.3-5.5 ton CO₂/ton ethyleen lager is dan voor petrochemisch ethyleen.

Tabel 2: Broeikaspotentieel van ethyleen uit suikerriet vergeleken met ethyleen uit aardolie

Broeikaspotentieel (ton CO ₂ /ton ethyleen)		Biobased ethyleen			Petrochemisch ethyleen
		Macedo		BREW 2006	
		2005/2006	2020		
1	Koolstof vastleggen	-3.14	-3.14	-3.14	-0.96
2	Fermentatie				
	Ethanol productie	0.89	0.71		
	Energie productie	-0.43	-1.66		
3	Dehydratie	0.74	0.74		
Cradle-to-factory gate		-1.94	-3.35	-4.10	1.40

Als de stap van ethyleen naar PE wordt meegenomen moet 0.4-0.7 ton CO₂/ton PE worden meegenomen; dit is uiteraard gelijk voor biobased PE en petrochemisch PE. Als dit wordt opgeteld bij de waarden voor cradle-to-factory gate in tabel 2 dan wordt een zeer aantrekkelijk broeikaspotentieel voor biobased PE uit suikerriet verkregen.



Biobased Economy info sheet

Nieuwe bioplastics op de markt

Bioplastics zijn plastics die (gedeeltelijk) van hernieuwbare grondstoffen zijn gemaakt. Deze info sheet geeft info over de opkomende markten voor nieuwe bioplastics.

Polytrimethyleentereftalaat (PTT)

Gedeeltelijk biobased PTT kan worden geproduceerd uit petrochemisch tereftaalzuur en biobased 1,3-propaandiol (PDO). Biobased PDO wordt door DuPont geproduceerd in een fabriek met een capaciteit van 45.000 ton/jaar. Hiervan wordt Sorona® gemaakt, een polymeer dat voor 37% bestaat uit hernieuwbaar materiaal. Sorona® wordt toegepast in kleding zoals sportkleding en lingerie, maar ook in vloerbedekking en auto's.

Polyamides

Biobased polyamides worden op industriële schaal geproduceerd. Productie data zijn vertrouwelijk, en schattingen komen uit op een productie van enkele tientallen kton/jaar.

Arkema maakt biobased polyamides (bv Rilsan®PA-11) op basis van plantaardige castorolie. De polyamides zijn chemisch, thermisch en mechanisch resistent en kunnen op verschillende manieren worden verwerkt.

Een ander voorbeeld is Pebax®Rnew, een biobased blockcopolymeer van polyamide 11 en polyether segmenten. Polyphthalamide (PPA) is de high-performance variant van de biobased polyamides. Deze thermoplastische kunststof kan metalen vervangen die met name worden toegepast in toepassingen bij hoge temperaturen zoals in motoren. Arkema produceert een PPA waarvan 70% van het koolstofgehalte afkomstig is van hernieuwbare grondstoffen (Rilsan®HT). Tenslotte wordt door Arkema ook een copolyamide hotmelt lijm geproduceerd uit 100% hernieuwbaar materiaal (Platamid® Rnew).

Dupont heeft Zytel 610, een nieuwe nylon 6,10, op de markt gebracht die voor 40% hernieuwbaar is. Een van de twee bouwstenen wordt uit castorolie gemaakt. Ook dit is een high performance materiaal met resistentie tegen chemicaliën en hoge temperaturen dat in motoren van auto's kan worden toegepast.

Polyhydroxyalkanoaten (PHA's)

PHA's zijn bioplastics geproduceerd door micro-organismen. Door de biodegradeerbaarheid zijn de toepassingsmogelijkheden van PHA's talrijk, met name in de farmaceutische en medische industrie, maar door de ongunstige kostprijs is het toepassen van PHA's tot op heden beperkt gebleven. De commerciële PHA's zijn vaak butyraat/valeraat copolymeren (PHB-V).

In Amerika wordt momenteel een fabriek gebouwd door Metabolix en ADM met een capaciteit van 50.000 ton/jaar. Hierbij gaat het om PHA voor toepassingen met een hoge toegevoegde waarde zoals verpakkingen voor cosmetica.

Tianan in China heeft aangekondigd de huidige capaciteit van 2.000 ton/jaar te verhogen tot 22.000 ton/jaar.

DSM heeft aangekondigd te investeren in de Chinese fabriek GreenBio die 10.000 ton/jaar PHA gaat produceren in 2009.

Biobased polyvinylchloride (PVC)

Ethyleen uit bioethanol kan als grondstof dienen voor de productie van PE maar ook voor PVC. Solvay heeft aangekondigd \$135 miljoen te investeren in een fabriek in Brazilië voor de productie van 60.000 ton/jaar aan biobased ethyleen als basis voor de productie van biobased PVC.

Polyurethanen (PUR)

PUR op basis van polyolen (verbinding met meerdere alcoholgroepen) uit plantaardige oliën is commercieel verkrijgbaar bij veel grote PUR producenten zoals Cargill, Dow, Bayer en BASF. Deze polyurethanen bestaan voor maximaal 50% uit hernieuwbare grondstoffen.

Epoxyharsen

Epoxyharsen worden toegepast als coatings of als bindmiddel in composieten voor het vervaardigen van sterke, lichtgewicht materialen. Bij de productie van epoxyharsen wordt epichloorhydrine gebruikt. Petrochemisch epichloorhydrine wordt geproduceerd uit propeen en chloorgas.

Solvay heeft een proces ontwikkeld waarbij glycerine als grondstof dient voor de productie van epichloorhydrine. Glycerine (of glycerol) is een bijproduct van biodiesel uit bijvoorbeeld raapzaadolie. Dit proces (Epicorol®) wordt momenteel in Frankrijk geoptimaliseerd op industriële schaal.

Dow is momenteel een fabriek aan het bouwen in Shanghai met een capaciteit van 150.000 Mton/jaar epichloorhydrine uit glycerine. Het proces wordt gekenmerkt door minder afvalwater en minder gebruik van chloor.

Polyesterharsen

Onverzadigde polyester (UP) op basis van aardolie wordt over het algemeen gemaakt uit propyleenglycol (1,2-propaandiol).

Ashland en Cargill hebben in 2007 aangekondigd een fabriek te willen bouwen met een capaciteit van 65.000 ton/jaar aan propyleenglycol uit glycerol.

Ashland maakt ook een polyester met het biobased PDO (1,3-propaandiol) van DuPont; produktievolumes zijn niet bekend.

Conclusies

Wereldwijd zijn er allerlei ontwikkelingen op het gebied van bioplastics. Bestaande plastics kunnen (deels) worden gemaakt uit hernieuwbare materialen, maar ook volledig nieuwe plastics op basis van hernieuwbare grondstoffen worden op steeds grotere schaal geproduceerd.

Biobased Economy info sheet

Composteerbare plastics uit aardolie

Deze info sheet geeft een overzicht van composteerbare plastics die niet uit biomassa maar uit aardolie zijn gemaakt. De tekst is gebaseerd op het boekje Bioplastics, één van de uitgaven uit de reeks Groene Grondstoffen.

Herkomst

Bioafbreekbare plastics uit aardolie worden soms ook bioplastics genoemd. Deze materialen kunnen goed composteerbaar zijn en kunnen dan ook het kiemplantlogo voor composteerbaarheid dragen. Op de markt zijn verschillende soorten materialen beschikbaar, die allen behoren tot de groep van de polyesters. De belangrijkste hiervan zijn poly(caprolacton) (PCL) en verschillende soorten alifatische co-polyesters, zoals Ecoflex. Deze bioafbreekbare plastics worden gemaakt uit niet hernieuwbare aardoliecomponenten via klassieke polyester synthese routes. De gebruikte grondstoffen (bouwstenen) maken het materiaal biologisch afbreekbaar. Afhankelijk van de uitgangsstoffen kunnen er allerlei moleculaire structuren gemaakt worden. Dit leidt tot een variatie in mechanische eigenschappen. De trend naar hernieuwbare bouwstenen voor polymeren maakt dat het waarschijnlijk is dat in de toekomst deze polymeren ook gemaakt gaan worden uit hernieuwbare bouwstenen. Ook is het mogelijk dat er nieuwe copolyesters ontwikkeld gaan worden op basis van hernieuwbare grondstoffen.

Verwerking en beschikbaarheid

De verwerkbaarheid van deze polyesters is vergelijkbaar met reguliere polyesters hoewel de verwerkingstemperatuur lager is. Alifatische polyesters zijn vooral geschikt voor filmblazen en extrusie, en vaak minder geschikt voor spuitgiettoepassingen, tenzij ze worden gemengd met andere plastics. De prijs van deze speciale polyesters is afhankelijk van de grade (het type) en ligt tussen de 3 en 5 €/kg. De prijs is direct gelieerd aan de olieprijs.



Containerzak voor GFT-container, gemaakt van een blend van zetmeel en synthetische composteerbare polyesters.

Bijzondere eigenschappen

Eigenschappen van deze polyesters zijn vergelijkbaar met reguliere polyestermaterialen. Vanwege de biologische afbreekbaarheid en de hoge prijs worden deze materialen veel in combinatie met (echte) bioplastics gebruikt. Zo worden ze gebruikt om te mengen met TPS (thermoplastisch zetmeel) om de watergevoeligheid van het zetmeel te verminderen. Ook kunnen op deze manier de materiaaleigenschappen van het eindproduct naar wens worden aangepast. Dit soort blends (mengsels) wordt ook vaak gebruikt om producten te maken die meer flexibel zijn. Ook worden met deze polyesters blends geproduceerd met polymelkzuur (PLA) om folies te maken met een betere scheurweerstand. In combinatie met cellofaan worden meerlaagsfolies gemaakt voor verpakkingstoepassingen. Omdat cellofaan zelf niet sealbaar is zorgen de polyesters hierbij voor de sealbaarheid, zodat er eenvoudig zakken van kunnen worden gemaakt.

Toepassingen

De materialen worden hoofdzakelijk toegepast als component in blends of laminaten en slechts in beperkte mate als monomateriaal.



Mulchfolie voor de land- en tuinbouw (Bron: FBAW)

Mogelijke toepassingen van deze materialen zijn te vinden in de foliemarkt voor bijvoorbeeld zakken voor groente en fruit, of voor mulchfolies. Ook kunnen dit soort materialen worden gebruikt als laminaat in of op trays voor bijvoorbeeld vlees- of visverpakkingen. Van de vele materialen van dit type die ooit op de markt zijn geweest, zijn er nog slechts enkele commercieel beschikbaar. Op dit moment zijn de copolyesters niet hernieuwbaar maar het is niet ondenkbaar dat in de toekomst steeds meer hernieuwbare bouwstenen ingebouwd zullen gaan worden.

Meer informatie over producenten en producten op:
www.european-bioplastics.org

Biobased Economy info sheet

Spuitspuitbare natuurlijke vezel-plastic composieten

Plastics kunnen sterker en stijver gemaakt worden door er natuurlijke vezels in te mengen. Deze samengestelde materialen worden composieten genoemd. Er bestaan verschillende combinaties van verwerkingsmethodes en toepassingen van composieten. Spuitgieten is een methode waarmee efficiënt grote series producten met een complexe vorm gemaakt kunnen worden.

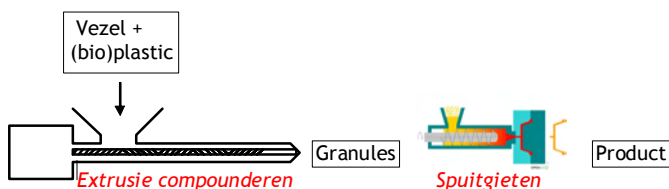
Herkomst

Op alle continenten groeien natuurlijke vezels die ruimschoots voorhanden zijn zoals vlas, hennep, kenaf, jute, sisal, abaca, katoen en houtvezel. Deze natuurlijke vezels worden al eeuwenlang toegepast in materialen zoals kleding, textiel, en verpakkingen.

De plastics waarin natuurlijke vezels met name verwerkt worden zijn polypropreen (PP), polyetheen (PE), en steeds meer het biopolymeer polymelkzuur (PLA).

Verwerking

Het (bio)plastic wordt in een extruder opgesmolten en de natuurlijke vezels worden ingemengd; dit proces wordt compounderen genoemd. Dit resulteert in composiet-korrels of granules die in een spuitgietmachine opnieuw worden opgesmolten en vervolgens in een mal tot een product worden gespoten (zie onderstaande schematische weergave). Gemiddeld bevat het composietmateriaal 30 tot 50% natuurlijke vezel. Het voordeel van het inmengen van de natuurlijke vezels in het (bio)plastic is enerzijds dat bij de productie van de breed inzetbare granules schaalvoordeel kan worden behaald, en anderzijds dat het maken van producten flexibel wordt t.o.v. de materiaalproductie. De spuitgiettechniek wordt wereldwijd toegepast voor het produceren van grote series producten met complexe vormen.



Schematische weergave van de productie en verwerking van spuitgietbare natuurvezel-versterkte plastic materialen.

Eigenschappen

Door natuurlijke vezels als vlas, hennep en jute op de juiste wijze in te mengen kunnen veelgebruikte plastics zoals PP, PE en PLA ongeveer tot 2 maal zo sterk (een sterk tafelblad breekt niet

wanneer je erop gaat zitten) en 4 maal zo stijf (een stijf tafelblad buigt niet door wanneer je erop gaat zitten) gemaakt worden. Voordeel van de versterking/verstijving is dat producten dunner, en dus lichter gemaakt kunnen worden, wat een direct prijsvoordeel oplevert. In transportmiddelen wordt hierdoor tevens nog een indirecte (brandstof)kostenbesparing behaald. Een ander voordeel van natuurlijke vezels is dat ze de maximale gebruikstemperatuur van een plastic kunnen verhogen. Verder leveren ze in plastics een stijfheidsverbetering die vergelijkbaar is met die van de duurdere glasvezel.

De mate van versterking die de vezels kunnen leveren hangt voor een groot deel af van de mate waarin en de manier waarop de vezels al of niet verfijnd worden tijdens het compounderen. Het inmengen van zwakkere soorten natuurvezels zoals houtvezels



resulteert vooral in verstijving en maar een beperkte versterking van de plastics. Mogelijke nadelen van het verwerken van natuurlijke vezels in plastics is het verbrossen en verkleuren (licht- tot

donkerbruin) waardoor enkel producten met een matte kleur gemaakt kunnen worden. Het laatste aspect is uiteraard niet voor alle toepassingen van belang.

Toepassingen en markt

Spuitgietbare natuurvezel composieten zijn nog maar korte tijd commercieel verkrijgbaar. Ze vinden met name toepassing in de automobiel industrie (zie foto beneden), meubelindustrie (IKEA) en andere industriële- en consumenten artikelen. De marktprijzen voor natuurvezel composiet granulaat liggen in de range van € 1,30 – 4/kg. Het Nova Instituut schat dat de productie momenteel ca. 5000 ton/jaar is in Europa, en dat de productie en het aantal toepassingen de komende jaren flink zullen toenemen.



Natuurvezel versterkte PP autodeurpanelen met een toplaag van polyurethaan-

Meer informatie

www.greengran.com

www.beologic.com

www.kareline.fi

Biobased Economy info sheet

Agrodôme: Duurzaam bouwen met hernieuwbare materialen

Maatschappelijk verantwoord ondernemen, cradle-to-cradle, verminderen van CO₂-uitstoot. Het zijn thema's die hoog op de agenda staan van de politiek en de publieke opinie. Ze komen bij Agrodôme allemaal aan de orde.

Hernieuwbare materialen

Om het grote beslag door de bouwindustrie op de beschikbare energie en oppervlaktedelfstoffen terug te dringen wordt naar duurzame oplossingen gezocht¹. Hernieuwbare grondstoffen kunnen daarvoor uitkomst bieden. Dit betreft grondstoffen die binnen een afzienbaar tijdsbestek door natuurlijke aanwas of teelt opnieuw beschikbaar komen. De beleidsdoelstelling om meer (gecertificeerd, duurzaam geproduceerd) hout en houtproducten (plaatmaterialen) toe te passen in de bouw als duurzame bouwgrondstof vindt meer en meer weerklank. Maar er zijn meer mogelijkheden voor het toepassen van hernieuwbare grondstoffen in de bouw.

Duurzaam bouwen en Agrodôme

Binnen het traject Duurzaam Bouwen (DuBo) zijn 4 ecologische woningen gebouwd aan de Veerweg in Wageningen. Dit



bouwproject, genaamd Agrodôme, werd gerealiseerd door Wageningse bedrijven en -instellingen samen met Wageningen UR.

Voor het bouwen van de 4 woningen is geen steen, cement of beton gebruikt. Wel zijn zo veel mogelijk hernieuwbare bouwmaterialen, -grondstoffen en -producten toegepast die op een duurzame wijze geproduceerd kunnen worden.

Ecologische woningen

Binnen het Agrodôme project is de kennis van duurzame bouwmaterialen vergroot en zijn de toepassingsmogelijkheden van duurzaam geproduceerde bouwstoffen zichtbaar gemaakt. Er is gebruik gemaakt van materialen die zoveel mogelijk milieuwinst

met zich meebrengen, regionaal tot maximaal Europees geproduceerd zijn, voldoende verkrijgbaar en bij voorkeur recyclebaar zijn. Daarbij was het uitgangspunt om uitputting van grondstoffen en natuur te voorkomen, en de aantasting van het landschap te beperken door grondstoffen op een energiezuinige manier te winnen. Daarnaast werd als eis gesteld dat een hoge mate van materiaalhergebruik mogelijk is met minimale milieu- of gezondheidsproblemen in de afvalfase.

Bij het bouwen met natuurlijke grondstoffen bleek het een uitdaging om niet in conflict te komen met de bouwvoorschriften. Een greep uit de toegepaste materialen:

- Voor de constructie is gebruik gemaakt van houtskeletbouw
- De kozijnen zijn van inlands Douglas
- De betonnen fundering is vervangen door lichtgewicht organisch eiwitschuimbeton. Er is niet geheid, dat was niet nodig vanwege het geringe gewicht van het huis
- De muren aan de binnen- en buitenzijde zijn bedekt met schelpenstucwerk en binnen afgewerkt met leemverf
- Voor de isolatie is vlaswol gebruikt in plaats van glaswol
- De dakpannen zijn van larikshouten shingles
- Het platte deel van het dak wordt gesierd door vetplantjes voor de groene uitstraling van de woningen en ook voor de isolatie van het dak
- De dakgoten bestaan uit uitgeholde boomstammen

De woningen zijn inmiddels opgeleverd en worden bewoond, met uitzondering van 1 woning die wordt gebruikt voor bezichtigingen, workshops en lezingen.



Meer informatie
www.agrodome.nl

¹ J.E.G. van Dam, B.F. Tjeerdsma, en P.J. Fraanje – “Kansrijke bouw-product-markt-combinaties uit hernieuwbare grondstoffen, verkenning van kansen en trajecten voor grootschalige marktintroductie”, Min. LNV 2002.

B.F. Tjeerdsma, J.E.G. van Dam, en P.J. Fraanje – “Hernieuwbare grondstoffen als bouw materiaal. Tien leverbare producten. (publ. Min. LNV/VRM, 2002) [ISBN 90-9016283-6].

Biobased Economy info sheet

Kokosvezelplaten als duurzaam bouw materiaal

Het is mogelijk plaatmateriaal te produceren dat voor 100% bestaat uit kokosvezels afkomstig van de bolster van de kokosnoot. Het plaatmateriaal heeft uitstekende sterkte eigenschappen. Voor het aantonen van de technische- en economische haalbaarheid is op de Filippijnen een vezelplaatproductie unit op pilot schaal gebouwd. De mogelijkheden voor opschaling en industriële productie worden momenteel door verschillende kokosproducerende landen onderzocht waaronder India, Indonesië, Filippijnen, Suriname en Mozambique.

Achtergrond

Kokosnoot bolsters (zie figuur 1) zijn ruimschoots voorhanden in alle tropische landen als goedkoop bijproduct van de kokosolie industrie. De vezelige bolster bestaat voor circa 30 % uit vezels en voor 70 % uit lignine-rijk merg.



Figuur 1: Vezels van kokosnootbolsters

Door gebruik te maken van de specifieke lijmeigenschappen van lignine in het merg en de sterkte van de kokosvezel kunnen zeer sterke platen worden gemaakt van hoge kwaliteit. Uitsluitend door heet persen van het gemalen bolster materiaal wordt de lignine uitgehard zonder toevoeging van chemicaliën (figuur 2). Op deze wijze kan tot op heden onderbenutte biomassa worden omgezet in een waardevolle grondstof voor de productie van een duurzaam houtvrij bouw materiaal.



Figuur 2: Plaatmateriaal gemaakt van kokosvezels

Productieproces

De achtereenvolgende processtappen van bolster tot plaatmateriaal bestaat uit: 1) het scheiden van de bolster van de noot, 2) het vermalen van de bolster tot fijne deeltjes, eventueel drogen en 3) het heet persen van de vezels tot plaatmateriaal zonder dat enige toevoeging van chemische binders nodig is.

Eigenschappen

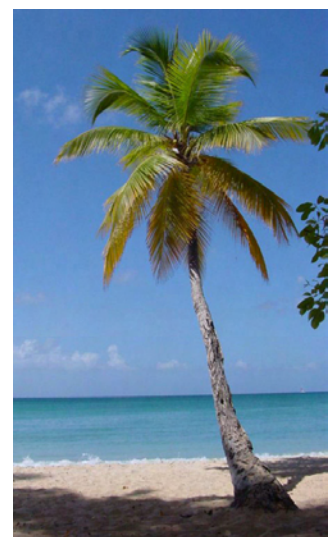
De eigenschappen van het plaatmateriaal is samengevat in onderstaande tabel. De plaatmaterialen hebben mechanische eigenschappen die vergelijkbaar of beter zijn dan de commerciële MDF platen (medium density fibreboard) en die spaanplaat materialen overtreffen. De dikte /zwellen van de platen en de waterabsorptie is lager dan voor MDF. Door zeer goede brandwerendheid en schroefbaarheid zijn de platen zeer geschikt als bouw materiaal. De dichtheid van deze kokosplaten is echter hoger dan de meeste commerciële vezelplaten.

Technische data vezelplaten

Parameter	Kokosvezelplaat	MDF	Spaanplaat
Dichtheid (kg/m ³)	1100-1300	820	740
Buigsterkte (MPa)	50	45	16
Stijfheid (GPa)	5.0	4.5	3.2
Schroefvastheid	zeer goed	matig	slecht
Brandwerendheid	zeer goed	goed	matig

Industrieën & markten

De markt voor goedkope vezelplaten van hoge kwaliteit en vezelcomposiet materialen is zeer groot. Het is de verwachting dat er een toenemende vraag ontstaat naar bouwmaterialen en houtvervangende producten voor lokale- en exportmarkten. De productie van commercieel aantrekkelijke materialen die bovendien volledig hernieuwbaar zijn en CO₂-neutraal kunnen worden geproduceerd heeft positieve effecten op het inkomen van de kokosboeren en werkgelegenheid. De beschikbaarheid van goedkope bouwmaterialen zal de bouwsector stimuleren. Een verscheidenheid aan hoge kwaliteit producten kan worden gefabriceerd: vlakke platen met verschillende dichtheid, balken met grote sterkte en stijfheid of trays en pallets die als verpakkingsmateriaal kunnen worden gebruikt. Ook kan het kokosbolstermateriaal worden gebruikt in de meubelindustrie en bedrijfstukken die hout en vezelplaten gebruiken.



Meer informatie

www.fibreecrops.nl
www.ecocoboard.net

Biobased Economy info sheet

Groen bouwen met hernieuwbare grondstoffen

Deze info sheet geeft informatie over hernieuwbare grondstoffen toegepast in bouwmaterialen. Besproken wordt welke hernieuwbare grondstoffen geschikt zijn, waar ze toegepast kunnen worden en welke milieuvoordelen ze hebben.

Stand van zaken

Nederland stimuleert tot nu toe alleen het gebruik van duurzaam geproduceerd hout in de bouw. Toch zijn er in Nederland diverse andere hernieuwbare grondstoffen mogelijk als grondstof voor bouwmaterialen die tot op heden weinig of geen aandacht hebben gekregen. De bouwsector is als één van de grootste afnemers en gebruikers van grondstoffen mede verantwoordelijk voor meer duurzame ontwikkelingen in de bouwketen. De toeleveranciers in de bouw willen toonaangevend blijven met een pakket duurzame bouwmaterialen. Ze hebben belang bij milieuvriendelijke producten. De materialen moeten voldoen aan de functionele eisen en bouwnormen en verder prijstechnisch concurrerend zijn met de conventionele materialen.

Hernieuwbare grondstoffen

Hernieuwbare grondstoffen zijn grotendeels afkomstig van geteelde gewassen. Te denken valt aan (beheers)gras, vlas, Miscanthus, hennep, stro (van graan en koolzaad) en hout. Ook valt een bepaalde categorie afval eronder: schoon afvalhout, snoeihout, melkpakken, karton, oud papier en restglas. Zeeschelpen als vervanger van mergelkalk (grotten Limburg) is een categorie die als grondstof kan dienen voor stucwerk. Hernieuwbare grondstoffen moeten aan een aantal voorwaarden voldoen:

- productie in de regio (agrariërs, gemeenten, natuurorganisaties)
- verwerking in de regio tot eindproducten
- transport van grondstoffen en eindproducten in de regio
- hergebruik na gebruik in de bouw (woningen, stallen)
- niet nadelig voor het landschap

Toepassingen

Momenteel is het mogelijk genoemde grondstoffen toe te passen woningbouw en de agrarische bouw. Het gaat hierbij om stenen, (grotere) bouwblokken, gevel- en dakelementen. Maar de grondstoffen kunnen ook gebruikt worden in mortel en stuc. Het toepassen van de grondstoffen voor het maken van deuren en kozijnen is nog in ontwikkeling. In 2006 is in Nederland het eerste huis gebouwd van alleen maar hernieuwbare producten. De toepassingen kunnen gecombineerd worden met energieconcepten, waarbij energie van zon en wind het fossiele energiegebruik kan vervangen. Toepassing is interessant voor de woningbouw, maar ook voor de agrarische sector door de grote oppervlakte aan daken die veel zonne-energie kunnen absorberen.

De geabsorbeerde energie kan als warmte gebruikt worden in ruimtes waar warmte nodig is (bijvoorbeeld stallen met jonge dieren) of kan met behulp van een turbine omgezet worden naar elektriciteit voor eigen gebruik of levering aan het net.



Miscanthusstuc



Grassteen

Milieuvoordelen

Omdat de grondstoffen grotendeels van planten afkomstig zijn, wordt er CO₂ vastgelegd tijdens de fotosynthese. Bij snelgroeiende planten zoals Miscanthus kan dit gaan om grote hoeveelheden CO₂. Deze vastlegging wordt maar voor een klein deel teniet gedaan door de maakenergie van de bouwproducten. De vereiste energie voor het maken of fabriceren van de bouwproducten – malen, persen en lijmen – is een fractie van de maakenergie van traditionele bouwstenen en dakpannen, die meestal gebakken worden uit klei bij hoge temperaturen (ca. 1000 °C) hetgeen veel fossiele energie kost. Ook worden relatief veel traditionele bouwmaterialen getransporteerd over de weg. Verder hebben deze (afgewerkte) bouwmaterialen een substantieel aandeel in de afvalberg. Dit blijkt uit de volgende cijfers:

- 10% van het totale Nederlandse energieverbruik is nodig voor de productie van traditionele bouwmaterialen;
- 25% van al het wegtransport is gerelateerd aan de bouw; het transport veroorzaakt luchtvervuiling, fijnstof en uitstoot van CO₂ door verbruik van fossiele brandstof;
- 35% van de totale afvalberg in Nederland bestaat uit bouw- en sloopafval;

Bovendien hebben eindige grondstoffen geen CO₂ vastgelegd. Dit betekent dat producten gemaakt van hernieuwbare grondstoffen ten opzichte van bakstenen en dakpannen grote hoeveelheden CO₂ besparen en daardoor een grote milieuwinst met zich meebrengen. Deze winst kan berekend worden door objectieve en vergelijkende LCA-berekeningen (levenscyclusanalyse) toe te passen.

Een ander positief effect van het gebruik van hernieuwbare grondstoffen is dat er geen klei (of mergel) meer afgegraven hoeft te worden. Kleiafgravingen (of mergelwinning) hebben als nadeel dat gebieden die voorheen als landbouwgrond werden gebruikt, na het afgraven van de klei niet meer bruikbaar zijn voor de boeren. Ze zien de opoffering van vruchtbare grond voor kleiwinning als een serieus probleem. Tenslotte veroorzaakt winning van eindige grondstoffen een niet te herstellen schade aan landschap en natuurwaarden.

CHEMICALIËN



Biobased Economy info sheet

REACH en de biobased economy

Deze info sheet geeft informatie over de Europese REACH verordening (Registratie, Evaluatie en Autorisatie van Chemische stoffen). De gegevens komen uit de studie "REACH en de biobased economy; achtergrond en consequenties", geschreven door B. de Klerk van het Platform Bio-based Business en D. van Es van WUR-A&F, uitgevoerd in opdracht van het ministerie van LNV.

Invoering van REACH

Op 1 juni 2007 is de Europese verordening REACH van kracht geworden. REACH staat voor Registratie, Evaluatie en Autorisatie van Chemische stoffen. Als gevolg hiervan is de verantwoordelijkheid voor de veilige productie en het gebruik van stoffen in de Europese Unie verschoven naar het bedrijfsleven. De REACH verordening geldt voor zowel petrochemische als natuurlijke grondstoffen en hun derivaten, zodra deze in meer dan 1 ton/jaar worden geproduceerd of geïmporteerd door 1 producent. De REACH verordening geeft op geen enkele wijze voorrang aan (derivaten van) hernieuwbare grondstoffen, behalve dat 60 natuurlijke grondstoffen zijn vrijgesteld van registratie vanwege hun intrinsieke veilige eigenschappen. De komende jaren zullen, volgens de huidige verwachtingen, meer dan 30.000 stoffen geregistreerd moeten worden. De verantwoordelijkheid voor de uitvoering van REACH en het opstellen van bijbehorende wetgeving ligt bij de lidstaten zelf. Het Europees Chemisch Agentschap (European Chemical Agency, ECHA) zal administreren, voorstellen doen en besluitvorming voorbereiden op Europees niveau over beperkingen en verbod van stoffen.

Consequenties voor bedrijven

Het is niet direct duidelijk welke kansen REACH biedt voor commerciële activiteiten. Bedrijven zullen dit zelf moeten inventariseren, afhankelijk van hun huidige producten en markt. Wel kan het volgende gezegd worden over mogelijke kansen:

- Vanaf 1 december 2008 wordt duidelijk welke stoffen geregistreerd gaan worden: voor momenteel gebruikte stoffen die niet geregistreerd gaan worden zoekt de markt wellicht een alternatief.
- Vanaf 2011 zal de markt vervanging zoeken voor "zorgwekkende stoffen"
 - REACH stelt beperkingen aan de toepassing van diverse stoffen in verband met toxiciteit.
 - In de loop van 2009-2010 worden richtlijnen verwacht m.b.t. de beperking van de toepassing van toxische en verdachte stoffen. Dit wordt geprioriteerd op basis van volume, toepassingsgebied (blootstelling) en risico. Toxische stoffen dienen zelfs verboden te worden indien

aangetoond kan worden dat er (zowel technisch als economisch) haalbare alternatieven zijn. Investerings in productinnovatie kunnen hier dus een versnellend effect hebben.

Op dit moment kunnen geen concrete verwachtingen worden uitgesproken m.b.t. kansen voor bepaald type bedrijvigheid in Nederland in verband met het van kracht worden van REACH. Interviews met Nederlandse bedrijven tonen aan dat bedrijven die momenteel actief bezig zijn met REACH zich voornamelijk beperken tot hun huidige productenpakket en huidige grondstoffen en leveranciers.

REACH en hernieuwbare (grond)stoffen

De impact van de invoering van REACH op de Nederlandse en Europese industrie zal groot zijn, maar minder negatief dan in eerste instantie werd aangenomen. Voor hernieuwbare (grond)stoffen lijkt REACH neutraal uit te pakken: ze zullen grotendeels hetzelfde worden behandeld als petrochemische stoffen. Daarentegen zouden 'nieuwe' hernieuwbare (grond)stoffen mogelijk nadeel kunnen ondervinden door de relatief kleine hoeveelheid beschikbare informatie m.b.t. bijvoorbeeld toxiciteit. Bedrijven die voor deze studie geïnterviewd zijn geven aan dat op dit moment de invoering van REACH geen reden is om actief dan wel preventief de bestaande petrochemische (grond)stoffen te gaan vervangen door hernieuwbare (grond)stoffen.

Toch kunnen kansen gecreëerd worden voor biobased (grond)stoffen door veranderingen in de chemische industrie die gepaard gaan met de implementatie van REACH te combineren met andere vraagstukken:

- Vervanging van verdachte/ongewenste stoffen in het kader van REACH.
- Reductie van CO₂ emissies
- Verminderde afhankelijkheid van fossiele grondstoffen
- Verminderde afhankelijkheid van grondstoffen aanvoer uit instabiele regio's
- Stimulering van de biobased economy/bioraffinage
- Integratie met snelle opkomst biobrandstoffen

Ook gericht overheidsbeleid zou het gebruik van hernieuwbare grondstoffen kunnen stimuleren. Zo kunnen er meer alternatieven ontwikkeld worden op basis van hernieuwbare grondstoffen en kunnen "zorgwekkende stoffen" sneller verboden worden.



Biobased Economy info sheet

Hernieuwbare chemicaliën

Hernieuwbare grondstoffen worden steeds interessanter als mogelijke grondstof voor de productie van (bulk) chemicaliën. Deze info sheet geeft informatie over de mogelijkheden van chemicaliën uit biomassa.

Een materiaal is hernieuwbaar als de biomassa die de oorsprong vormt jaarlijks opnieuw kan worden verbouwd en geoogst. Zo kunnen uit gewassen als graan, maïs, aardappelen of hout grondstoffen als suikers, plantaardige oliën, eiwitten of bioethanol worden gewonnen.

In een aantal recente studies zijn diverse platformchemicaliën aangewezen die gemaakt kunnen worden uit biomassa. Deze platformchemicaliën dienen vervolgens weer als uitgangspunt voor de productie van (bulk) chemicaliën.

In principe zijn er drie verschillende routes om biomassa om te zetten in chemicaliën:

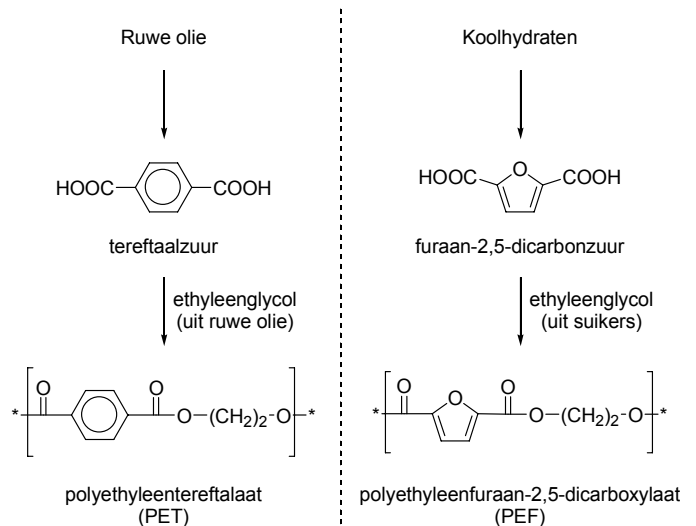
1. Omzetting naar nieuwe (bulk) chemicaliën met unieke eigenschappen zoals melkzuur of furaandicarbonzuur (FDA)
2. Omzetting naar bestaande (bulk) chemicaliën zoals ethyleen, tereftaalzuur of caprolactam.
3. Totale vergassing van biomassa naar syngas, gevolgd door Fischer-Tropsch synthese van basis koolwaterstoffen (deze route wordt hier niet verder toegelicht).



Nieuwe (bulk) chemicaliën

Enkele voorbeelden van nieuwe platformchemicaliën zijn onder andere hydroxymethylfurfural (HMF), isosorbide en melkzuur.

- Koolhydraten (suikers) kunnen relatief makkelijk worden omgezet in furanen. Eén van deze furanen, HMF, is een potentiële grondstof voor alternatieven voor bisphenol-A (polycarbonaat, epoxyharsen) en als grondstof voor furaandicarbonzuur (FDA). FDA wordt momenteel geëvalueerd als alternatief voor tereftaalzuur in o.a. polyethyleentereftalaat (PET) dat wordt gebruikt voor productie van flessen of polyester textielvezel. (zie figuur 1).



Figuur 1: Plastic op basis van ruwe olie en het alternatief op basis van koolhydraten

- Isosorbide kan worden verkregen uit zetmeel afkomstig van graan, maïs of aardappelen, en vormt de basis van een nieuw type ftalaat-vrije weekmakers. Verder wordt isosorbide uitgebreid onderzocht als mogelijke bouwsteen voor nieuwe bio-gebaseerde polymeren (polyesters, polyamides).

Bestaande (bulk) chemicaliën

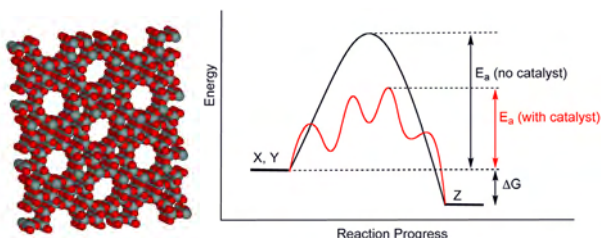
Enkele voorbeelden van hernieuwbare platformchemicaliën voor de productie van bestaande chemicaliën zijn onder andere glycerol, onverzadigde vetzuren en bioethanol.

- Bij de productie van biodiesel ontstaat glycerol als bijproduct. Momenteel wordt veel onderzoek gedaan naar het omzetten van glycerol naar bestaande chemicaliën en bouwstenen zoals acrylzuur (voor polyacrylaten in bv luiers), of ethyleen- en propyleenglycol (voor bv oppervlakte actieve stoffen, of in polyurethanen voor lijmen en kitten, of in polyesters zoals PET).
- Onverzadigde vetzuren uit plantaardige oliën worden nu al op grote schaal gebruikt in alkydharsen voor verf. Daarnaast wordt veel onderzoek gedaan naar het omzetten van (onverzadigde) vetzuren in zogenaamde lineaire α -olefines voor de productie van detergentia (zepen, wasmiddelen) en bepaalde typen polyethyleen.
- Bioethanol komt op steeds grotere schaal beschikbaar en vormt, naast transport brandstof, een interessante grondstof voor de chemie. Zo kan ethanol o.a. worden omgezet in butadiëen, een belangrijke grondstof voor synthetische rubbers (autobanden) en in ethyleen voor de productie van o.a. polyethyleen en PVC.

Biobased Economy info sheet

Katalyse in de Biobased Economy

Een katalysator is een stof die een chemische reactie versnelt zonder bij het proces verbruikt te worden. Door te werken met katalysatoren kunnen processen met minder energie en grondstoffenverbruik uitgevoerd worden. Omdat hernieuwbare grondstoffen in toenemende mate worden ingezet voor de productie van (bulk) chemicaliën is er ook steeds meer behoefte aan katalysatoren die gebruikt kunnen worden voor de omzetting van biomassa.



Huidige industriële katalysatoren

Moderne industriële katalysatoren zorgen ervoor dat veel energie wordt bespaard doordat reacties bij lagere temperaturen plaatsvinden. Daarnaast wordt het gebruik van grondstoffen verminderd omdat reacties selectiever verlopen waardoor alleen de gewenste producten worden gevormd.

Het merendeel van de huidige industriële katalysatoren wordt gebruikt voor de omzetting van petrochemische grondstoffen in brandstoffen en bouwstenen voor polymeren (plastics). Deze petrochemische grondstoffen zijn voornamelijk apolaire, hydrofobe verbindingen (aromaten, paraffines) die slecht of niet met water mengen. Veel van de huidige katalysatoren en bijbehorende chemische processen zijn geoptimaliseerd voor dit type grondstoffen.

Katalysatoren voor hernieuwbare grondstoffen

Hernieuwbare grondstoffen hebben vaak een samenstelling die sterk afwijkt van die van de petrochemische grondstoffen. Koolhydraten zoals suikers, cellulose of zetmeel zijn vaak goed wateroplosbaar of kunnen gemakkelijk veel water opnemen. Als gevolg hiervan komt uit biomassa relatief veel water vrij wanneer dit als grondstof wordt gebruikt voor chemische processen. Huidige industriële katalysatoren werken over het algemeen niet goed in de aanwezigheid van water. Daarnaast verlopen veel chemische processen voor de omzetting van petrochemische grondstoffen bij temperaturen die te hoog zijn voor veel hernieuwbare grondstoffen.

In de fijnchemie en de farmaceutische industrie wordt nu al gebruik gemaakt van biokatalyse, waar enzymen de rol van katalysator op zich nemen. Enzymen zijn echter vaak minder geschikt voor de grootschalige processen die voorkomen in de bulkchemie.

Er is dan ook behoefte aan katalysatoren die in de aanwezigheid van water en bij lagere temperaturen een chemisch proces op grote schaal kunnen versnellen. Hieronder volgen twee voorbeelden van succesvolle ontwikkelingen met betrekking tot de katalytische conversie van biomassa:

- Voorbeelden van gekatalyseerde processen voor het maken van bestaande chemicaliën uit biomassa zijn de productie van ethyleen (voor o.a. polyethyleen) en butadieen (voor o.a. synthetische rubber) uit bioethanol. Deze katalytische processen bestaan al sinds de jaren 30 van de vorige eeuw en maken gebruik van katalysatoren die oorspronkelijk voor petrochemische toepassingen zijn ontwikkeld. Momenteel wordt wereldwijd veel aandacht besteed aan het ontwikkelen van nieuwe katalysatoren voor deze processen waardoor deze efficiënter kunnen verlopen en meer van de gewenste producten kunnen worden gevormd.
- Een voorbeeld van katalyse voor de productie van "nieuwe" chemicaliën uit biomassa is de goud-gekatalyseerde oxidatie van hydroxymethylfurfural (HMF) naar 2,5-furaandizuur (FDA). HMF wordt verkregen uit suikers, en FDA is een potentieel alternatief voor, op petrochemie gebaseerde, tereftaalzuur in de polyester PET (o.a. toegepast in flessen en textielvezels). Goud-gebaseerde katalysatoren zijn in staat om dit proces onder milde condities te laten verlopen, waarbij in principe lucht wordt gebruikt en alleen water als bijproduct wordt gevormd. Daarbij is goud veel minder kostbaar en is het milieuvriendelijker te winnen vergeleken met metalen zoals platina of palladium (o.a. bekend van de driewegkatalysator voor auto's).



Conclusies

Voor de efficiënte omzetting van hernieuwbare grondstoffen in bulkchemicaliën en brandstoffen moeten nieuwe katalysatoren en processen ontwikkeld worden die zijn toegesneden op het gebruik van (waterige) biomassa. Deze nieuwe processen zullen efficiënt moeten zijn met betrekking tot het gebruik van energie en grondstoffen, en moeten leiden tot een minimale productie van afvalstromen. Daarnaast is het wenselijk om zo min mogelijk gebruik te maken van potentieel schadelijke chemicaliën. Deze voorwaarden kunnen bereikt worden door toepassing van een nieuwe generatie industriële katalysatoren. Verder moet natuurlijk ook de potentiële milieubelasting bij de productie van de katalysatoren en de recyclebaarheid worden meegenomen in deze ontwikkeling.

Biobased Economy info sheet

Productie van platformchemicaliën door planten

Chemicaliën die stikstofatomen bevatten en als uitgangsmateriaal dienen voor de petrochemische industrie zijn chemisch moeilijk te maken. Productie van dergelijke chemicaliën is vaak kostbaar en vervuilend.

Sommige van deze stikstofbevattende chemicaliën komen echter ook in planten voor. Ook andere bouwsteenmoleculen uit aardolie worden door planten gemaakt, zoals organische zuren. Deze infosheet geeft een voorbeeld van de ontwikkeling van platformchemicaliën in planten.

Doel

Deze sheet geeft informatie over de productie van de platformchemicaliën itaconzuur (organisch zuur) en lysine (aminozuur) in zetmeelaardappelen. Dit zijn aardappelen die niet geschikt zijn voor consumptie en voornamelijk gekweekt worden voor non-food toepassingen.

Itaconzuur is een 'groene' vervanger van acrylzuur en methacrylzuur in de monomeer- en polymeerindustrie. Het is ondermeer een belangrijke grondstof voor de productie van plexiglas (PMMA). Lysine is een uitgangsstof voor de productie van caprolactam dat als grondstof dient voor de productie van Nylon-6.

Methode

De methode staat schematisch weergegeven in onderstaand figuur. De schimmel *Aspergillus terreus* kan itaconzuur produceren. Na opzuivering van het enzym dat daarvoor verantwoordelijk is wordt het gen gecloneerd en na optimalisatie in een transgene zetmeelaardappel gezet die een hoge concentratie lysine produceert. De transgene zetmeelaardappel accumuleert nu, vooral in de knol, itaconzuur en lysine.

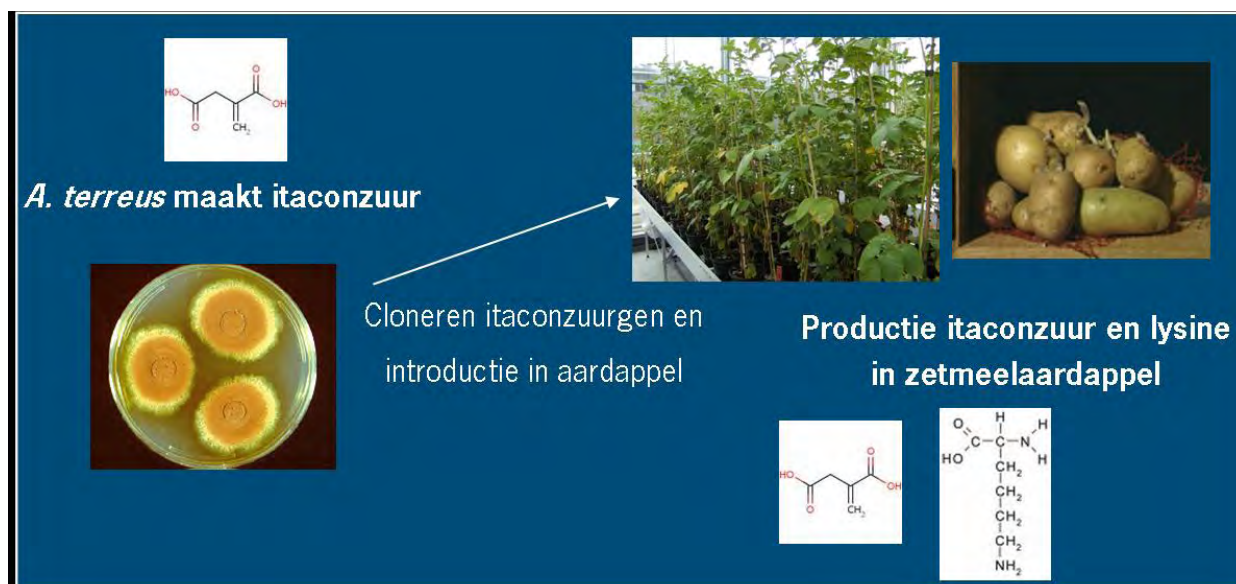
Ontwikkelingsstappen

- Itaconzuur enzym werd uit *Aspergillus terreus* geïsoleerd, en op basis van deze informatie werd het bijbehorende gen gecloneerd.
- Het microbiële gen werd geoptimaliseerd om te kunnen werken in planten.
- Het aangepaste itaconzuur gen werd via genetische modificatie in een aardappellijn geïntroduceerd.
- Deze transgene aardappellijn had door modificatie van de lysine biosyntheseroute een 15-voudig verhoogd lysineniveau
- Introductie van een *Aspergillus terreus* gen in aardappel heeft geleid tot aardappelknollen die, naast zetmeel en een hoog gehalte lysine, ook itaconzuur produceren.
- De volgende onderzoekstappen zijn een eventueel nog hogere ophoping van lysine en itaconzuur, en de ontwikkeling van een (goedkope) extractiemethode van de platformchemicaliën uit de aardappelknol.

Conclusies

Het blijkt dat zetmeelaardappelen de platformchemicaliën lysine en itaconzuur kunnen produceren. Het gehalte aan lysine is 15-voudig verhoogd vergeleken met de controle knol. Het itaconzuurgehalte is zo hoog dat alleen al met de Nederlandse zetmeelaardappelarealen de huidige mondiale itaconzuurmarkt .bediend zou kunnen worden.

Groene productie van platformchemicaliën die als bouwstof dienen in de chemische industrie voor de productie van monomeren en polymeren is duurzamer, goedkoper en draagt bij aan een *Biobased Economy*.



Biobased Economy info sheet

Biobased economy en de farmaceutische industrie

In deze informatiesheet wordt de rol van de Biobased Economy binnen de farmaceutische industrie belicht. Meer informatie is te vinden in het rapport 'Biobased economy en de farmaceutische industrie' van Ben van den Broek en Harriëtte Bos (2009).

De farmaceutische industrie

De huidige farmaceutische industrie is een multinationale, geglobaliseerde bedrijfstak die geneesmiddelen en medicijnen produceert in een concurrerende markt. De meeste grote farmaceutische bedrijven hebben hun hoofdkantoor in de Verenigde Staten of Zwitserland.

De verkoop van receptgeneesmiddelen voor menselijk gebruik was in 2008 ongeveer € 550 miljard. Noord-Amerika neemt 40% van de verkoop voor zijn rekening en Europa 32%. Per persoon is de uitgave voor receptgeneesmiddelen in Noord-Amerika en Europa respectievelijk € 650 en € 239. De farmaceutische industrie investeert meer dan welke branche ook in onderzoek. Een farmabedrijf besteedt tussen de 15 en 25% van zijn totale omzet aan onderzoek en ontwikkelingskosten. Echter, het grootste gedeelte van dit geld wordt besteed aan registratiekosten en dossieropbouw (o.a. klinische studies).

Farmaceutische grondstoffen

Farmaceutische grondstoffen zijn de substraten die gebruikt worden voor het maken van geneesmiddelen. Onder de farmaceutische grondstoffen vallen grondstoffen voor de actieve farmaceutische ingrediënten (API's, de werkzame stoffen in het medicijn) maar ook voor hulpstoffen die toegevoegd worden aan medicijnen en zorgen voor optimale dosering, houdbaarheid en opname. Hulpstoffen die gebruikt worden zijn o.a. lactose en collageen. Het gebruik van hulpstoffen in medicijnen is, uitgedrukt in kilo's, vele malen groter dan van de API's. De hulpstoffen zijn echter wel veel goedkoper dan de API's.

De farmaceutische grondstoffen worden verkregen uit verschillende bronnen. Deze kunnen via synthese routes uit natuurlijke of chemische grondstoffen worden verkregen of door isolatie uit natuurlijke bronnen. Tegenwoordig worden de meeste grondstoffen chemisch of biotechnologisch geproduceerd. Dit is goedkoper, veiliger en veel sneller dan deze grondstoffen uit natuurlijke producten te isoleren.

Nieuwe medicijnen

De traditionele markt voor medicijnen bestaat uit geneesmiddelen voor een groot publiek. Dit zijn over het algemeen (chemisch geproduceerde) kleine moleculen. De huidige innovatietrends gaan echter richting ontwikkeling van nieuwe stoffen, vaak biologische moleculen. Deze moleculen zijn groter en ingewikkelder dan de chemisch geproduceerde moleculen en zijn veelal slechts toepasbaar op kleinere patiëntengroepen.

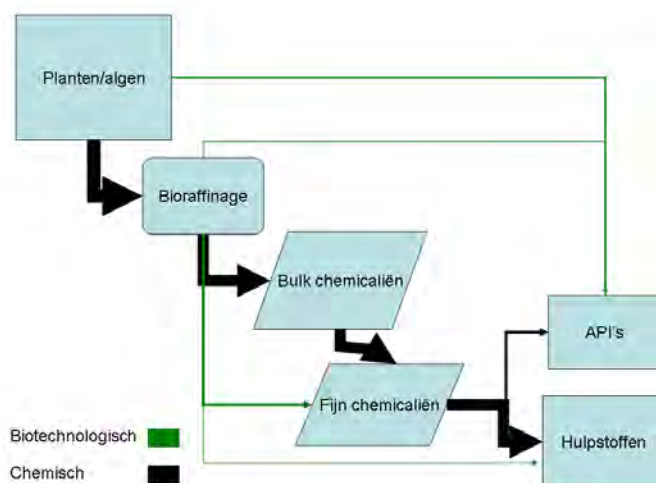
Biotechnologie

De nieuwe biologische moleculen kunnen worden gemaakt via biotechnologie. De productie vindt dan plaats door micro-organismen of planten, of via toepassing van enzymen. Het gebruik van biotechnologie leidt over het algemeen tot een duurzame productiemethode. Het voordeel van biotechnologie is dat men vaak minder energie en minder niet-hernieuwbaar uitgangsmateriaal nodig heeft voor het produceren van producten. Tevens wordt de uitstoot van schadelijke stoffen en afvalstoffen vermindert.

Farmaceutische industrie en de biobased economy

Alhoewel de eerste medicijnen uit planten zijn voortgekomen zal de isolatie van API's en medicijnen uit planten op commerciële schaal nauwelijks voorkomen. Meer voor de hand ligt het isoleren van bouwstenen uit planten die vervolgens omgezet kunnen worden in API's en hulpstoffen.

Onderstaande figuur geeft schematisch weer hoe vanuit *biobased economy* oogpunt API's en hulpstoffen verkregen kunnen worden. Met behulp van biotechnologie is het mogelijk om direct API's te produceren van biologische oorsprong. Een groter gedeelte van de planten of algen zal echter via bioraffinage in bulk- en fijnchemicaliën worden omgezet. Uiteindelijk zullen deze chemicaliën dienen als grondstof voor de productie (meestal via chemische weg) van voornamelijk hulpstoffen maar ook van API's. De dikte van de pijlen geeft een indicatie van de omvang (in massa) van de verschillende stromen.



Een voorbeeld van een nieuwe ontwikkeling is de productie van de hulpstof collageen met behulp van gisten. Collageen wordt momenteel geproduceerd uit dierlijke reststromen. Deze route brengt veel afval met zich mee, inclusief het gevaar van overdracht van ziektes zoals BSE. Bij de productie van collageen met behulp van gisten wordt dit probleem vermeden.

BRANDSTOFFEN

Biobased Economy info sheet

Eigenschappen van biotransportbrandstoffen

Deze info sheet geeft een overzicht van de belangrijkste eigenschappen van transportbrandstoffen die op dit moment geproduceerd worden uit biomassa.

Bioethanol

Bioethanol is verreweg de belangrijkste biobrandstof in de wereld, en wordt al op grote schaal geproduceerd in enkele Europese landen. Ethanol wordt geproduceerd via fermentatie van suikers. De huidige bioethanol productie in de EU gebeurt op basis van suiker- en zetmeelgewassen, zoals suikerbiet, korrelmais en granen (met name tarwe en gerst). Bij productie van bioethanol uit granen ontstaat DDGS (dried distiller's grains solubles) als eiwitrijk bijproduct, dit wordt afgezet als veevoer. Bioethanol wordt op verschillende manieren ingezet als brandstof (Tabel 1): via bijmenging in lage percentages in benzine, via gebruik in hoge percentages in E85, en door het te gebruiken bij de productie van ETBE (ethyl tertiary butyl ether) een benzineadditief.

Tabel 1. Toepassing van verschillende biobrandstoffen in transport.

Biobrandstof	Toepassing
Bioethanol	-Bijmenging in benzine in bestaande motoren -E85 (85% ethanol) in Flexible Fuel motoren
Ethyl tertiary butyl ether (ETBE)	Bestaat voor 50% uit bioethanol; wordt ingemengd in benzine in bestaande motoren
Biodiesel (FAME)	Bijmenging in diesel; gebruik in bestaande diesel motoren
Pure plantaardige olie (PPO)	Gebruik als brandstof in aangepaste dieselmotoren

Biodiesel

Biodiesel wordt in de EU vooral geproduceerd uit koolzaad, dat na persen en zuiveren wordt veresterd met gebruik van methanol. Hierbij ontstaat glycerol als bijproduct. Sinds 1 november 2003 is een Europese dieselnorm (EN 14214 'Automotive fuels and Fatty Acid Methyl Esters (FAME)) van kracht. Deze norm stelt relatief strenge eisen voor wat betreft stabiliteit en zuiverheid. Biodiesel uit koolzaad voldoet aan de FAME specificaties. Biodiesel geproduceerd uit afval oliën en vetten kan alleen voldoen aan de huidige FAME-specificaties na verdere aanpassingen door toevoegen van additieven die de stabiliteit en de viscositeit van de brandstof op het voorgeschreven niveau brengen.

PPO

Pure Plantaardige Olie (PPO) wordt via persen en filteren verkregen uit koolzaad. PPO kan in pure vorm (100%) alleen worden gebruikt in aangepaste diesellootvoertuigen, en bijmenging in fossiele diesel is niet mogelijk. De productieketen voor PPO is eenvoudiger dan die van biodiesel en kan op kleine schaal worden uitgevoerd. Bij het persen wordt ca 75% van de olie uit de zaden geëxtraheerd. De rest blijft achter in de pulp, ook wel raapschroot

of perskoek genoemd. Deze heeft een hoog eiwitgehalte en kan direct als veevoer toegepast worden. Bij grootschalige productie van PPO wordt in de regel warme persing gebruikt en wordt de resterende olie met behulp van een oplosmiddel uit de perskoek geëxtraheerd.

Energie-inhoud

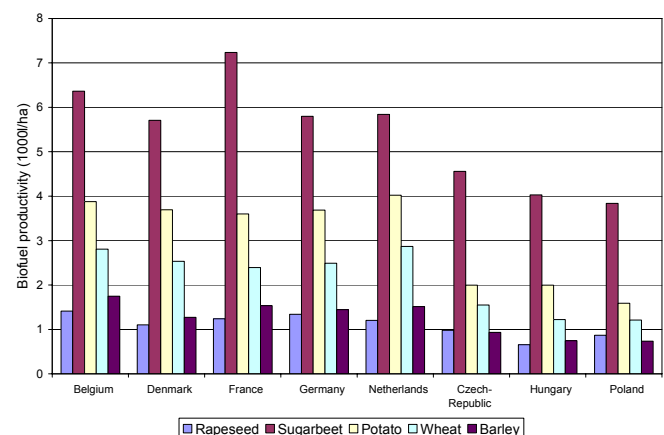
Tabel 2 vergelijkt de energie-inhoud van de drie meest voorkomende biobrandstoffen per gewicht (GJ/ton biobrandstof) en per volume (GJ/1000 L biobrandstof). Ter vergelijking: 1 ton olie-equivalent staat gelijk aan 42 GJ energie.

Tabel 2. Energie-inhoud (Lower heating value (LHV)) van biobrandstoffen

Biobrandstof	Energie-inhoud [GJ/ton]	Energie-inhoud (GJ/1000 L)
Bioethanol	26.4	21.1
Biodiesel	37.3	32.8
PPO	35.0	32.0

Opbrengst

De hoeveelheid brandstof die op 1 ha landbouwgrond geproduceerd kan worden hangt naast het conversieproces sterk af van de landbouwproductie. Figuur 1 vergelijkt de verwachte opbrengst van biobrandstoffen (L/ha) voor 5 gewassen, in 8 verschillende EU lidstaten. Ter vergelijking: uitgaande van een bijmengpercentage van 10% ethanol in benzine en een gemiddeld jaarlijks autogebruik (15000 km), is 1000 L ethanol ruim voldoende om 7 personenauto's jaarlijks van biobrandstof te voorzien.



Figuur 1. Geschatte biobrandstofopbrengst (1000 L/ha) van 8 EU lidstaten op basis van gemiddelde gewasopbrengst van een vijfjarige periode (1999-2003; bron: FAOStat)



Biobased Economy info sheet

Biodiesel

Biodiesel geniet een groeiende populariteit en is in Europa de belangrijkste biobrandstof van dit moment. Deze info sheet geeft achtergrondinformatie over de productie en het gebruik van biodiesel.

Biodiesel

Biodiesel wordt gemaakt door reactie van plantaardige oliën en/of dierlijke vetten met methanol. Naast vetzuurmethylesters (de feitelijke biodiesel) ontstaat hierbij glycerol.

Deze omzetting is noodzakelijk omdat moderne dieselmotoren zonder aanpassing niet geschikt zijn om te rijden op pure plantaardige olie (PPO) want deze is te stroperig.

Biodiesel kan worden bijgemengd bij gewone diesel uit aardolie.

De gebruikte benaming is dan gebaseerd op het percentage bijmenging, bijvoorbeeld B5 voor 5% bijmenging.

Europa is de grootste producent (en consument) van biodiesel en neemt meer dan 90% van de wereldwijde productie voor haar rekening. Biodiesel is in principe duurder dan gewone diesel, en de reden waarom de biodieselproductie zo'n hoge vlucht heeft genomen is dat nationale regeringen financiële ondersteuning verlenen in de vorm van subsidies en belastingvoordelen en een verplichting tot bijmenging.

Productie

In Europa is geraffineerde koolzaadolie de belangrijkste grondstof voor de productie van biodiesel. Aangezien de olie voor zo'n 80% de kosten van biodiesel bepaalt, proberen producenten steeds vaker om goedkopere grondstoffen in te zetten, zoals dierlijke vetten en gebruikte frituurolie. Het is echter lastig om met deze minder zuivere grondstoffen aan de strenge eisen te voldoen zoals die in de Europese specificatie voor biodiesel zijn vastgelegd.

Buiten Europa worden onder andere sojaolie (wereldwijd), maïsolie (VS) en palmolie (tropische landen) gebruikt om biodiesel te maken.

Brandstofeisen

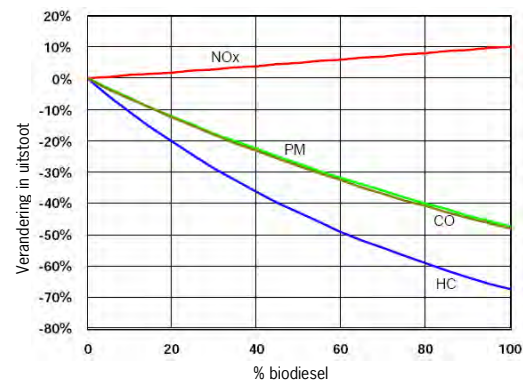
Het terugdringen van emissies en de ontwikkeling van zuinigere motoren is alleen mogelijk als de brandstof aan een groot aantal kwaliteitseisen voldoet. Voor diesel zijn deze specificaties vastgelegd in de Europese norm EN 590. Om de marktintroductie van biodiesel mogelijk te maken is door het Europese normeringsinstituut CEN de norm EN 14214 ontwikkeld, specifiek voor biodiesel. In deze norm staan 26 eisen vermeld waaraan biodiesel moet voldoen, alsook de gestandaardiseerde testmethoden om deze eigenschappen te meten. Biodiesel wordt hierin gedefinieerd als 'fatty acid methyl esters' (FAME). Pure plantaardige oliën (PPO), of ethylesters van vetzuren (FAEE) vallen dus niet onder deze specificatie. Verder is dieselnorm EN 590 aangepast, en mag diesel nu maximaal 5% biodiesel bevatten die

voldoet aan de biodieselnorm. Er is veel discussie over sommige van de eisen uit EN 14214 en sommige van de testmethoden die moeten worden gebruikt. Zo zou een aantal eisen overbodig zijn omdat deze al gedekt worden door andere eisen, en leveren bepaalde testmethoden moeilijk te interpreteren data op. Er wordt dan ook veel werk gemaakt van verbetering van de standaarden.

Emissiereductie van broeikas- en uitlaatgassen

Er bestaat discussie over de mate waarin de huidige biobrandstoffen kunnen bijdragen aan het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen. Schattingen van studies tot 2005 lopen uiteen van 20–65% reductie voor biodiesel (FAME), uitgedrukt in CO₂-equivalenten.¹ Het blijkt echter ook dat door veranderingen in landgebruik de productie van biobrandstoffen als biodiesel en bioethanol juist tot een tijdelijke toename van de uitstoot van broeikasgassen kan leiden.

Voertuigen op biodiesel stoten minder roet ('particulate matter', PM), koolwaterstoffen (HC) en koolmonoxide (CO). De uitstoot van NO_x is bij biodiesel wel iets hoger. Zie figuur 1.



Figuur 1. Uitstoot van "heavy duty" dieselmotoren bij toenemend gehalte biodiesel in diesel.²

Overige voordelen van biodiesel zijn dat het biodegradeerbaar is (een voordeel als het onverhoopt in het milieu komt), en dat het een hoger vlampunt heeft, waardoor het veiliger is. Verder zorgt het voor een goede smering, en is daarmee een uitstekend additief voor laag-zwavelhoudende (petro) diesel.

Meer informatie op:

www.tankstation.info/alternatieven.php
www.biodiesel-nederland.nl
www.biodieselskampen.com
www.fuelswitch.nl

¹ VIEWLS final report: <http://www.biomatnet.org/publications/1685fin.pdf>

² US EPA, report EPA420-P-02-001 (2002)

Biobased Economy info sheet

Bioethanol uit lignocellulose

Deze info sheet geeft een overzicht van ontwikkelingen op het gebied van productie van bioethanol, een hernieuwbare transportbrandstof, uit lignocellulose. Lignocellulose is een verzamelnaam voor alle vezelhoudende biomassa waaronder zowel houtgewassen, grassen als reststromen vallen.

Bioethanol

Bioethanol is verreweg de belangrijkste biobrandstof in de wereld en wordt op grote schaal geproduceerd in o.a. Brazilië, de V.S en enkele Europese landen. Vrijwel de gehele huidige bioethanol productie gebeurt op basis van suiker- en zetmeelgewassen zoals suikerriet, kornelmaïs en tarwe. Deze grondstoffen zijn relatief duur: in de regel vormen grondstofkosten 60% of meer van de totale productiekosten van bioethanol. De groeiende vraag naar bioethanol gaat gepaard met een vraag naar goedkopere grondstoffen daarvoor, en inzet van grondstoffen die niet met voedselproductie concurreren.

Bioethanol uit lignocellulose

Productie van bioethanol uit lignocellulose brengt een aantal belangrijk voordelen met zich mee:

- een grotere verscheidenheid aan biomassa kan ingezet worden voor bioethanolproductie
- de grondstofkosten zijn lager
- er is minder concurrentie met voedselproductie
- veel laagwaardige reststromen kunnen ingezet worden
- bekeken over de hele productieketen resulteert bioethanol uit lignocellulose in een grotere broeikasgasreductie

In Nederland is er in potentie een groot aantal reststromen dat voor bioethanolproductie ingezet kan worden (Tabel 1).

Tabel 1. Lignocellulose-houdende reststromen in Nederland

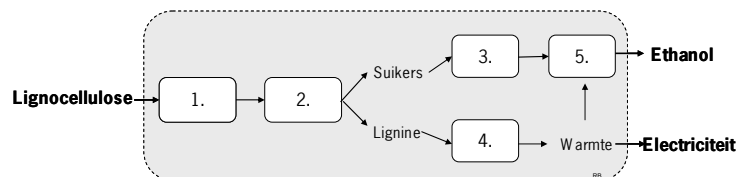
Reststroom	Vers gewicht (ton/jr)	Droge stof (%)	Droog gewicht (ton/jr)
GFT	1.569.000	48	753.000
Bermmaaisel	500.000	50	250.000
Maaisel natuurgebieden	100.000	50	50.000
Maaisel beheersgraslanden	200.000	50	100.000
Resthout landbouw, natuurgebieden	470.000	50	235.000
Stro tarwe en andere granen	753.000	85	640.000
Stro graszaadproductie	117.000	85	100.000
Bietenloof	1.232.000	15	185.000
Totaal	4.941.000		2.313.000

Het proces

Voor de productie van bioethanol uit lignocellulose zijn een aantal processtappen nodig (Tabel 2 en schema). Anders dan conventionele processen ondergaat de grondstof een chemische en enzymatische behandeling om suikers vrij te maken uit lignocellulose voor de ethanolfermentatie. Naast suikers wordt een niet-fermenteerbaar product, lignine, geproduceerd dat ingezet wordt voor electriciteit en warmte productie. Hiermee kan in de energiebehoefte van het proces worden voorzien.

Tabel 2. Processtappen bij productie van bioethanol uit lignocellulose

Processtappen	Doel
1. Voorbehandeling	Openbreken structuur lignocellulose
2. Enzymatische hydrolyse	Vrijmaken suikers uit lignocellulose
3. Fermentatie	Omzetten suikers naar ethanol
4. Omzetting lignine	Warmte en electriciteitsproductie
5. Destillatie en rectificatie	Verwijdering water uit ethanol



Status van de technologie

Processen voor bioethanol uit lignocellulose bevinden zich momenteel in de ontwikkelingsfase. Een aantal kleine pilotplants produceren reeds ethanol. Innovaties die in de processen worden ontwikkeld hangen onder meer samen met betere voorbehandelingsmethoden, inzet van nieuwe enzymen, verbetering van de fermentatie, en integratie van de verschillende processen. Veel ontwikkelingen komen voort uit succesvolle publieke-private samenwerkingsprojecten. De verwachting is dat in de periode 2011-2014 bioethanol uit lignocellulose op industriële schaal geproduceerd kan worden.

Ontwikkelingen in Nederland

- Ontwikkeling van een C5-cofermenterende gist (Royal Nedalco/TuD) voor fermentatie van lignocellulose
- BioButanol: procesontwikkeling voor omzetting van lignocellulose in een zwaardere alcohol, butanol (WUR)
- Bioraffinage van bijproducten die bij bioethanolproductie ontstaan (WUR, ECN)

Meer informatie over laatste ontwikkelingen:

- EU: http://ec.europa.eu/energy/res/whatsnew/index_en.htm
- Nederland: www.gave.novem.nl

ENERGIE

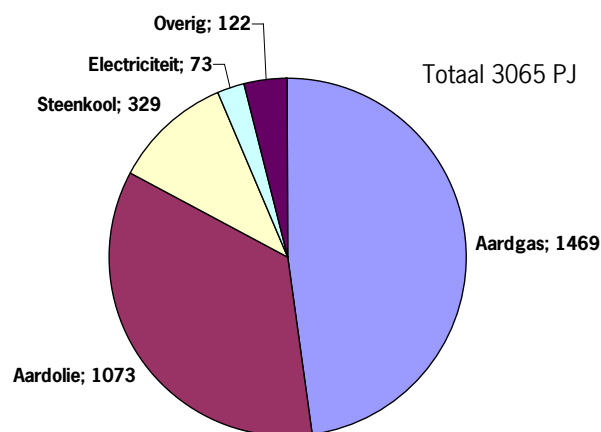
Biobased Economy info sheet

Energieverbruik in de Nederlandse chemische industrie

Deze info sheet geeft een overzicht van de energiehuishouding in Nederland in het jaar 2000. De gegevens komen uit de studie "Biomassa in de Nederlandse Energieshuishouding in 2030" geschreven door L.P.L.M. Rabou en E.L. Deurwaarder van ECN, en H.W. Elbersen en E.L. Scott van A&F, WUR, uitgevoerd in opdracht van het Platform Groene Grondstoffen.

Totaal energieverbruik

Het totale verbruik in Nederland van energiedragers voor energetisch plus niet energetisch gebruik is 3065 PJ (het niet-energetisch verbruik van energiedragers is het deel dat is vastgelegd in eindproducten). De bijdrage van de verschillende energiedragers aan dit totaal is weergegeven in onderstaand figuur:



Figuur 1: Bijdrage van verschillende energiedragers aan het totale gebruik in Nederland. (1 PJ (petajoule) komt overeen met 31.6 miljoen m³ aardgas of 277 miljoen kWh elektriciteit).

Het energie gebruik (energetisch en niet-energetisch) in de verschillende sectoren van de Nederlandse industrie is weergegeven in tabel 2; het totale gebruik bedraagt 1075 PJ.

De chemische industrie (cursief weergegeven in tabel 2) neemt 685 PJ van het gebruik van energiedragers voor haar rekening. Dit is 22% van het totaal van 3065 PJ (figuur 1). Hierin is dus zowel de energie meegenomen die de chemicaliënproductie kost, als de energie-inhoud van de chemicaliën zelf. Van deze 685 PJ is 337 PJ afkomstig van aardolie en daarmee verbruikt de Nederlandse chemie 31% van het totaal aardolie verbruik in Nederland.

Tabel 2. Energetisch en niet energetisch gebruik van alle energiedragers door de Nederlandse industrie.

Industrietak	Energetisch gebruik [PJ]	Niet-energetisch gebruik [PJ]	Totaal [PJ]
Kunstmest	35	77	112
Organische basischemie	180	267	447
Basischemie+kunstvezels	44	8	52
Rest anorg. Basischemie	32	20	52
Chemische eindproducten	18	4	22
<i>Subtotaal chemie</i>	<i>309 (45%)</i>	<i>376 (55%)</i>	<i>685</i>
Glas, aardewerk, cement	36	1	37
Basis ferrometaal (staal)	41	50	91
Basis non-ferrometaal	9	22	31
Metaalproducten	39	15	54
Overig	147	30	177
<i>Subtotaal niet-chemie</i>	<i>272 (70%)</i>	<i>118 (30%)</i>	<i>390</i>
Totaal	581	494	1075

Niet-energetisch verbruik

Het niet energetisch finaal gebruik van energiedragers, dus dat deel dat is vastgelegd in eindproducten bedraagt voor de Nederlandse industrie in totaal 494PJ (zie tabel 2). Het totale niet-energetisch gebruik van de chemiesector bedraagt 376 PJ. Vergeleken met het totale energiegebruik van de chemiesector (685 PJ) blijkt dat 45% van het gebruik van energiedragers in de chemie wordt ingezet voor procesenergie en 55% wordt vastgelegd in de eindproducten. Voor de niet-chemische industrie ligt deze balans anders; 70% van het energie verbruik is energetisch verbruik en 30% wordt vastgelegd in de eindproducten. Het deel van niet-energetisch verbruik dat van aardolie afkomstig is bedraagt 307 PJ en is weergegeven in tabel 2. De chemie gebruikt hiervan 262 PJ (cursief aangegeven). Met een aardolie verbruik van 337 PJ door de chemie volgt dat 78% van de door de chemie gebruikte aardolie wordt vastgelegd in eindproducten.

Tabel 2. Niet-energetisch gebruik van aardolie door de Nederlandse industrie

Industrietak	Energie gebruik [PJ]
Kunstmest	0
Organische basischemie	250
Basischemie+kunstvezels	0
Rest anorg. Basischemie	9
Chemische eindproducten	3
<i>Subtotaal chemie</i>	<i>262</i>
Glas, aardewerk, cement	1
Basis ferrometaal (staal)	0
Basis non-ferrometaal	3
Metaalproducten	15
Overig	30
Totaal	307

Biobased Economy info sheet

Ontwikkeling van de Nederlandse biomassahuishouding

Deze info sheet geeft een overzicht van de geschatte import, export en lokale productie van bruto biomassa in Nederland voor het jaar 2000. De gegevens komen uit de studie "Biomassa in de Nederlandse Energiehuishouding in 2030", L.P.L.M. Rabou, E.L. Deurwaarder, ECN en H.W. Elbersen, E.L. Scott, A&F, WUR, uitgevoerd in opdracht van het Platform Groene Grondstoffen.

In deze studie is een schatting gemaakt van de Nederlandse biomassa-import, -export en -productie. Hieruit kan berekend worden hoeveel biomassa netto in Nederland een eindbestemming heeft. Deze biomassa wordt waarschijnlijk vooral in CO₂ omgezet, langdurig vastgelegd in duurzame producten of bodem of (als slib) afgevoerd via de waterwegen. Deze hoeveelheden vormen een startpunt voor het maken van schattingen van de hoeveelheid biomassa die vrij te maken is voor de biobased economy.

Totale biomassa import en export

De totale import van biomassa in 2000 bedroeg ruim 52 miljoen ton, equivalent aan 33 miljoen ton droge stof. Door een schatting te maken van de energie-inhoud van de verschillende stromen kan dit worden uitgedrukt in energie: 620 PJ (1 PJ is 10¹⁵ J). De totale export van biomassa uit Nederland in 2000 bedraagt 405 PJ. De bijdrage van de verschillende stromen aan import en export is weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. De geschatte in- en export van biomassa in Nederland in het jaar 2000.

	Import Totale massa	Droge stof	Energie	Export Totale massa	Droge stof	Energie
	— Miljoen ton —	— PJ —	— Miljoen ton —	— PJ —		
Vee, vis en zuivel	3.00	0.60	12	5.03	1.01	20
Groente en fruit	6.38	0.64	10	5.86	0.59	9
Granen	6.41	5.45	98	0.63	0.54	10
Producten van de meelindustrie	0.65	0.59	11	1.28	1.15	21
Oliehoudende zaden	7.13	6.78	136	1.85	1.75	35
Vetten en Oliën	2.28	2.28	68	2.24	2.24	67
Suiker en cacao	1.93	1.93	39	1.86	1.86	37
Bereidingen voedsel	1.95	0.98	18	3.07	1.53	28
Resten en afval voedingsindustrie	8.95	2.68	43	9.31	2.79	45
Hout en pulp	7.01	6.31	114	3.46	3.12	56
Papier en karton	4.09	3.68	59	3.88	3.49	56
Andere biomassa	2.02	0.92	14	4.30	1.45	22
Totaal:	51.80	32.82	620	42.75	21.50	405
Import overschot:	9.05	11.32	215	-	-	-

Nederlandse biomassaproductie

In tabel 2 wordt een schatting gegeven van de totale biomassa productie op basis van het bodemgebruik in 2000 en in 2030. De schatting is gemaakt door oppervlakte te vermenigvuldigen met de "oogstbare" biomassaopbrengst per ha. We zien dat in 2000 in totaal zo'n 31 miljoen ton biomassa in Nederland geproduceerd werd; in 2030 zou dit kunnen oplopen tot 36 miljoen ton per jaar. Landbouw is met een bruto oppervlakte van meer dan 2,3 miljoen ha de grootste biomassa-producent met 28 miljoen ton biomassa wat equivalent is aan 628 PJ. Hoewel de verwachting is dat de oppervlakte met zo'n 15% zal afnemen tot 2030 neemt de productie iets toe door productiviteitsstijging per ha. Tegelijkertijd zal de oppervlakte natuur toenemen. Dit proces is in Nederland al in gang gezet (zie de EHS en proces in het veenweidegebied).

Tabel 2. Schatting van de Nederlandse biomassaproductie op basis van bodemgebruik in 2000 en zoals verwacht voor 2030.

	2000			2030		
Oppervlakte	Oppervlak	Biomassa productie	Energie	Oppervlak	Biomassa productie	Energie
	10 ³ ha	ton DS/ha.jr	PJ/jr	10 ³ ha	ton DS/ha.jr	PJ/jr
Verkeer, (semi)-bebouwd	480	0,755	12,9	524	838	14,3
Recreatie	89	0,267	4,5	130	456	7,8
Landbouw	2.326	27,912	474,5	2.004	32,064	545,1
Bos en natuur	483	1,691	28,7	579	2,315	39,4
Binnenwater	357	0,357	6,1	498	498	8,5
Buitenwater	417	0	0	417	0	0,0
Totaal	4.153	30,982	526,7	4.152	36,172	627,8

Balans

Lokale biomassa productie en import zijn samen 32,8 + 31 = 63,8 miljoen ton biomassa equivalent aan 1147 PJ per jaar in 2000. Hiervan blijft zo'n 11,3 + 31 = 42,3 Mton of 742 PJ per jaar achter in Nederland. Hoewel dit een zeer grote hoeveelheid biomassa voor zo'n kleine oppervlakte is is het maar een fractie van de totale energiebehoefte van Nederland die voor het jaar 2000 3065 PJ bedroeg. Toch zal het mogelijk en nodig zijn om van deze hoeveelheid biomassa een steeds groter deel beschikbaar te maken om fossiele grondstoffen te vervangen. De efficiëntie waarmee deze biomassa in te zetten is voor energieproductie is nu nog lager dan bij fossiele grondstoffen. Het opzetten van een efficiënte infrastructuur kan dit verschil verkleinen. Denk hierbij aan inzet van bijproducten en afval van de industrie en van onderhoud van het landschap. De komende jaren moeten afwegingen worden gemaakt om dit mogelijk te maken.

1 Petajoule komt overeen met 31,60 miljoen m³ aardgas of 277 miljoen kWh elektriciteit.

Biobased Economy info sheet

Kleinschalige verbranding van biomassa

Kleinschalige verbranding van biomassa is sinds kort van belang voor verwarming van ruimtes of opwarmen van water. Deze info sheet geeft informatie over gebruikte brandstoffen, biomassaketels, toepassingsmogelijkheden en milieu-effecten.

Gebruik is gemaakt van de ASG-rapporten 'Energiebesparing met alternatieve verwarmingssystemen in de vleeskuikenhouderij' en 'Opties voor duurzame energieproductie in de biologische landbouw'

Verbranding

Directe verbranding van biomassa is veruit de meest toegepaste vorm van biomassaconversie. Wereldwijd zijn miljarden mensen afhankelijk van biomassaverbranding voor hun dagelijkse energievoorziening. Echter, ook in vele industrieën wordt biomassa verbrand voor de productie van proceswarmte, stoom en/of elektriciteit (papier- en pulpindustrie, houtverwerkende industrie, suikerindustrie) en ook wordt biomassa in toenemende mate bij- of meegestookt door energiebedrijven. Bij het verbrandingsproces moet er ruim voldoende zuurstof aanwezig zijn, in ieder geval genoeg om biomassa totaal om te zetten in water en koolstofdioxide.

Alternatieve energie

Aardgas en aardolie zijn eindige energiebronnen. Door de stijgende prijzen en de verwachting dat ze niet veel meer zullen dalen, zijn particulieren en bedrijven op zoek naar alternatieve bronnen ofwel hernieuwbare energie. Het gaat vooral om duurzame brandstoffen zoals hout (geteeld hout, snoeihout of sloophout) stro, gras en graan die in een biomassa CV-ketel kunnen worden verstoofd. De ketel levert warm water voor de centraleverwarming en/of warmwatervoorziening.

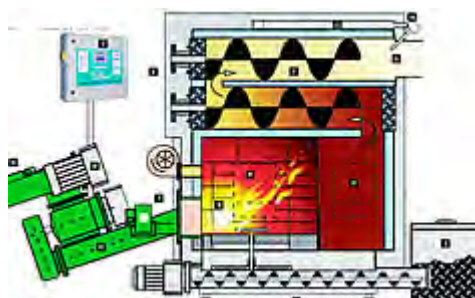
Ideale brandstoffen

De meest ideale brandstof is geperst hout (houtpellets) of houtsnippers. Hout bevat geen of zeer weinig milieuonvriendelijk materiaal waardoor de asresten per definitie geen schade kunnen veroorzaken. Het hout kan afkomstig zijn van geteeld hout (wilg, populier, els) of van gebruikt hout. Het energiegehalte is hoog (17-19 GJ/ton droog materiaal). De asresten zijn laag (0,5 tot 1%). Hoofdbestanddeel van deze assen is calcium, andere bestanddelen zijn ijzer, kalium, magnesium, mangaan, natrium en fosfor. De meeste van deze elementen stammen uit het verbrande hout zelf, met uitzondering van ijzer. Houtpellets worden overal gemaakt. Ook in Nederland zijn voldoende pellets beschikbaar. De pellets kunnen in bulk, maar ook in handzame zakken geleverd worden van 16 tot 25 kg. Miscanthus of olifantsgras wordt ook gebruikt als brandstof. Het energiegehalte per ton ligt op

hetzelfde niveau als bij hout. Het asgehalte is hoger (ca. 3%). Miscanthus geeft een hoge opbrengst per hectare (15 ton ds/ha/jaar) en de teelt kan gebeuren in eigen beheer.

Biomassa ketels

Het verbrandingsprincipe van een biomassaketel is in grote lijnen gelijk aan die van een HR-ketel: Thermische energie wordt overgedragen aan een waterleidingsysteem. Computergestuurde verbrandingsinstallaties op houtpellets of houtsnippers voeren de brandstof automatisch van de opslag naar de kachel. Het rendement van dergelijke systemen is >90%. De kachels zijn voorzien van een automatische ontsteking en automatische reiniging van de warmtewisselaar. De verbranding is optimaal bij schone brandstof. De as wordt automatisch uit de installatie geschroefd.



Toepassing

In de intensieve veehouderij (vleeskalver-, vleeskuiken- en varkenshouderij) wordt al veel gebruik gemaakt van vervanging van fossiele brandstoffen door hernieuwbare brandstoffen. Naast houtpellets, houtsnippers wordt ook vers snoeihout en opgeschoond sloophout gebruikt. De biomassaketels zijn volledig geautomatiseerd en bieden hetzelfde comfort als een gas- of oliegestookte ketel. Vanwege de samenstelling kunnen asresten dienst doen als meststof.

Milieu-effecten

Hernieuwbare brandstoffen verschillen op twee belangrijke aspecten van fossiele brandstoffen:

- Het voordeel van hernieuwbare brandstoffen is dat totaal gezien de uitstoot van CO₂ gereduceerd wordt. Weliswaar wordt bij de verbranding van duurzame brandstoffen CO₂ geproduceerd, maar dit wordt grotendeels of volledig gecompenseerd door vastlegging van CO₂ bij de productie van die brandstoffen. De reductie is vaak 80 tot 90%.
- Verbranding van biomassa geeft ten opzichte van bijvoorbeeld gas veel meer uitstoot van stof. Sinds eind 2007 is er een nieuw ontworpen warmtewisselaar op de markt die 80% van het stof kan vangen.

Biobased Economy info sheet

Waterstof uit biomassa

Deze info sheet beschrijft de mogelijkheden en huidige ontwikkelingen op het gebied van waterstofproductie uit biomassa.

Waarom waterstof

Waterstof wordt steeds gezien als energiedrager van de toekomst. De redenen hiervoor zijn het ontbreken van CO₂ emissie bij het gebruik van waterstof én de ontwikkelingen op het gebied van brandstofcellen die een hoog rendement bereiken wanneer ze met waterstof worden gevoed.

Mogelijke productieroutes

De huidige productie van waterstof is gebaseerd op fossiele grondstoffen en daarmee niet duurzaam. Er zijn daarom nieuwe productie systemen voor waterstof nodig. Deze zijn gebaseerd op het gebruik van hernieuwbare grondstoffen. Bij het gebruik van energie van zon of wind wordt 'groene elektriciteit' omgezet in waterstof door elektrolyse van water. De geproduceerde waterstof kan in de chemische industrie worden gebruikt, of, wanneer gewenst, voor elektriciteit met behulp van een brandstofcel. Op deze wijze kan een buffersysteem voor een surplus aan 'groene elektriciteit' worden gemaakt. Hetzelfde geldt voor primaire energiebronnen als waterkracht en geothermische energie.

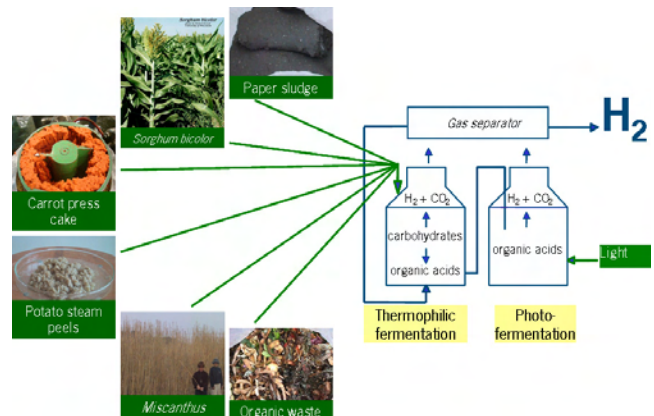
Waterstof uit biomassa

Voor de productie van waterstof uit biomassa zijn er twee opties: thermochemisch of biologisch. Welk productie systeem de voorkeur heeft wordt met name bepaald door het droge stof gehalte van de grondstof. Beide opties, inclusief in combinatie, worden momenteel in Nederland en daarbuiten verder ontwikkeld. Het thermochemische proces is vooral van betekenis bij de omzetting van droge biomassa in grootschalige bioenergieplants. Het biologische productie systeem heeft als groot voordeel dat reststromen uit de agro-industrie die door hun lage droge stofgehalte moeilijk op andere wijze nuttig toe te passen zijn, gebruikt kunnen worden. Deze biologische route levert zuivere waterstof, en is ook geschikt voor toepassing op kleine schaal, bijvoorbeeld in de buurt van de locatie waar biomassa geproduceerd wordt.

De biologische conversieroute

In diverse projecten wordt op dit moment een tweetraps bioproces voor de biologische conversie van biomassa tot waterstof (en methaan) bestudeerd. De eerste trap in deze biologische conversie bestaat uit een fermentatie van grondstoffen met thermofiele (warmteminnende) bacteriën waarbij waterstof, CO₂ en azijnzuur wordt geproduceerd. Diverse grondstoffen (bijproducten uit de agro-industrie en energiegewassen) kunnen hiervoor worden gebruikt (zie figuur).

Om het proces goed te laten verlopen is het meestal nodig de biomassa eerst om te zetten in fermenteerbare suikers. Voor een zo hoog mogelijk rendement moet het bijproduct azijnzuur tijdens een tweede trap verder worden omgezet. Hiervoor worden twee biologische conversies bestudeerd: fermentatie naar waterstof, in een fotobioreactor waarvoor licht nodig is, of fermentatie met als eindproduct methaan, zoals in de conventionele biogas productie. De route naar methaan wordt onderzocht omdat de ontwikkeling van fotobioreactoren een zaak voor de langere termijn is en grote oppervlaktes eist.



Schematisch overzicht van het tweetraps fermentatief proces voor de productie van waterstof uit biomassa(rest)stromen

Economische randvoorwaarden

Op basis van aardappel stoomschillen is een techno-economische evaluatie gemaakt. De naar verwachting te realiseren productie kosten voor waterstof uit biomassa zijn geschat op € 3.10/ kg H₂. Dit komt overeen met € 30/GJ H₂.

Prognose

In januari 2006 is een EU KP-6 project gestart waarin de biologische productie van waterstof uit biomassa bestudeerd wordt. Hierin participeren 22 partners verspreid over academia, industrie en kennisinstellingen in de EU, Turkije en Zuid Afrika. De doelstelling van dit project is een blauwdruk te ontwikkelen voor een industrie waar waterstof met een kostprijs van € 10/GJ H₂ geproduceerd wordt. Als geschikte grondstoffen in de EU-25 zijn inmiddels suikerbietensap, aardappelstoomschillen, bran van tarwe en residuen uit de bierproductie geselecteerd. De thermofiele fermentatie heeft hoge opbrengsten aan waterstof opgeleverd terwijl dit bij de fotofermentatie nog enigszins beperkt is geweest. Hier is vooral vooruitgang geboekt op het vlak van reactor ontwerp.

Meer informatie: www.hyvolution.nl

BIOMASSA RESTSTROMEN DIER

Biobased Economy info sheet

(Co)vergisten van mest op het veehouderijbedrijf

Mestvergisting is het laatste decennium in opkomst op het veehouderijbedrijf. Deze info sheet geeft informatie over het vergistingsproces, de geleverde producten en de milieueffecten

Mestvergisting

Bij mestvergisting wordt de organische stof in mest door bacteriën omgezet in biogas. Mestvergisting vindt plaats in elke mestopslag, maar in een mestvergister gebeurt dit onder gecontroleerde omstandigheden. Het geproduceerde gas wordt dan opgevangen in een gasopslag boven de vergister. Biogas bestaat gemiddeld uit 60% methaan en 40% koolstofdioxide. Dit brandbare gas is te gebruiken voor opwekking van elektriciteit. De stroom kan men terugleveren aan het elektriciteitsnet/energieleverancier of gebruiken op het eigen bedrijf.

Digestaat

Na vergisting blijft vergiste mest over, ook wel digestaat genoemd. Deze mest is prima als meststof te gebruiken. Door de afbraak van organische stof bevat het digestaat circa 25% minder organische stof dan de oorspronkelijke mest. De mest wordt dunner, maar alle mineralen (zoals stikstof, fosfaat, kalium) blijven in de vergiste mest aanwezig.

Door het vergistingsproces is een deel van de organisch gebonden stikstof omgezet in minerale stikstof. Daardoor is de stikstof in de mest sneller opneembaar voor de plant. Daarmee lijkt het meer op kunstmest en kan het tevens een besparing in het kunstmestgebruik geven.

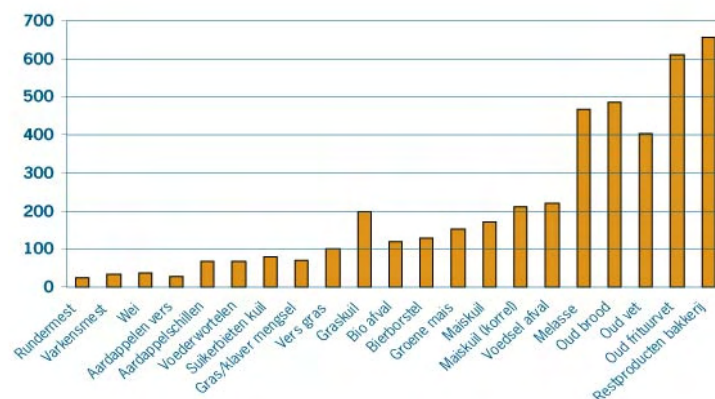
Verwarmen

De meeste vergisters voor veehouders zijn mesofiele vergisters. Deze vergisters verwarmen mest tot 37 °C om het vergistingsproces sneller te laten verlopen. Bij de thermofiele vergisting verloopt het proces nog sneller, omdat de mest hierbij wordt verwarmd tot 55 °C. Thermofiele vergisting heeft het voordeel dat de mest korter in de vergister hoeft te blijven (10 à 20 dagen) dan bij mesofiele vergisting (15 à 40 dagen).

Gasopbrengst

De gasopbrengst is te verhogen door cosubstraten (zoals maïs of graskuil) en mest gezamenlijk te laten vergisten. Door het toevoegen van cosubstraten aan de mest verandert de wettelijke naamgeving van mest in afvalstof.

Het Ministerie van LNV heeft echter een positieve lijst opgesteld met cosubstraten die een ontheffing krijgen om te worden toegevoegd aan de mest. Het mengsel van mest en cosubstraat blijft dan dierlijke mest heten.



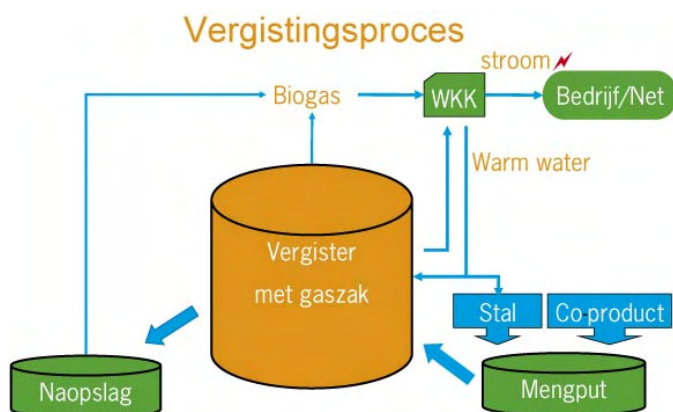
Figuur 2: Biogasopbrengst in m³/ton organische stof

Geurhinder

Door vergisting van mest breekt ook een deel van de geurstoffen af. Daardoor is de geur van vergiste mest of digestaat minder sterk dan van verse mest. Bij het uitrijden van digestaat leidt dit tot minder geurhinder voor de omgeving. De noodzaak om de mest emissiearm aan te wenden blijft echter bestaan.

Duurzame energie

Met biogas kan duurzame, groene energie worden opgewekt. Mestvergisting draagt daarmee bij aan de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen (Kyoto-verdrag)



Figuur 1: Vergistingsproces

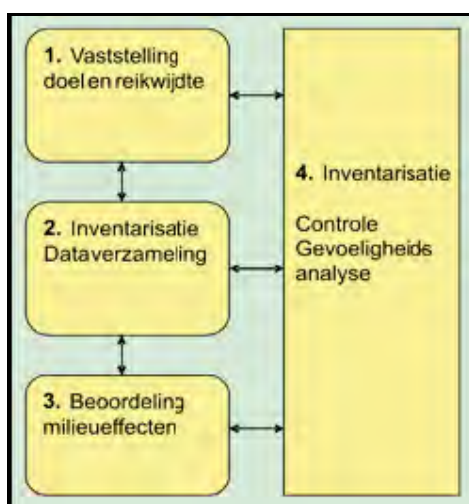
Biobased Economy info sheet

Covergisting van mest: Levenscyclusanalyse (LCA)

Levenscyclusanalyse (LCA) is een wereldwijd erkende methode om de milieubelasting van verschillende vormen van bio-energie in kaart te brengen. LCA draagt hierdoor bij aan een duurzame samenleving; de toekomstige Biobased Economy. Deze info sheet geeft informatie over de LCA berekening gerelateerd aan covergisting van mest voor de productie van biogas.

Levenscyclusanalyse

LCA is een analysemethode die de milieubelasting van producten en diensten over hun levensloop kwantificeert. Hierbij worden de verschillende stadia (grondstofwinning, productie, transport, gebruik en afvalverwerking) nauwkeurig in kaart gebracht. Voor elk stadium wordt een inventarisatie gemaakt van het energie- en materiaalverbruik en van de emissies naar de omgeving. LCA kan hierdoor gebruikt worden voor product- of dienstvergelijking, identificatie van de grootste milieuproblemen in de keten van een product, of het identificeren en beoordelen van verbeteropties, door de milieubelasting van toekomstige productiesystemen te bepalen. De uitkomsten van een LCA geven een indicatie aan beleidsmakers of de juiste wegen zijn ingeslagen en om nieuwe richtingen te bepalen. De uitvoering van een LCA bestaat uit de volgende vier fasen:



Bij de uitvoering van een LCA loopt een onderzoeker tegen de volgende keuzes aan die van invloed zijn op de resultaten

- Systeemgrenzen
- Milieueffect categorieën
- Verdeling van milieubelasting indien sprake is van een multifunctioneel proces (allocatie of uitbreiding systeemgrenzen)

Voorbeeldcase: Covergisting van dierlijke mest

Bij mestvergisting wordt de organische stof in mest door bacteriën omgezet in biogas. De toevoeging van zogeheten cosubstraten verhoogt de biogasproductie. Er vindt een verschuiving plaats van het gebruik van gewassen specifiek geteeld voor energieproductie naar het gebruik van reststromen, (bijvoorbeeld uit de voedingsindustrie) als covergistingsmateriaal.



Er zijn verschillende afgesloten en lopende LCA-onderzoeken die de milieubelasting van biogasproductie uit mest in kaart brengen. De afgeronde onderzoeken tonen aan dat covergisting van mest de emissie van broeikasgassen reduceert ten opzichte van het gebruik van fossiele energie. Deze uitkomsten zijn conform internationaal onderzoek. Daarentegen is het gebruik van landbouwgronden voor energieproductie ongewenst, omdat deze de plaats van gewassen voor voedingsdoeleinden inneemt. Het gebruik van reststromen wordt daarom aanbevolen.

In hoeverre is biogas uit covergisting van mest duurzaam?

De meeste LCA onderzoeken laten zien dat het broeikas effect flink daalt vergeleken met het gebruik van fossiele energie, maar dat het landgebruik toeneemt als gevolg van energieproductie door covergisting van mest. De milieubelasting bepaling hangt af van de keuze en kwaliteit van het comateriaal, omzettingsefficiëntie en vele andere factoren. Daarnaast zijn uitkomsten van LCA onderzoeken zeer gevoelig voor de keuzes die worden gemaakt ten aanzien van systeemgrenzen, milieueffecten en verdeling van milieubelasting. Milieubelasting bepaling met behulp van een LCA raakt slechts één pijler van duurzaamheid, de P van Planet. LCA onderzoek geeft daardoor slechts ten dele inzicht in hoeverre energieproductie uit covergisting van dierlijke mest duurzaam is.

Meer informatie op:

LCA werkwijze: www.epa.gov/nrmrl/lcaccess
Biogasproductie: www.eu-agrobiogas.net
LCA studies bio-energie: www.esu-services.ch/bioenergy.htm en www.senternovem.nl/gave/co2_tool

DIERVOEDING

Biobased Economy info sheet

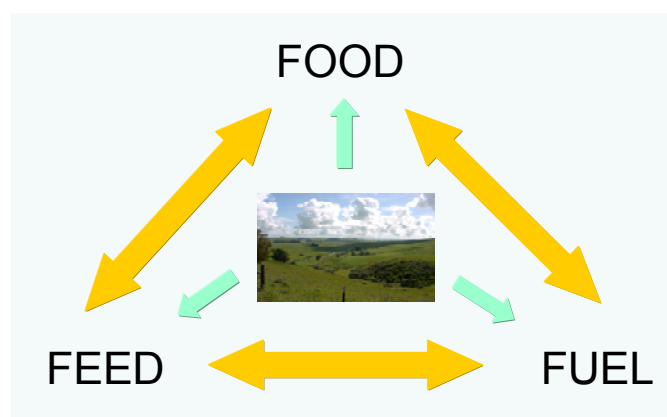
Duurzaamheid diervoeding: Feed vs Food or Fuel

Biomassaproductie ten behoeve van diervoeding (Feed) komt ook in het spanningsveld van de biobased economy terecht. Feed concurreert om biomassa met andere doelen, m.n. voedsel (Food) en bio-energie (Fuel). De concurrentie speelt zich af op basis van biomassa als grondstof alsook het landgebruik. Deze concurrentie zal voorlopig blijven bestaan ondanks dat er nog veel winst is te behalen om in de wereld de biomassaproductie te verhogen.

Biobased economy

De bron van de biobased economy en de productie van biomassa is de fotosynthese met de kracht van de zon. Biomassa kan omschreven worden als organisch materiaal dat grondstof is voor warmte, elektriciteit, brandstoffen, chemicaliën, producten en diervoeders, en niet direct gebruikt wordt voor voedseldoeleinden. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen gewassen en reststromen. Gewassen kunnen suikergewassen zijn, zetmeelgewassen of houtachtige meerjarige gewassen. Reststromen zijn primaire reststromen die vrijkomen bij de oogst of secundaire reststromen die vrijkomen na industriële processen.

toenemen en daarmee de vraag naar diervoeders. Zolang er nog onvoldoende energie uit andere hernieuwbare bronnen dan biomassa wordt geproduceerd zal er gebruik worden gemaakt van energieproductie uit biomassa.



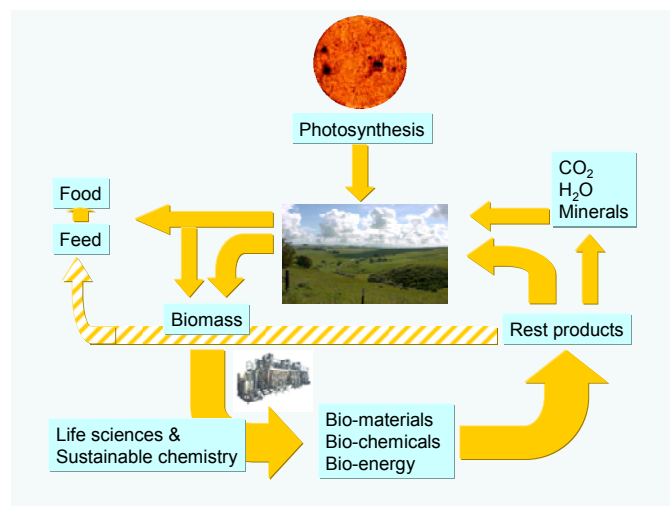
Onderzoeksvragen

Naast actueel onderzoek rondom het verhogen van productie en benutting van biomassa door nieuwe technologieën, zijn er onderzoeksvragen die betrekking hebben op diervoeding:

- Nieuwe gewasteelten in NL en EU
- Voederwaardering van biomassastromen voor gebruik als diervoeder, m.n. reststromen uit de levensmiddelenindustrie, de productie van biobrandstoffen, de natuur en uit microbiologische biomassa dat overblijft na industriële processen.
- Duurzaamheid van biomassastromen en diervoeding
- Scenariostudies naar verwachte ontwikkelingen in:
 - Welvaart en consumptiepatronen
 - Biomassastromen en de gevolgen
 - Feed vs Food or Fuel.

Duurzame diervoeding

Duurzaamheid is een dynamisch concept dat onderhevig is aan veranderende omstandigheden. De algemeen geaccepteerde basis om duurzaamheid te evalueren zijn de 3 P's: People, Planet, Profit. Om de duurzaamheid van diervoeding te evalueren gaat het om het land van herkomst als ook om de verwerking en aanwending van biomassa, een zogenaamde ketenanalyse. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de criteria van duurzame productie van biomassa (Cramer-criteria) en de criteria die gericht zijn op diervoeding en dierlijke productie, zoals dierwelzijn, diergezondheid en milieuaspecten.



Concurrentie ontwikkelingen

De verwachting is dat de vraag naar en de concurrentie om biomassa en haar landgebruik zal stijgen door de toename van de wereldbevolking en de vraag naar meer hernieuwbare (niet fossiele) energie.

De vraag naar voedsel wordt niet alleen meer, maar verandert ook door de welvaartsstijging in verschillende delen van de wereld. Hierdoor zal de vraag naar voedsel van dierlijke oorsprong

GEWASSEN

Biobased Economy info sheet

Miscanthus voor bioenergie

Deze info sheet bevat de resultaten van een aantal opties om Miscanthus te gebruiken voor de productie van bio-energie. Voor de berekeningen is het instrument E-CROP gebruikt, dat door Plant Research International is ontwikkeld voor de beoordeling van gewas-energieketens. De hier gepresenteerde resultaten beperken zich tot de directe energie- en broeikasgasbalans.

Teelt

De uitgangspunten voor de teelt en opbrengsten die zijn gebruikt staan in tabel 1.

Tabel 1. Parameterwaarden voor de teelt van Miscanthus in Nederland.

Parameter	Eenheid	Gemiddelde waarde
Opbrengst in voorjaar	ton/ha droge stof	12.6 ^{a,b}
N-gift, totaal (werkzaam N)	kg/ha N	50
P-gift, totaal	kg/ha P2O5	30
K-gift, totaal	kg/ha K2O	80

^a: gebaseerd op een opbrengst in het najaar van 20 ton/ha bij een volledig ontwikkeld gewas en 10% verlies als gevolg van minder productieve jaren respectievelijk 30% afname bij oogsten in het voorjaar ten opzichte van het najaar.
^b: met 17 MJ/kg drogestof is de totale verbrandingswaarde gelijk aan 214 GJ per ha.

Verwerkingsopties

Drie opties van verwerking van de biomassa zijn doorgerekend.

1. Productie van ethanol; restanten worden verbrand voor de productie van elektriciteit
2. Productie van Fischer-Tropsch diesel; restanten worden verbrand voor de productie van elektriciteit.
3. Productie van elektriciteit door verbranding van de biomassa in een biomassacentrale.

Energie- en broeikasgasbalans

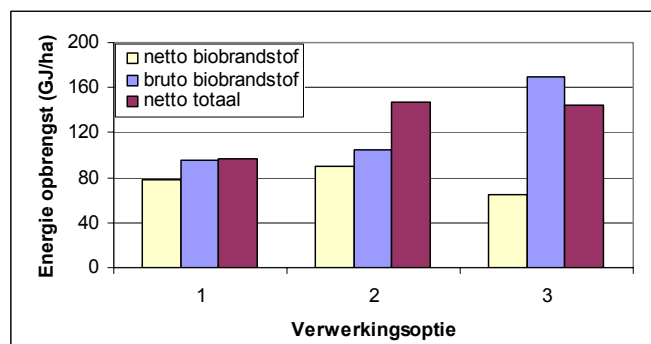
Enkele berekende waarden van de energiebalans staan in figuur 1 en tabel 2.

Enkele berekende waarden van de broeikasgasbalans staan in figuur 2 en tabel 2.

Tabel 2. Rendementen (netto totaal/bruto biobrandstof).

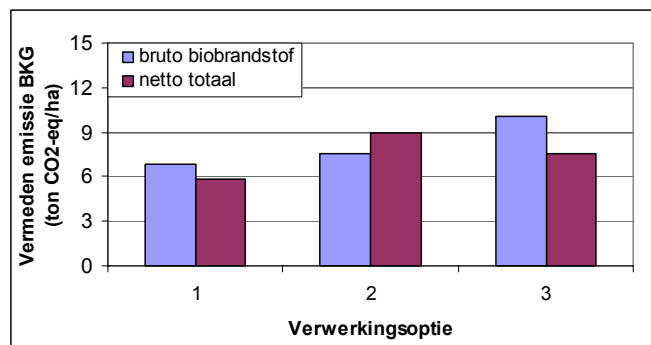
Optie	1	2	3
Energie rendement	1.02	1.44	0.85
Reductie BKG rendement	0.84	1.19	0.76

BKG=broeikasgassen



Figuur 1. De energie opbrengst uitgerekend voor de drie opties

- Netto biobrandstof = verbrandingswaarde van bio-energieproductie
- Bruto biobrandstof = netto biobrandstof plus indirecte energie van vervangen fossiele transportbrandstof
- Netto totaal = totaal netto vermeden fossiele energie, inclusief restanten



Figuur 2. De hoeveelheid vermeden CO₂-eq. emissie uitgerekend voor de drie opties

- Bruto biobrandstof = totaal vermeden BKG door vervangen fossiele brandstof
- Netto totaal = totaal netto vervangen BKG

Conclusies

Bij de opties 1 en 2 (productie van transportbrandstof) veroorzaakt de inzet van de restanten hoge rendementen voor zowel energie als broeikasgas reductie, omdat er relatief veel restant is ten opzichte van de geproduceerde brandstof. Bij optie 3 zijn de rendementen lager omdat de bruto biobrandstof dan gebaseerd is op de conversie van totale biomassa opbrengst. Maximaal wordt er in optie 2 netto bijna 9 ton broeikasgas emissie per ha vermeden.

Biobased Economy info sheet

Winterkoolzaad voor biodiesel

Deze info sheet bevat de resultaten van een aantal opties om winterkoolzaad te gebruiken voor de productie van biodiesel. Voor de berekeningen is het instrument E-CROP gebruikt, dat door Plant Research International is ontwikkeld voor de beoordeling van gewas-energieketens. De hier gepresenteerde resultaten beperken zich tot de directe energie- en broeikasgasbalans.

Teelt

De uitgangspunten voor de teelt en opbrengsten die zijn gebruikt staan in tabel 1.

Tabel 1. Parameterwaarden voor de teelt van winterkoolzaad in Nederland (bron: KWIN, 2006).

Parameter	Eenheid	Gemiddelde waarde 2000-2005
Zaadopbrengst	kg/ha ^a	4000 ^b
stro-opbrengst	kg/ha ^a	2500 ^b
N-gift, totaal (werkzaam N)	kg/ha N	180
P-gift, totaal	kg/ha P2O5	0
K-gift, totaal	kg/ha K2O	0

^a: met een vochtgehalte van 15% (zaad) en 17% (stro).

^b: met 27.6 en 17 MJ/kg drogestof voor zaad respectievelijk stro is de totale verbrandingswaarde gelijk aan 129 GJ per ha.

Verwerkingsopties

Vier opties voor de verwerking van zaad en stro zijn doorgerekend:

1. Productie van biodiesel uit zaad; zowel bijproducten (koolzaadmeel en glycerine) als het stro worden verkocht.
- 2a. Optie 1 met verbranding van bijproducten (meel en glycerine); de energie wordt intern gebruikt.
- 2b. Optie 1 met productie van elektriciteit door verbranding van het stro in een biomassa-centrale.
3. Combinatie van de opties 2a en 2b.

In de gangbare praktijk wordt het stro, afhankelijk van de marktprijs, deels afgevoerd en blijft het deels achter op het land en wordt ondergeploegd.

Energiebalans en broeikasgasbalans

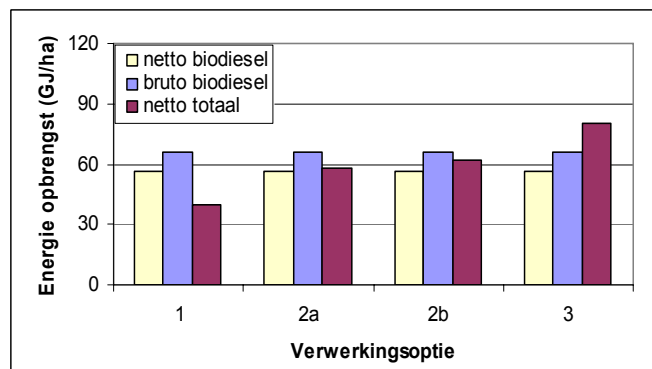
Enkele berekende waarden van de energiebalans staan in figuur 1 en tabel 2.

Enkele berekende waarden van de broeikasgasbalans staan in figuur 2 en tabel 2.

Tabel 2. Rendementen (netto totaal/bruto biodiesel).

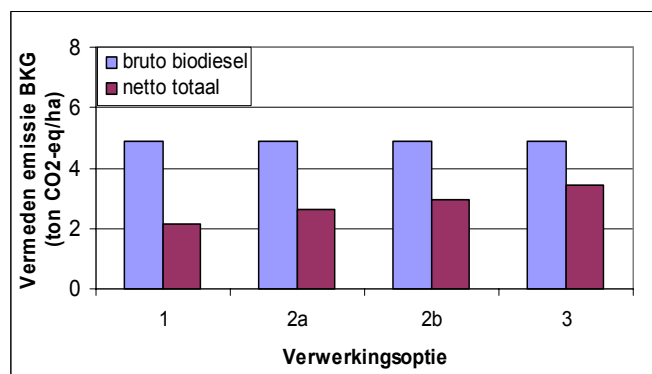
Optie	1	2a	2b	3
Energie rendement	0.60	0.88	0.95	1.22
Reductie BKG rendement	0.44	0.54	0.60	0.70

BKG=broeikasgas



Figuur 1. De energie opbrengst uitgerekend voor de vier opties

- Netto biodiesel = verbrandingswaarde van biodieselproductie
- Bruto biodiesel = netto biodiesel plus indirecte energie van vervangen fossiele transportbrandstof
- Netto totaal = totaal netto vermeden fossiele energie, inclusief bij- en restproducten



Figuur 2. De hoeveelheid vermeden CO₂-eq. emissie uitgerekend voor de vier opties

- Bruto biodiesel = totaal vermeden BKG door vervangen fossiele vervoersbrandstof
- Netto totaal = totaal netto vervangen BKG

Conclusies

Bij optie 1 wordt er minder dan 50% broeikasgas emissie vermeden. Verbranden van koolzaadmeel en glycerine en/of verbranden van stro kunnen aanzienlijk bijdragen aan de energie en broeikasgasbalans, waardoor de rendementen sterk omhoog gaan (opties 2a&b en 3). Het energierendement kan boven de 100% uitkomen door inzet van deze bij- en restproducten (optie 3). Maximaal wordt er in optie 3 netto bijna 3.5 ton broeikasgas emissie per ha vermeden.

Biobased Economy info sheet

Wintertarwe voor bioethanol

Deze info sheet bevat de resultaten van een aantal opties om wintertarwe te gebruiken voor de productie van bioethanol. Voor de berekeningen is het instrument E-CROP gebruikt, dat door Plant Research International is ontwikkeld voor de beoordeling van gewas-energieketens. De hier gepresenteerde resultaten beperken zich tot de directe energie- en broeikasgasbalans.

Teelt

De uitgangspunten voor de teelt en opbrengsten die zijn gebruikt staan in tabel 1.

Tabel 1. Parameterwaarden voor de teelt van wintertarwe in Nederland (bron: KWIN, 2006).

Parameter	Eenheid	Gemiddelde waarde 2000-2005
Korrelopbrengst	kg/ha ^a	8400 ^b
stro-opbrengst	kg/ha	4300 ^b
N-gift, totaal (werkzaam N)	kg/ha N	192
P-gift, totaal	kg/ha P2O5	7
K-gift, totaal	kg/ha K2O	31

^a: met een vochtgehalte van 15% (korrel) en 17% (stro)

^b: met 17 MJ/kg drogestof is de totale verbrandingswaarde gelijk aan 182 GJ per ha.

Verwerkingsopties

Vier opties van verwerking van korrel en stro zijn doorgerekend.

1. Productie van ethanol uit de korrel; bijproducten (zemelen en DDGS (dried distillers grain & solubles)) en stro worden verkocht (bijv. als veevoer).
- 2a. Optie 1 met vergisting van bijproducten (zemelen en DDGS) tot biogas dat intern gebruikt wordt; het digestaat gaat terug naar het land.
- 2b. Optie 1 met productie van elektriciteit door verbranding van het stro in een biomassa-centrale.
3. Combinatie van de opties 2a en 2b.

In de gangbare praktijk wordt het stro, afhankelijk van de marktprijs, deels afgevoerd en blijft het deels achter op het land en wordt ondergeploegd. De optie met vergisting gaat uit van de productie van ongezuiverd biogas (geschikt voor een WKK installatie, nog niet geschikt voor het gasnet).

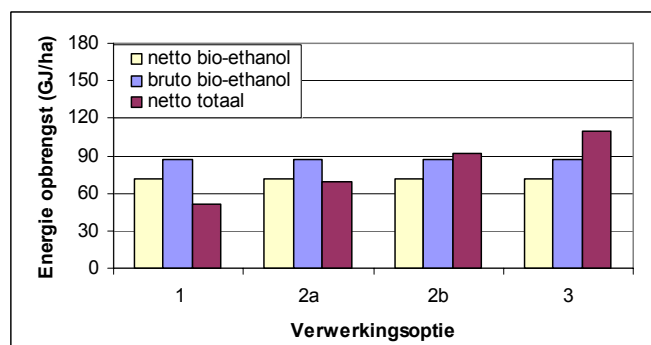
Energie- en broeikasgasbalans

Enkele berekende waarden van de energiebalans staan in figuur 1 en tabel 2. Enkele berekende waarden van de broeikasgasbalans staan in figuur 2 en tabel 2 (BKG=broeikasgas).

Tabel 2. Rendementen (netto totaal/bruto bioethanol).

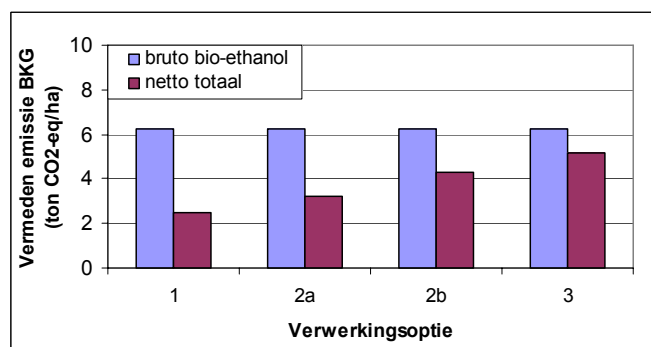
Optie	1	2a	2b	3
Energie rendement	0.59	0.80	1.05	1.26
Reductie BKG rendement	0.40	0.52	0.69	0.82

BKG= broeikasgassen



Figuur 1. De energie opbrengst uitgerekend voor de vier opties

- Netto bioethanol = verbrandingswaarde van bioethanolproductie
- Bruto bioethanol = netto bioethanol plus indirecte energie van vervangen fossiele transportbrandstof
- Netto totaal = totaal netto vermeden fossiele energie, inclusief bij- en restproducten



Figuur 2. De hoeveelheid vermeden CO₂-eq. emissie uitgerekend voor de vier opties

- Bruto bioethanol = totaal vermeden BKG door vervangen fossiele transportbrandstof
- Netto totaal = totaal netto vervangen BKG

Conclusies

Bij optie 1 wordt er minder dan 50% broeikasgas emissie vermeden. Vergisten van zemelen en DDGS en/of verbranden van stro kunnen aanzienlijk bijdragen aan de energie en broeikasgasbalans, waardoor de rendementen sterk omhoog gaan (opties 2a&b en 3). Het energierendement kan boven de 100% uitkomen door inzet van deze bij- en restproducten (opties 2b en 3). Maximaal wordt er in optie 3 netto ruim 5 ton broeikasgas emissie per ha vermeden.

Biobased Economy info sheet

Suikerbiet voor bioethanol

Deze info sheet bevat de resultaten van een aantal opties om suikerbiet te gebruiken voor de productie van bioethanol. Voor de berekeningen is het instrument E-CROP gebruikt, dat door Plant Research International is ontwikkeld voor de beoordeling van gewas-energieketens. De hier gepresenteerde resultaten beperken zich tot de directe energie- en broeikasgasbalans.

Teelt

De uitgangspunten voor de teelt en opbrengsten die zijn gebruikt staan in tabel 1.

Tabel 1. Parameterwaarden voor de teelt van suikerbieten in Nederland (bron: IRS).

Parameter	Eenheid	Gemiddelde waarde 2003-2007
Totale wortelopbrengst	ton/ha, incl. kop	74.0 ^a
Totale suikeropbrengst	ton/ha, incl. kop	12.5
Loofopbrengst, drogestof	ton/ha, schatting	5.0 ^b
N-gift, totaal (werkzaam N)	kg/ha N	131
P-gift, totaal	kg/ha P2O5	81
K-gift, totaal	kg/ha K2O	106

^a: met een vochtpercentage van 77% en 17 MJ/kg drogestof is de verbrandingswaarde van de biet gelijk aan 289 GJ per ha.

^b: de verbrandingswaarde van biet en blad is gelijk aan 374 GJ per ha.

Verwerkingsopties

Vier opties van verwerking van bieten en/of blad zijn doorgerekend:

1. Productie van ethanol uit bieten; het bijproduct perspulp wordt als veevoer verkocht. Blad blijft achter op het land.
- 2a. Optie 1 met vergisting van het bijproduct pulp tot biogas dat intern gebruikt wordt; het digestaat gaat terug naar het land.
- 2b. Optie 1 met productie van biogas door oogsten en vergisten van vers bietenblad; het digestaat gaat terug naar het land.
3. Combinatie van de opties 2a en 2b.

De opties met vergisting gaan uit van de productie van ongezuiverd biogas (geschikt voor een WKK installatie, nog niet geschikt voor het gasnet).

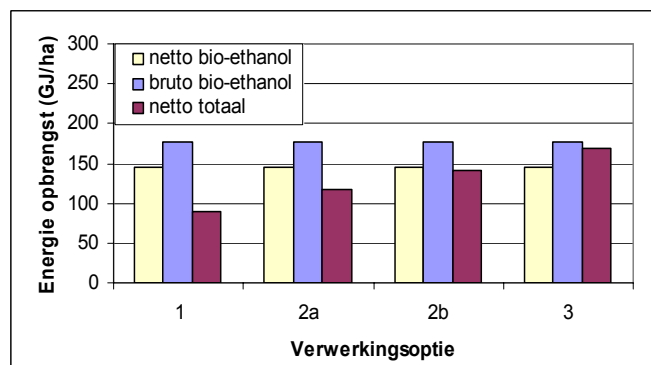
Energie- en broeikasgasbalans

Enkele berekende waarden van de energiebalans staan in figuur 1 en tabel 2. Enkele berekende waarden van de broeikasgasbalans staan in figuur 2 en tabel 2.

Tabel 2. Rendementen (netto totaal/bruto bioethanol).

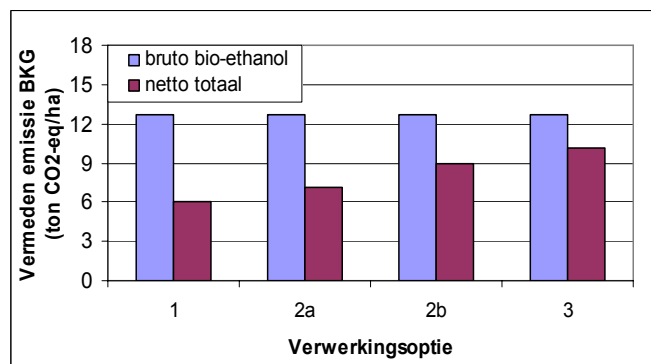
Optie	1	2a	2b	3
Energie rendement	0.51	0.67	0.80	0.96
Reductie BKG rendement	0.47	0.57	0.71	0.80

BKG=broeikasgassen



Figuur 1. De energie opbrengst uitgerekend voor de vier opties

- Netto bioethanol = verbrandingswaarde van bioethanolproductie
- Bruto bioethanol = netto bioethanol plus indirecte energie van vervangen fossiele transportbrandstof
- Netto totaal = totaal netto vermeden fossiele energie, inclusief bij- en restproducten



Figuur 2. De hoeveelheid vermeden CO₂-eq. emissie uitgerekend voor de vier opties

- Bruto bioethanol = totaal vermeden BKG door vervangen fossiele vervoersbrandstof
- Netto totaal = totaal netto vervangen BKG

Conclusies

De productie van ethanol uit suikerbieten heeft in optie 1 voor zowel energie als broeikasgas emissiereductie een rendement van circa 50%. Door het vergisten van perspulp en/of bietenblad kan een aanzienlijk deel van het aardgasverbruik in de verwerking van bieten worden vermeden en stijgen de rendementen significant (opties 2a&b en 3). Door het vergisten van pulp en blad wordt het energierendement bijna gelijk aan 100% (optie 3). Maximaal wordt er in optie 3 netto ruim 10 ton broeikasgas emissie per ha vermeden.