



Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie

Gewassen, processen, beleid

Paulien Harmsen, Steef Lips, Harriëtte Bos (Wageningen UR-Food and Biobased Research)
Bert Smit, Siemen van Berkum, John Helming, Roel Jongeneel (LEI Wageningen UR)

Augustus 2014



Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie

Gewassen, processen, beleid

Paulien Harmsen, Steef Lips, Harriëtte Bos (Wageningen UR-Food and Biobased Research)
Bert Smit, Siemen van Berkum, John Helming, Roel Jongeneel (LEI Wageningen UR)

Augustus 2014

Colofon

Titel	Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie; gewassen, proces, beleid
Auteur(s)	Paulien Harmsen, Steef Lips, Harriëtte Bos (Wageningen UR-Food and Biobased Research) Bert Smit, Siemen van Berkum, John Helming, Roel Jongeneel (LEI Wageningen UR)
Nummer	1494
ISBN-nummer	978-94-6257-059-7
Publicatiedatum	Augustus 2014
Vertrouwelijk	Nee
OPD-code	
Goedgekeurd door	-

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

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

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

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

Abstract

Suiker speelt een belangrijke rol in de biobased economy. Voor de chemische industrie kan suiker als vervanging dienen van fossiele grondstoffen voor de productie van chemicaliën en materialen zoals bioplastics. Door zeer veel partijen wordt er momenteel gewerkt aan de verdere ontwikkeling van een scala aan chemicaliën en materialen uit suikers. Dit rapport bestaat uit 2 delen: deel 1 beschrijft de potentiële vraag naar suikers voor de chemie, deel 2 beschrijft de bedrijfseconomische aspecten.

In deel 1 van dit rapport is een inventarisatie gemaakt van de technische aspecten van het gebruik van suikers door de chemische industrie. Suiker is een verzamelnaam voor verschillende grondstoffen en wordt in vele verschillende vormen gebruikt door de (voedsel) industrie. Suikergewassen zoals suikerbiet, suikerpalm en suikerriet zijn een bron van sacharose. Sacharose bestaat uit een molecuul glucose gebonden aan een molecuul fructose. Sacharose (kristalsuiker) kan worden omgezet in glucose en fructose, en dit is op de markt onder de naam invertsuiker (suikerstroop). Mais, tarwe en aardappels zijn een bron van zetmeel. Ook zetmeel kan worden omgezet tot glucose en fructose. Deze suikerstropen zijn op de markt onder de naam isoglucose of High Fructose Corn Syrup (HFCS). Tenslotte kan suiker worden geproduceerd uit cellulose en hemicellulose uit houtachtige gewassen (lignocellulose, tweede generatie). Kortom, suiker is in vele varianten beschikbaar en kan uit verschillende gewassen verkregen worden. Deze studie heeft tot doel om te kijken naar de meest efficiënte bron voor de productie van suiker voor de chemische industrie. Nevenstromen die worden geproduceerd op het land of die vrijkomen uit de voedselverwerkende industrie zijn grotendeels buiten beschouwing gelaten, maar vormen in een aantal gevallen ook een interessante grondstof voor de chemische industrie

In deze studie zijn de verschillende gewassen waaruit suikers kunnen worden geproduceerd in kaart gebracht en is een inschatting gemaakt van de efficiency van deze gewassen als suikerproducent. Voor de Nederlandse situatie is gekozen voor suikerbiet, wintertarwe, korrelmais en zetmeelaardappel. Uit de massabalans, uitgaande van 1 ton nat hoofdproduct, blijkt voren dat suikerbiet een zeer interessant gewas is als men kijkt naar de hoeveelheid suiker per hectare. Maar meer factoren spelen een rol zoals logistiek, teeltmogelijkheden in Nederland en verwaarding van nevenstromen. Per gewas kwam het volgende naar voren:

- Verwerking van suikerbieten is een mooi voorbeeld van bioraffinage; alle nevenstromen worden benut, met uitzondering van het bietenblad. Suiker wordt uit de biet geïsoleerd door middel van extractie en daarbij ontstaan suikeroplossingen (dunsap, diksap) die mogelijk zeer geschikt zijn als grondstof voor de chemische industrie. Verdere opwerking door herkristallisatie levert uiteindelijk de zuivere kristalsuiker die geschikt is voor humane consumptie.
- Granen zoals mais en tarwe zijn een bron van zetmeel. Dit zetmeel kan door middel van (enzymatische) hydrolyse worden omgezet in glucose/fructose stropen en kan ingezet

worden als grondstof voor de chemische industrie. Granen produceren naast graankorrels ook nog een aanzienlijke hoeveelheid stro (lignocellulose biomassa). Deze vindt vaak al toepassing in de vorm van feed of als bodembedekker maar kan ook worden omgezet tot bruikbare producten voor de biobased economy.

- Aardappels zijn, net als granen, een bron van zetmeel. Aardappelzetmeel wordt al veelvuldig toegepast in non-food applicaties. Productie van glucosestroop uit aardappels is technisch mogelijk maar ligt minder voor de hand. Het aardappelloof dat op het land achterblijft heeft weinig inhoudsstoffen meer en is in dat opzicht minder geschikt als grondstof.

Suikerstromen kunnen vervolgens worden omgezet naar chemische bouwstenen waarbij de kwaliteit/zuiverheid van de suikerstroom van grote invloed is op de omzettings-efficiëntie. Deze zal voor lignocellulose lager liggen dan voor suiker of zetmeel. Ook de massa-efficiëntie, de theoretische efficiëntie waarmee suikers kunnen worden omgezet tot een bepaalde bouwsteen, is van belang. Voor bijvoorbeeld ethanol kan maar 51% van de suiker worden omgezet naar ethanol omdat er naast ethanol ook nog CO₂ en water wordt gevormd; voor barnsteen zuur is dit 131% omdat CO₂ wordt ingebouwd. Bouwstenen die met een hoge massa-efficiëntie uit biomassa kunnen worden geproduceerd hebben grote potentie omdat dan de biomassa het meest efficiënt wordt benut. Maar massa-efficiëntie is uiteraard niet de enige parameter die van belang is. Fysische eigenschappen van het eindproduct zoals aggregatie toestand (vloeistof, vaste stof), smeltpunt of kookpunt zijn mede bepalend voor het isolatieproces (hoeveel moeite kost het om het product zuiver in handen te krijgen). Ook de toepasbaarheid van nevenproducten kan een business case sterk beïnvloeden.

Hoeveel suiker en welke suiker is nu nodig om de chemische industrie in Nederland van grondstoffen te voorzien? Om daar antwoord op te kunnen geven is een grove schatting gemaakt van de biomassabehoefte voor de chemie. Daarbij is met name gekeken naar bouwstenen voor biobased plastics als eindproduct omdat plastics ongeveer 80% uitmaken van de totale chemie. Voor het scenario waarbij in 2030 de Nederlandse chemie 25% van de petrochemische grondstoffen heeft vervangen door hernieuwbare grondstoffen bleek dat 3-9 miljoen ton/jaar aan suiker- of zetmeelrijke droge biomassa of 5-13 miljoen ton/jaar aan droge lignocellulose biomassa nodig is. Voor lignocellulose is het, gezien de beschikbaarheid in Nederland, zeker mogelijk een deel van de aanwezige biomassa in te zetten voor de chemie. Voor de suiker- en zetmeelrijke biomassa is dit echter een aanzienlijke hoeveelheid. In Nederland wordt op agrarisch terrein ongeveer 23 miljoen ton (droog) aan gewassen geproduceerd waarvan 20 miljoen ton (droog) hoofdproduct. Momenteel wordt het grootste deel gebruikt voor feed. Hierbij moet worden aangetekend dat Nederland een klein land is met een relatief zeer grote chemische industrie. Op Europese schaal is de verhouding gewasproductie ten opzichte van de vraag uit de chemie veel gunstiger.

Deel 2 van het rapport gaat het over de economische achtergrond van de suikermarkt en toekomstige beschikbaarheid van suiker in Nederland en de EU. Het beschrijft tevens de factoren die van invloed zijn op de mogelijke groei van het areaal aan suikerbieten voor biobased toepassingen in Nederland en de EU. Gezien de complexiteit (door interacties tussen verschillende markten voor grondstoffen en toepassingen) en de onzekerheid over toekomstige prijsontwikkelingen van diverse grondstoffen voor BBE-toepassingen bleek het niet mogelijk een eenduidige conclusie te trekken over de absolute toename van suikerbietenarealen voor biobased toepassingen. Er is in principe wel ruimte voor toename in zowel Nederland als Europa mits de suikerbietenprijs niet te ver daalt. Bij matige daling van suikerbietenprijzen kan het gewas nog goed concurreren met alternatieve gewassen zoals granen.

De behoefte aan suiker voor de chemische industrie is moeilijk te voorspellen. Als de Biobased Economy gaat groeien zal de behoefte aan industriële suiker zeker gaan toenemen. Suiker- en zetmeelrijke gewassen zoals bieten, granen en aardappels kunnen door hun huidige toepassing (food/feed) maar gedeeltelijk worden ingezet voor de chemie. Nevenstromen, zoals stro en suikerbietenpulp, zijn niet meegenomen in deze studie maar vormen door hun beschikbaarheid ook een belangrijke bron van suikers.

Het Nederlandse klimaat is zeer geschikt voor het telen van suikerbiet, het meest efficiënte gewas voor de productie van suiker. Meer in het algemeen geldt dit voor Noordwest-Europa. Bij de aangekondigde afschaffing van de suikerquota in 2017 zal daarom met name in deze regio de teelt van suikerbieten toenemen. Voor de EU als geheel zal dat naar verwachting met 10% zijn, voor Nederland zelfs met 14%. Dat betekent een extra bietenareaal in Europa van 150.000 ha, waarvan 10.000 ha in Nederland.

Aangezien de consumptie van suiker op wereldschaal jaarlijks toeneemt, zal deze extra productie in de EU leiden tot minder import en meer export van suiker van c.q. naar de wereldmarkt. Daarbij ontstaat ook ruimte voor een toename van het gebruik van suiker als grondstof in de chemische industrie. Door de toegenomen productie en de afschaffing van het suikerquotumsysteem met een relatief hoge prijs voor quotumsuiker (vooral consumptiesuiker) en een relatief lage prijs voor buitenquotumsuiker (vooral industriële suiker) zullen namelijk de prijzen van (consumptie)suiker dalen. Tegelijkertijd zullen de prijzen voor industriële suiker stijgen, maar die stijging zal worden gedempt door toenemende voorraden die de afgelopen tijd ontstaan zijn en die ook voor de komende jaren verwacht worden. Daarmee ontstaan goede perspectieven voor het gebruik van suiker als grondstof voor biobouwstenen. Daarbij zal een evenwicht gevonden moeten worden tussen enerzijds een lage prijs van suiker, zodat deze kan concurreren met andere grondstoffen voor biobouwstenen, en anderzijds een (blijvend) aantrekkelijke uitbetalingsprijs voor suikerbieten, zodat telers hun suikerbieten blijven verbouwen en niet inruilen voor andere gewassen.

Inhoudsopgave

Abstract	3
1 Inleiding	9
2 Wat is suiker?	11
3 Inventarisatie Nederlandse situatie	14
3.1 Evaluatie agrarisch terrein in Nederland (situatie in 2006)	14
3.2 Jaarlijkse Nederlandse productie droge stof per soort gewas	15
3.3 Productie ton droge stof per gewas per hectare	15
3.4 Deze studie: focus op suikers	17
4 Suikerbiet als bron van sacharose	19
4.1 Inleiding	19
4.2 Teelt en logistiek	19
4.3 Huidige verwerking en toepassingen	19
4.4 Suikerbieten als grondstof voor de biobased economy	21
4.4.1 Bietenblad	21
4.4.2 Pulp	22
4.4.3 Diksap	22
5 Graan als bron van zetmeel	24
5.1 Inleiding	24
5.2 Teelt en logistiek	24
5.2.1 Wintertarwe	24
5.2.2 Korrelmais	24
5.3 Huidige verwerking en toepassing	24
5.3.1 Wintertarwe	24
5.3.2 Korrelmais	26
5.4 Granen als grondstof voor de biobased economy	26
6 Aardappel als bron van zetmeel	28
6.1 Inleiding	28
6.2 Teelt en logistiek	28
6.3 Huidige verwerking en toepassingen	28
6.4 Aardappel als grondstof voor de biobased economy	30
6.4.1 Aardappelloof	30
6.4.2 Aardappelzetmeel	30
7 Vraag chemische industrie	31
7.1 Inleiding	31
7.2 Biomassabehoefte voor de chemie	31
7.3 Polymeren en chemicaliën	35

7.4	Fermentatie	36
7.4.1	Inleiding	36
7.4.2	Ethanol	37
7.4.3	Melkzuur en PLA	39
7.4.4	Barnsteenzuur	41
7.5	Chemische conversie	42
7.5.1	Inleiding	42
7.5.2	2,5-FDCA	42
7.6	Voorbeeldcase: 100 kt/jaar melkzuur fabriek in Nederland	45
7.7	Samenvatting	46
8	Suiker voor BbE-toepassingen: inleiding	50
9	Teelt en toepassingen van suikerbieten in Nederland, de EU en op wereldschaal	52
9.1	Inleiding	52
9.2	Suikerbietenteelt in Nederland	52
9.3	Suikerbietenteelt in de EU en de rest van de wereld	52
9.4	Toepassing suiker in food, feed en non-food	54
10	Trends in productie en vraag naar suiker	58
10.1	Inleiding	58
10.2	Trends in consumptie en productie van suiker	58
10.3	Trends in beleid in enkele landen buiten de EU	59
11	Veranderingen in het Europese suikerbeleid	61
11.1	Inleiding	61
11.2	Veranderingen in het suikerbeleid sinds 2006 en richting 2020	61
11.3	Gevolgen van veranderend beleid voor de Europese suikermarkt en voor Nederland in het bijzonder	
11.3.1	De veranderingen in het bedrijfstoelagstelsel inclusief de optie van vergroening	65
11.3.2	De veranderingen in het Suikerbeleid	66
12	Te verwachten beschikbaarheid van suiker in de EU en in Nederland in het bijzonder	74
12.1	Inleiding	74
12.2	Te verwachten ontwikkelingen in suiker(bieten)productie	74
12.3	Te verwachten ontwikkelingen in suikerverbruik	74
12.4	Verwachte beschikbaarheid van suiker in Europa en Nederland	76
13	Gevolgen van een nieuwe toepassing als biobouwstenen	77
13.1	Inleiding	77
13.2	Beschikbaarheid van suiker voor biobouwstenen tegen redelijke prijzen?	77
13.3	Openstaande (kennis/markt-)vragen	78
14	Conclusies	79

Referenties	82
Bijlage 1: Definities	85
Bijlage 2: Data file	86

1 Inleiding

Suiker speelt een belangrijke rol in de biobased economy, met name voor toepassingen van biomassa in de chemische industrie. Veel van de nu uit fossiele grondstoffen geproduceerde chemicaliën en materialen kunnen ook uit suikers worden geproduceerd en er wordt op dit moment door zeer veel partijen gewerkt aan de verdere ontwikkeling van een heel palet aan chemicaliën en materialen uit suikers.

Suikers is een verzamelnaam voor een aantal verschillende grondstoffen zoals tafelsuiker, druivensuiker, vruchtensuiker etcetera. Een belangrijke bron voor suikers is natuurlijk de suikerbiet, waaruit tafelsuiker wordt gemaakt, maar ook zetmeel gewassen zoals granen zijn een goede bron van suiker. Daarnaast kunnen zogenaamde tweede generatie suikers worden gemaakt uit houtachtige gewassen en gewasdelen. Dit impliceert dat een scala aan gewassen belangrijk kan zijn voor de biobased economy.

Binnen het Europees landbouwbeleid wordt op dit moment de suikermarkt gereguleerd door productiequota voor suikerbiet (tafelsuiker). De hoeveelheid suiker die op de markt mag worden gebracht als voedingsuiker is gelimiteerd door deze quota, eventueel extra geproduceerd suiker mag alleen als industrieel suiker (tegen een significant lagere prijs) op de markt worden gebracht. De productiequota voor zowel suiker als isoglucose gaan echter verdwijnen, waardoor de suiker- en zoetstoffenmarkt sterk gaat veranderen. De mogelijke extra vraag vanuit de chemie naar suikers kan ook een groot effect hebben op de toekomstige inrichting van de suikermarkt. Door deze ontwikkelingen kan de suikerbiet, met name daar waar de bietenteelt door klimaat en grondsoort efficiënt kan gebeuren een belangrijk gewas worden voor de biobased economy.

Om de effecten van de veranderingen rond beleid, vraag en aanbod van suikers op de Nederlandse situatie in beeld te brengen is in deel 1 van dit rapport een inventarisatie gemaakt van de mogelijke vraag van de chemische industrie naar suikers. De verschillende gewassen waaruit suikers kunnen worden geproduceerd worden behandeld en er wordt een inschatting gemaakt van de efficiency van deze gewassen als suikerproducent. Daarnaast is onderzocht voor een aantal belangrijke bouwstenen uit de biobased chemische industrie welke suikers/gewassen de voorkeur genieten als grondstof en hoe de processtappen van gewas naar bouwsteen er uit kunnen zien. Hierbij is tevens een inschatting gemaakt van de potentiële vraag van de chemie naar suikers.

In het tweede deel van het rapport wordt een overzicht gegeven van de huidige inrichting van de suikermarkt en de te verwachten veranderingen door de wijzigingen in het Europese landbouwbeleid. Hierbij is de focus gelegd op de productie van suikerbiet, maar ook aanpalende ontwikkelingen rond andere gewassen en de te verwachten veranderingen door afschaffing van de melkquota zijn meegenomen. Tevens wordt een beknopt overzicht gegeven van de bestaande

handelsafspraken met betrekking tot verschillende soorten suiker. In dit deel van het rapport wordt een meer kwantitatieve onderbouwing gegeven van de aankomende veranderingen door de wijzigingen in het Europees landbouwbeleid en de nieuwe ontwikkelingen in de chemische industrie en de daarmee toenemende vraag naar suikers.

2 Wat is suiker?

Suiker wordt in vele vormen gebruikt door de industrie. Dit hoofdstuk geeft meer inzicht in de verschillende suiker (tussen)producten en is gebaseerd op een factsheet van de Europese Starch Industry Association (aAf).

- **Glucose** en **fructose** zijn enkelvoudige suikers (monosacharides). Fructose is het zoetst van alle natuurlijke suikers en komt als monosacharide in hoge concentraties voor in fruit en honing. Glucose (duivensuiker, dextrose) is een 6-ring en fructose (vruchtensuiker) is een 5-ring (zie ook bijlage 1).
- **Sacharose** (tafelsuiker, kristalsuiker of sucrose) is een disacharide. Sacharose bestaat uit één molecuul glucose gebonden aan één molecuul fructose. Sacharose wordt gewonnen uit suikerbiet, suikerpalm en suikerriet. Door het raffinageproces (herkristallisatie en zuivering) is zuivere sacharose (witte suiker) een vaste stof.

Industrieel wordt sacharose (disacharide) omgezet in een mengsel van gelijke hoeveelheden glucose (monosacharide) en fructose (monosacharide) door de inwerking van zuren of enzymen. Dit is op de markt onder de naam **invertsuiker**.

- **Glucose-fructosestroop (GFS)** is een vloeibare zoetstof die gebruikt wordt bij de productie van voedingsmiddelen en dranken. Het is samengesteld uit diverse suikers, voornamelijk glucose en fructose, met verschillende samenstelling maar met een fructosegehalte variërend van 5 tot 50%. Als het gehalte aan fructose groter is dan 50% wordt het product een fructose-glucosestroop genoemd.

Deze stropen worden voornamelijk gemaakt uit tarwe- of maïs zetmeel door (zure) hydrolyse waarbij het zetmeelpolymeer (polysacharide) wordt omgezet tot monomeren (monosacharide, in dit geval glucose). Mais heeft hierbij de voorkeur vanwege de bijproducten die veelal worden verwerkt tot feed. Door enzymatische omzetting (isomerisatie) kan vervolgens een deel van de glucose omgezet worden tot fructose.

In Europa worden deze suikerstropen **isoglucose** genoemd als het fructose gehalte meer dan 10% bedraagt. In de Verenigde Staten worden deze stropen uit maiszetmeel gemaakt en worden aangeduid als **High Fructose Corn Syrup (HFCS)**. Het fructose gehalte bedraagt dan 42 of 55%.

GFS wordt toegepast in eten en drinken, niet alleen als zoetstof maar ook voor andere specifieke eigenschappen (bijvoorbeeld ter voorkoming van kristallisatie van suiker in suikergoed). GFS wordt met name verwerkt in snoepgoed, dranken, jam en conserven, gebakken goederen, graanproducten, yoghurt en andere zuivelproducten, specerijen en ingeblikte en verpakte goederen.

Toepassing (omvang en soort) van GFS wordt beïnvloed door verschillen in regelgeving zoals bijvoorbeeld tussen de VS en de EU. Het gebruik ervan in frisdranken is in de EU beperkt omdat frisdranken een fructosegehalte van ten minste 42% moeten hebben voor de

gewenste zoetheid. GFS met een dergelijk hoog fructosegehalte is niet voldoende beschikbaar in de EU. In de EU is de productie van isoglucose (glucose-fructosestroop met meer dan 10% fructose) beperkt tot 5% van de totale suikerproductie van de EU. Door deze beperking zijn frisdranken in de EU daarom voornamelijk gezoet met behulp van sacharose. In de VS is er geen beperking en bestaat de suikerconsumptie voor 50% uit HFCS met als hoofdtoepassing de frisdranken. Fructose productie door isomerisatie van glucose uit zetmeel is een ingewikkelder route dan het omzetten van sacharose tot invertsuiker (50% glucose, 50% fructose). Dat er toch wordt gekozen voor deze omweg komt door de hoge importheffingen op biet- en rietsuiker (sacharose) en de Amerikaanse subsidies op mais.

Deel 1: Potentiele vraag naar suikers voor de chemische industrie in Nederland

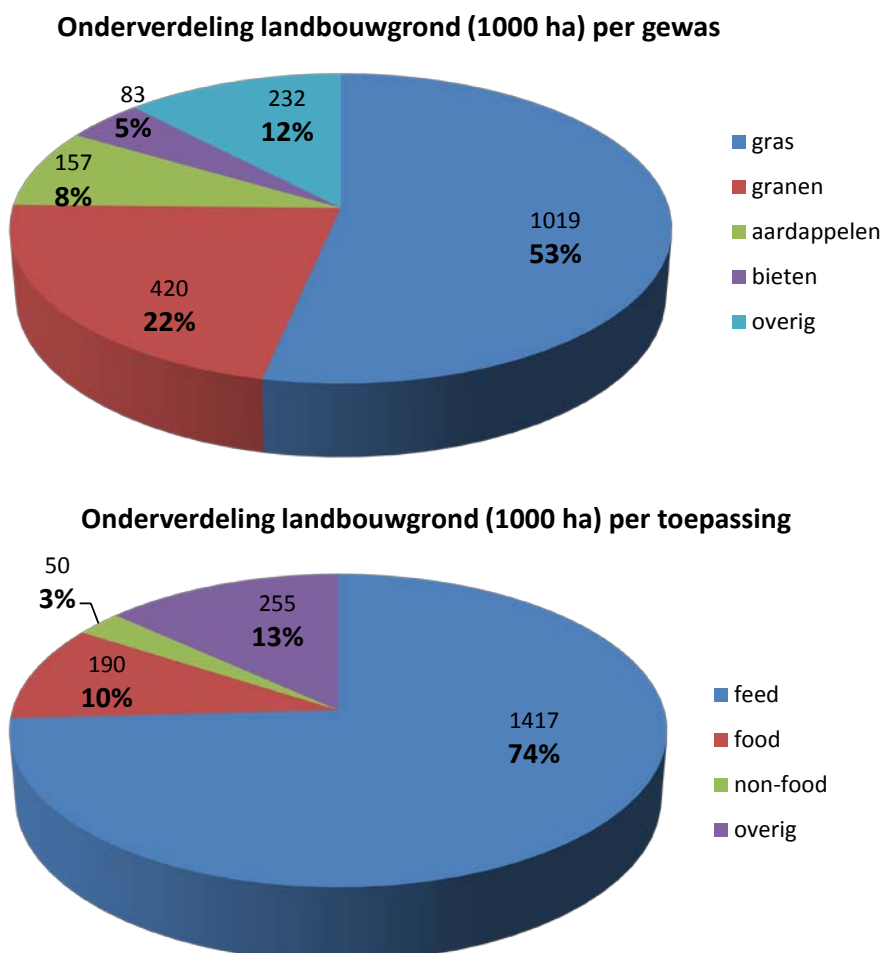
Paulien Harmsen, Steef Lips, Harriëtte Bos, WUR-Food and Biobased Research

3 Inventarisatie Nederlandse situatie

3.1 Evaluatie agrarisch terrein in Nederland (situatie in 2006)

De agrarische sector is met een aandeel van 55% in het totale grondgebruik de belangrijkste gebruiker van grond in Nederland. In het rapport 'Monitoring Groene Grondstoffen' van Meesters et al wordt de schatting van biomassaproductie van elke categorie uit de landbouwtelling besproken (Meesters, Boonekamp et al. 2010). Voor deze studie zijn de grootste gewassen geanalyseerd op het gebruik van landbouwgrond en toepassing van het hoofdproduct, met een indeling in bieten, granen, gras, aardappelen en overig (zaden, peulvruchten, braak etc).

Uit deze grove scan blijkt dat meer dan de helft van het landbouwoppervlak door gras wordt ingenomen en ongeveer een kwart door granen. Bieten en aardappelen nemen maar een heel klein deel (respectievelijk 5 en 8%) in beslag. Als er vervolgens wordt gekeken naar de toepassing van deze gewassen blijkt dat bijna driekwart van de landbouwgrond wordt ingezet voor feed en een veel kleiner deel voor food en non-food. Weliswaar is 13% niet benoemd, maar de trend is wel zichtbaar.

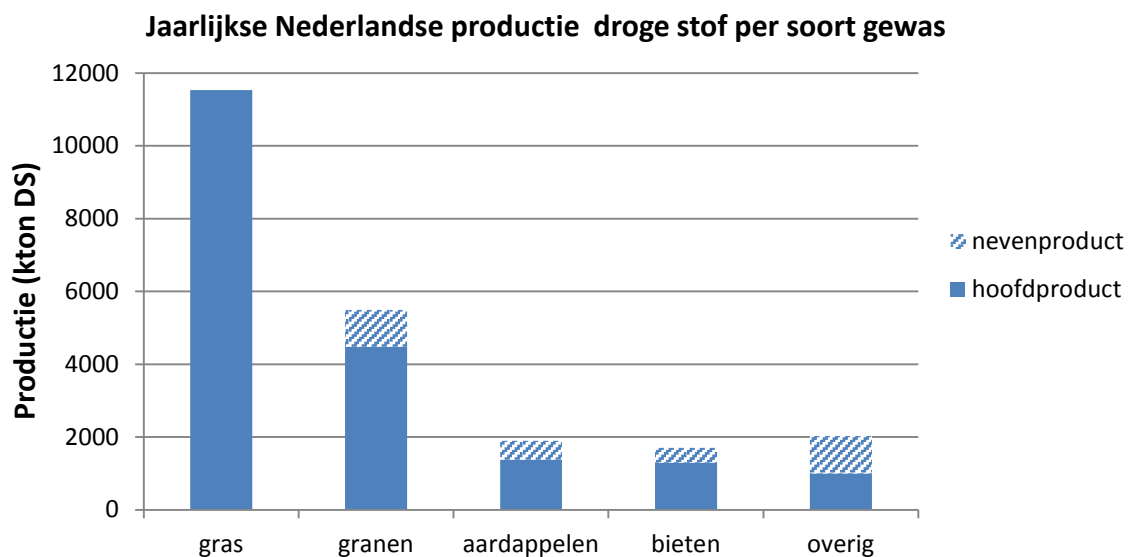


Figuur 1: Onderverdeling Nederlandse landbouwgrond in 1000 ha per gewas en toepassing

3.2 Jaarlijkse Nederlandse productie droge stof per soort gewas

Van bovengenoemde gewassen kan vervolgens bepaald worden hoeveel ton droge stof ze jaarlijks kunnen leveren, inclusief een onderverdeling in hoofdproducten (bijvoorbeeld graankorrel of suikerbiet) en nevenproducten (bijvoorbeeld stro of bietenblad). Daarbij zijn nevenproducten uit de verwerkende industrie (bv bietenpulp, aardappelstoomschillen etc) buiten beschouwing gelaten. In Nederland wordt in totaal 23 Mton aan droge stof geproduceerd waarvan 20 Mton hoofdproduct en 3 Mton nevenproduct.

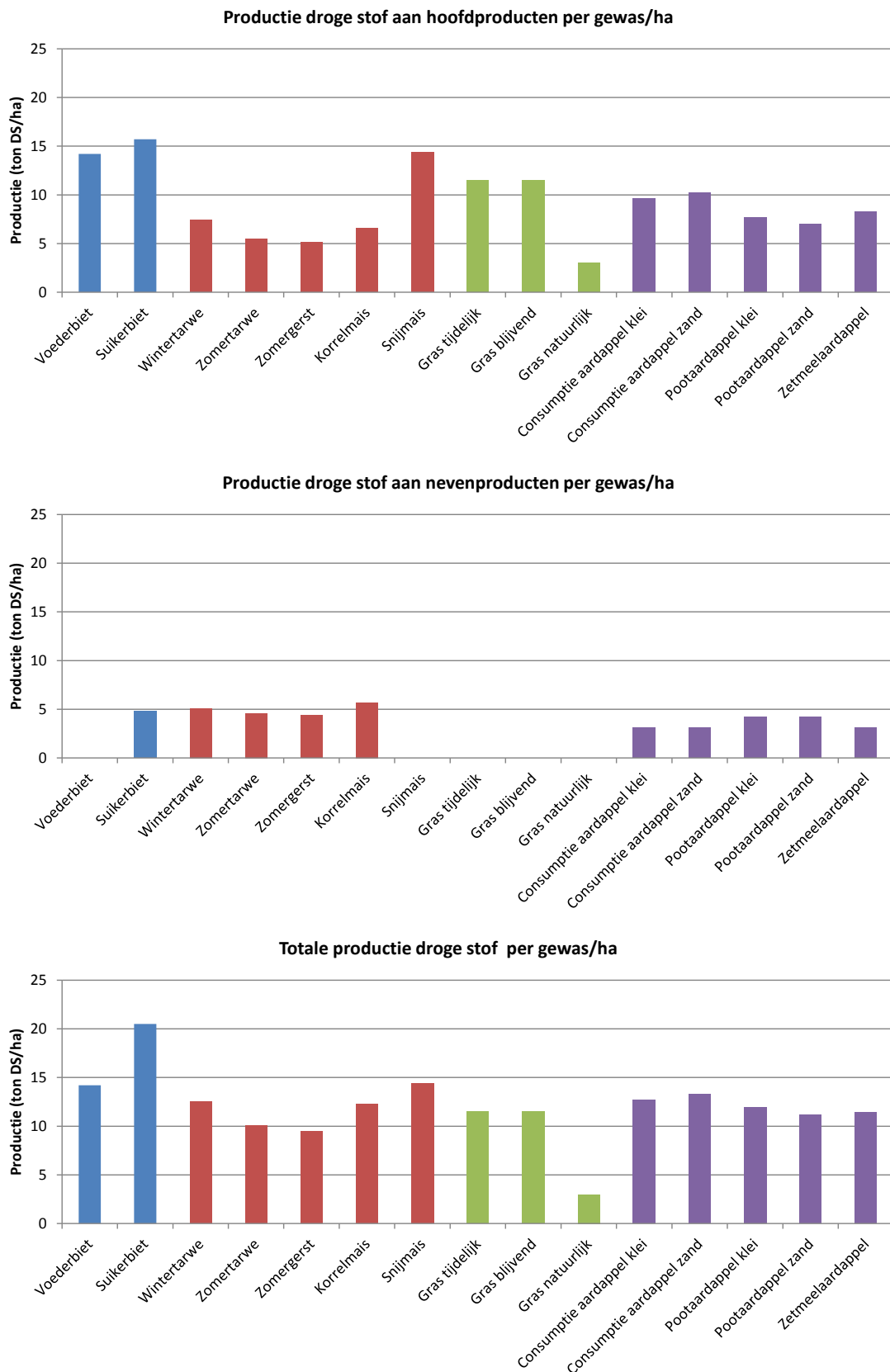
In onderstaande grafiek is de totale productie aan droge stof per soort gewas in Nederland berekend met een onderverdeling in hoofd- en nevenproducten. Uit deze grafiek blijkt dat gras veruit de grootste hoeveelheid aan droge stof levert (bijna 12 Mton) gevolgd door granen (bijna 6 Mton); aardappelen en bieten liggen rond 2 Mton droge stof.



Figuur 2: Jaarlijkse productie van Nederlandse gewassen in kton droge stof.

3.3 Productie ton droge stof per gewas per hectare

Per gewas is vervolgens gekeken naar de productie aan droge stof per hectare. Onderstaande grafieken geven dit weer voor bieten, granen, grassen en aardappels. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen hoofdproducten en nevenproducten. Bepaalde gewassen hebben geen nevenproducten omdat het gewas in zijn geheel wordt verwerkt, te weten voederbiet, snijmaïs en alle grassoorten. Van alle gewassen levert de suikerbiet per hectare de grootste hoeveelheid aan droge stof.



Figuur 3: Productie ton droge stof per gewas per hectare.

3.4 Deze studie: focus op suikers

Voor het suikerplatform is het van belang welke typen suikers en welke hoeveelheden de gewassen produceren; het gehalte aan droge stof/ha zegt niet alles. Door deze data te verzamelen kan het meest optimale gewas voor het suikerplatform worden bepaald, waarbij zowel de hoofd- als nevenproducten moeten worden meegenomen. Voor deze studie is een selectie gemaakt van gewassen die het meest geschikt lijken voor de productie van suiker voor de chemie. Hierbij is gekozen voor suikerbiet, wintertarwe, korrelmais en zetmeelaardappel.

In de volgende hoofdstukken wordt de suikerproductie uit de verschillende gewassen beschreven d.m.v. processchema's. Uitgangspunt voor deze schema's is 1 ton vers hoofdproduct. Om nu te bepalen wat 1 ton hoofdproduct oplevert aan suikers en nevenproducten zijn aanvullende data nodig zoals samenstelling, isolatieparameters en de RPR-ratio (% van het hoofdproduct (bijv. graankorrel of suikerbiet) dat als nevenproduct geproduceerd wordt (bijv. stro of bietenblad)). De kentallen gebruikt in deze studie staan verzameld in onderstaande tabel:

Tabel 1: Samenstelling, isolatieparameters en RPR van de verschillende gewassen

Gewas	Samenstelling hoofdproduct (wt%)							Isolatieparameters suiker of zetmeel				RPR*
	sacharose	zetmeel	vocht	eiwitten	vetten	vezels	overig	Gehalte (% droog hoofdproduct)	Isolatie-efficiëntie (%)	Opbrengst (% droog hoofdproduct)	Opbrengst (% nat hoofdproduct)	
Suikerbiet (Huijbregts 2003)	17	0	76	1	0	2	4	71	94	67	16	49%
Wintertarwe (Graaf 2003)	0	64	15	13	2	3	3	75	95	71	61	65%
Korrelmais (Fiems 2010)	0	43	36	6	3	2	10	67	94	63	40	62%
Zetmeelaardappel (Veerman 2003)	0	19	75	1	0	1	4	76	95	72	18	27%

*RPR = *residue-to-product ratio*. Percentage van het hoofdproduct dat als nevenproduct vrijkomt. Data afkomstig uit Meesters et al. (Meesters, Boonekamp et al. 2010)

Uitgaande van deze data is per gewas uitgerekend hoeveel ha nodig is voor 1 ton hoofdproduct, de hoeveelheid suiker of zetmeel geproduceerd en de hoeveelheid nevenproduct. Uit deze data kan vervolgens de belangrijke parameter suiker/ha berekend worden:

Tabel 2: Massabalans uitgaande van 1 ton nat hoofdproduct

Gewas	Hoofdproduct	Hoeveelheid (kg nat)	#ha nodig	Hoeveelheid suiker of zetmeel (kg droog)	Suiker/ha (ton/ha)	Nevenproduct	Hoeveelheid nevenproduct (kg nat)
Suikerbiet	Suikerbiet	1000	0.015	160	10.6	Bietenblad	490
Wintertarwe	Tarwekorrel	1000	0.115	610	5.3	Tarwestro	650
Korrelmais	Maiskorrel	1000	0.098	400	4.1	Maisstro	620
Zetmeelaardappel	Aardappel	1000	0.027	180	6.6	Blad	270

Uit deze kentallen komt naar voren dat de suikerbiet een zeer interessant gewas is als men kijkt naar de hoeveelheid suiker/ha. Maar meer factoren spelen een rol zoals logistiek, teeltmogelijkheden in Nederland en verwaarding van de nevenstromen. In de volgende hoofdstukken wordt per gewas beschreven wat de huidige verwerking is en wat er in de toekomst mogelijk is. Daarbij is telkens uitgegaan van 1000 kg nat hoofdproduct.

4 Suikerbiet als bron van sacharose

4.1 Inleiding

Zoals uit het vorige hoofdstuk blijkt kun je uit verschillende gewassen suiker winnen. Suikerbiet is een zeer interessant gewas omdat de biet voor het grootste deel (71% van de droge stof) bestaat uit sacharose, een disacharide bestaande uit een glucose molecuul (druivensuiker) gebonden aan een fructose molecuul (vruchtensuiker). Andere sacharoserijke gewassen zijn suikerriet en suikerpalm. Al deze planten gebruiken de suiker als opslag van energie. Voor de Nederlandse situatie is suikerbiet het enige suikerrijke gewas aangezien suikerriet en suikerpalm hier niet geteeld kunnen worden. Dit hoofdstuk geeft inzicht in de huidige Nederlandse suikerbietenindustrie.

4.2 Teelt en logistiek

Suikerbieten worden met name geteeld in gematigde klimaatzones. De plant houdt van een losse, vochtige grond. Omdat de suikerbiet slecht tegen vorst kan vindt de oogst normaliter tussen half september en half oktober plaats. De verwerkingscampagne loopt vanaf de start van de oogst door tot half januari (Wikipedia).

Bieten verbruiken bij voldoende vocht globaal 400 tot 480 mm water tussen mei en oktober. In de maanden juni en juli is de waterbehoefte doorgaans het grootst. Het waterverbruik is in die periode circa 275 mm. Voor de productie van 1 kg droge stof verbruikt de suikerbiet ongeveer 210 liter water (IRS). Vergeleken met suikerriet is de waterbehoefte van suikerbiet relatief laag. Bij gebruik van optimale teeltsystemen liggen de hoeveelheden suiker uit suikerriet en suikerbiet op hetzelfde niveau, maar suikerriet vraagt afhankelijk van het klimaat 1500-2500 mm water gelijkelijk verdeeld over de groeiperiode (FAO 2013).

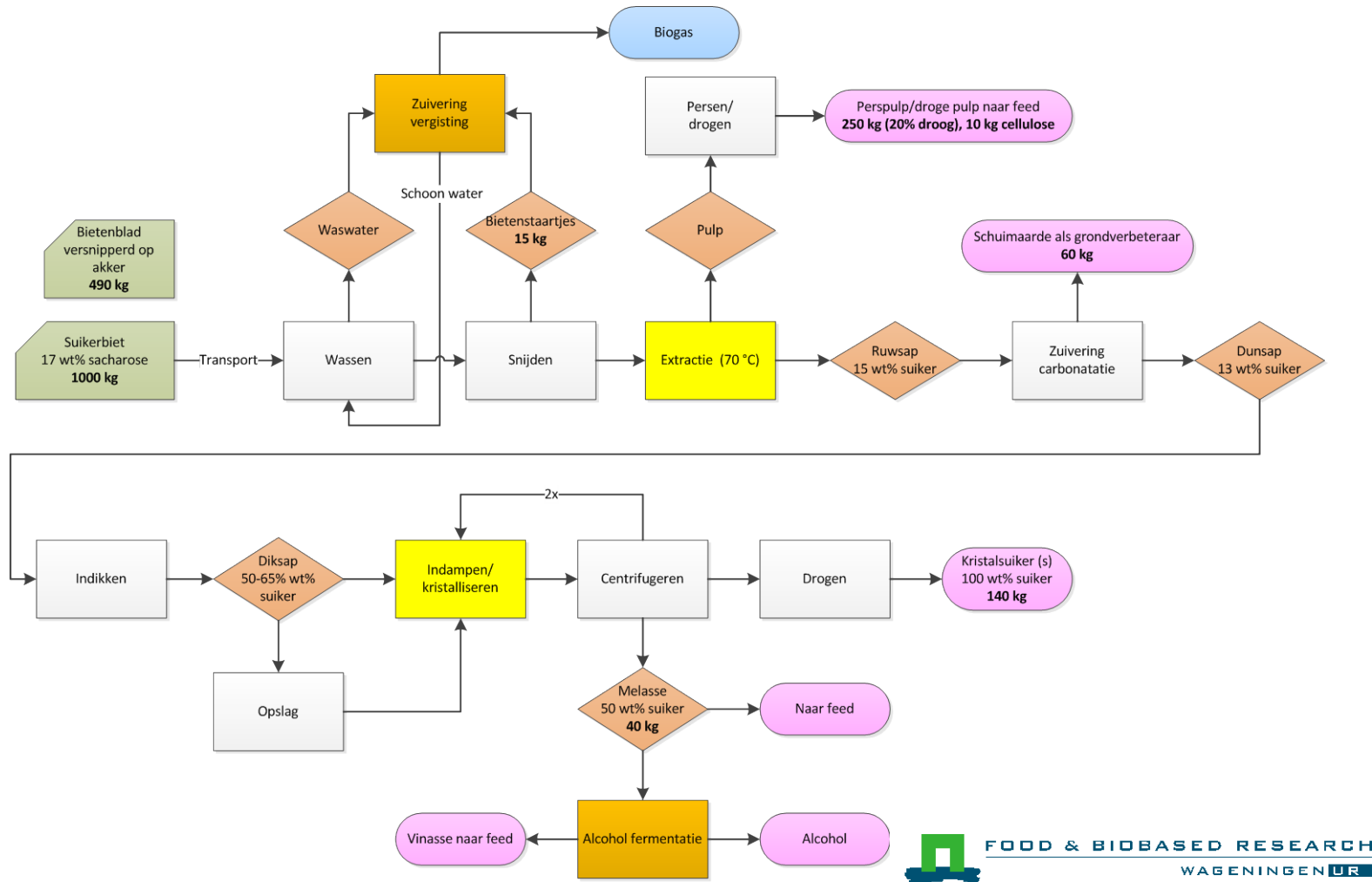
Na de oogst worden de bieten op een (eventueel afgedekte) hoop bewaard, die vorstvrij, koel en droog moet blijven om een goede kwaliteit te behouden. De opgeslagen bieten worden in de loop van de campagne opgehaald en vervoerd naar de suikerfabriek. Omdat de gerooide biet nog steeds ademt wordt suiker en zuurstof omgezet in koolzuur, water en warmte en treedt er een suikerverlies van gemiddeld 0.1% per week bewaring op. Een volgroeid gewas geeft de laagste bewaarverliezen, maar in verband met de kansen op vorst is het advies om voor half november de bieten te rooien (IRS). Het blad van de gerooide bieten blijft op het land achter.

4.3 Huidige verwerking en toepassingen

De verwerking van suikerbieten tot kristalsuiker is schematisch weergegeven in het figuur op de volgende bladzijde in wordt per stap hieronder uitgelegd:

- Na de opslag en transport naar de suikerfabriek wordt bij de fabriek de lading bieten eerst bemonsterd en direct geanalyseerd op bijvoorbeeld suikergehalte en mineralen die de kristallisatie van suiker tegenwerken. Op basis van deze analyses wordt de prijs betaald die de teler krijgt voor zijn geleverde bieten.

Suikerbiet



Figuur 4: Verwerking van suikerbieten tot kristalsuiker (informatie gedeeltelijk afkomstig van de Suikerunie)

- De aanhangende grond wordt vervolgens van de bieten gewassen en de puntjes van de biet (bietenstaartjes) worden verwijderd en verwerkt tot biogas. De gewassen bieten worden in stukken gesneden en gemengd met water.
- Bij verhoogde temperatuur vindt de extractie van suikers plaats. Hieruit ontstaat ruwsap, de suikerhoudende vloeistof met een suikerpercentage van ongeveer 15%, en pulp.
- Het snijdsel waar de meeste suiker uit is heet pulp en wordt geperst of gedroogd gebruikt als veevoer. In het schema is 250 kg perspulp opgenomen met een droge stof gehalte van 20 wt%, dit komt overeen met 50 kg droge biomassa. Gezien de samenstelling van de pulp (zie Tabel 3) zit er ongeveer 10 kg cellulose in de pulp.
- Het ruwsap wordt verder gezuiverd door carbonatie. Daarin wordt met kalkmelk (ongebliste kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) opgelost in water) en kooldioxide (CO_2) calciumcarbonaat gevormd (CaCO_3) dat een groot deel van de onzuiverheden bindt en vervolgens door filtratie verwijderd wordt. Deze vaste stof, schuimaarde, wordt uit het proces verwijderd en wordt in de landbouw ingezet als grondverbeteraar.
- Het gereinigde sap, dunsap, heeft een suikerpercentage van ongeveer 13% en wordt vervolgens door verdampen ingedikt tot diksap met een suikergehalte van 50-65%.
- Het diksap wordt verder ingekookt waardoor na enting met poedersuiker kristallisatie van suiker optreedt. De suikerkristallen worden door centrifugeren gescheiden van de resterende stroop. Diksap kan ook worden opgeslagen.
- De stroop die na de derde keer centrifugeren ontstaat is melasse. De melasse bevat 50% suiker, eiwitten en mineralen. De melasse wordt gebruikt als veevoer of ingezet voor de productie van alcohol. Na alcoholbereiding uit melasse blijft er nog het restproduct vinasse over wat als veevoer of meststof kan worden gebruikt.
- Door verdunning en opnieuw kristalliseren wordt de suikeropbrengst verhoogd. Het aantal kristallisatiestappen, was-stappen en recyclestappen in het kristallisatieproces bepaalt de zuiverheid en daarmee de kwaliteit van de verkregen suiker. In deze studie is aangenomen dat de kristalsuiker voor 100% bestaat uit sacharose. De kristalsuiker kan worden getransporteerd naar de afnemers of worden opgeslagen in silo's.

4.4 Suikerbieten als grondstof voor de biobased economy

4.4.1 *Bietenblad*

Per ton suikerbieten wordt ongeveer 490 kg bietenblad geproduceerd. Het bietenblad dat op het land ligt is momenteel de enige fractie die niet wordt gebruikt. Er wordt onderzocht of vergisting van dit blad een haalbare optie is. De huidige wet en regelgeving maakt het echter niet mogelijk om de nutriënten die met het bietenblad worden afgevoerd te compenseren. Het is daarom voor de akkerbouwers niet aantrekkelijk om dit bietenblad van hun perceel af te voeren. Nauwe systeemgrenzen in de gebruiksnormen belemmeren centrale vergisting (Röell and van Haren 2011).

4.4.2 Pulp

Suikerbietenpulp is het residu dat overblijft na de suikerextractie. Per ton verse suikerbiet wordt 250 kg bietenpulp geproduceerd. Door het verwijderen van suiker stijgt het aandeel van de overige chemische bestanddelen sterk. Zo zijn de gehalten van pectine, cellulose en hemicelluloses in de pulp vele malen hoger dan in de oorspronkelijke biet. De bietenpulp is geschikt als veevoeder, maar de celstructuur en chemische samenstelling (zie Tabel 3) zorgen ervoor dat de pulp zeer veel water vasthoudt. Deze pulp wordt daarom zo goed mogelijk uitgeperst om zo weinig mogelijk water te transporteren, maar na persen kan de pulp nog steeds meer dan 75% water bevatten.

De toepasbaarheid van bietenpulp wordt beperkt doordat het een steekvast product is. Indien het zou kunnen stromen, kan het verpompt worden en wordt het toepassingsgebied aanzienlijk vergroot. Tabel 3 geeft een overzicht van de chemische samenstelling opgesplitst in de afzonderlijk suikers. Deze suikers zijn echter in polymere vorm aanwezig ((hemi)-cellulose). Binnen het CCC-programma wordt onderzocht hoe het vloeigedrag van bietenpulp verbeterd kan worden.

Ook binnen het CCC-programma (maar ook in andere projecten) wordt onderzoek gedaan naar het verwerken van de suikers in bietenpulp, en dan met name de pectines, naar hoogwaardige non-food toepassingen.

Tabel 3: Chemische samenstelling van bietenpulp op basis van droge stof (Pryor, Nahar et al.)

Component	Gehalte (wt%)
Glucose	21
Arabinose	21
Galactose	5
Xylose	2
Galacturon zuur (pectine)	21
Eiwit	11
As	4
Overig	15

4.4.3 Diksap

Diksap is een mogelijk zeer interessante grondstof voor de chemische industrie gezien de samenstelling en de logistieke voordelen:

- Opslag van diksap is het ideale middel om de suikercampagne te verlengen. In plaats van suikerbieten die continu suiker verliezen door ademhaling en gevoelig zijn voor rotting kan men een vloeistof bewaren met een suikerconcentratie die 3 à 4 keer zo hoog (50-65%) is als in de oorspronkelijke suikerbiet (17%).

- Het hoge suikergehalte van het diksap zorgt voor een goede conservering. De opslag ervan kan er voor zorgen dat alle processtappen na het indikken nog kunnen worden voortgezet vanaf het moment dat er geen bieten meer beschikbaar zijn.

In juni 2013 heeft de suikerfabriek Dinteloord voor het eerst geheel buiten de campagne om een grote hoeveelheid diksap verwerkt tot 100.000 ton kristalsuiker. De Duitse suikerfabriek Anklam (eigendom van de Suikerunie) produceert 50-60.000 m³ ethanol per jaar met als grondstof diksap (Boerderij.nl 2012).

5 Graan als bron van zetmeel

5.1 Inleiding

Granen zijn een bron van zetmeel waaruit suikers kunnen worden gewonnen. Zo bestaan de zaden (graankorrels) van wintertarwe voor 75% en van mais voor 67% uit zetmeel. Deze zaden vormen de voedselreserve voor het ontkiemende plantje op het moment dat het fotosynthese nog niet of weinig ontwikkeld is. De volwassen planten zetten de door fotosynthese gevormde suikers om in zetmeel en enzymen zorgen ervoor dat het zetmeel op het juiste moment weer omgezet wordt in suikers die groei mogelijk maken. In dit hoofdstuk worden de granen wintertarwe en korrelmais verder uitgewerkt.

Planten maken uit kooldioxide en water, onder invloed van zonlicht, zuurstof en glucose (fotosynthese). 'De hierbij gevormde glucose wordt opgeslagen en bewaard in de vorm van zetmeel. Het dient als belangrijkste reservevoedselbron voor de plant. Bij de opslag ontstaan zetmeelkorrels die voor iedere plant een karakteristieke vorm en grootte hebben'(Graaf 2003). Grootte van de zetmeelkorrels varieert van 15 μm voor mais, 25 μm voor tarwe en 40 μm voor aardappels. Voor het isoleren van zetmeel moeten deze zetmeelkorrels worden opengebrouwen.

5.2 Teelt en logistiek

5.2.1 *Wintertarwe*

Tijdens de groei neemt het gewas grote hoeveelheden water op. Voor de productie van 1 kg droge stof wordt ongeveer 250 liter water opgenomen. Het overgrote deel van de wateropname is nodig voor verdamping. De opbrengst aan graan is 8.4 ton/ha en aan stro 4.4 ton/ha, dit vraagt dan 320 mm water. Normaliter is de neerslag in de (voor)zomer ontoereikend en zal de watervoorraad in de bodem aangesproken moeten worden (Darwinkel 1997). Graan bevat ongeveer 15% vocht (zie Tabel 1), en dit is voldoende droog om het graan voor lange tijd te kunnen opslaan in silo's.

5.2.2 *Korrelmais*

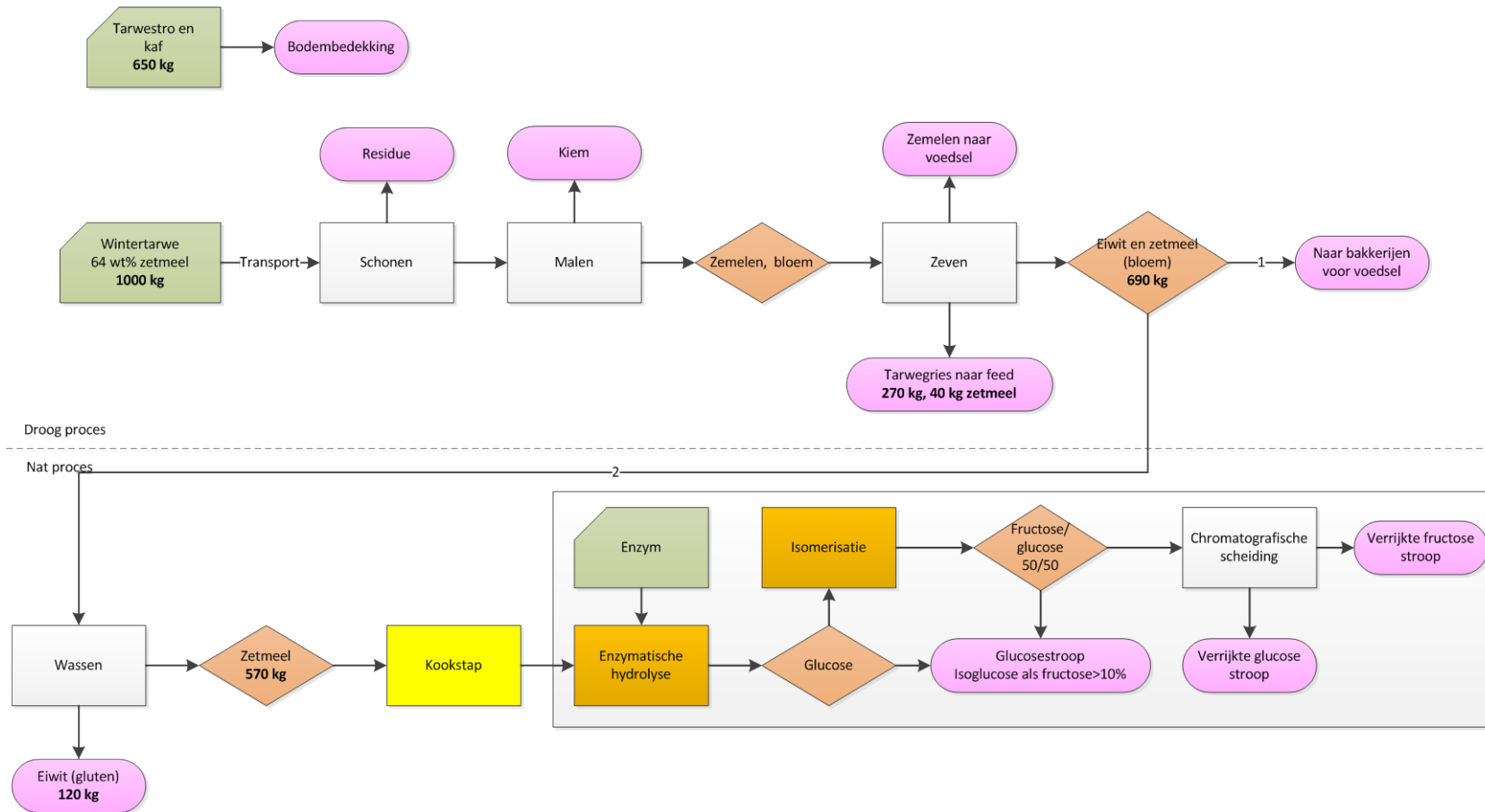
Mais heeft tijdens de groei ongeveer 500 mm water nodig (Polman, Linderhof et al. 2012). Korrelmais wordt geoogst in de tweede helft van oktober en de eerste helft van november. Het vochtgehalte van de korrel ligt dan tussen de 20 en 35%. Voor machinale oogst gebruikt men een combine met kolvenplukker. Het vochtgehalte van de korrel moet dan onder de 35% liggen. Voor bewaring van de korrel zal vrijwel altijd rekening moeten worden gehouden met droogkosten (Brink and Groten 2005).

5.3 Huidige verwerking en toepassing

5.3.1 *Wintertarwe*

De huidige verwerking van tarwe tot bloem voor bv. het bakken van brood of tot een suikeroplossing staat schematisch weergegeven op de volgende bladzijde.

Wintertarwe



Figuur 5: Verwerking van tarwe tot bloem voor bv. brood of tot een suikeroplossing.

- De tarwekorrels worden in fabrieken zoals van Meneba tot bloem verwerkt. De korrel wordt eerst gemalen (om deze reden worden deze fabrieken ook nog steeds molens genoemd).
- Door zeven wordt het meel gezuiverd tot een tarwebloem die voor ca. 70% uit zetmeel bestaat. Naast zetmeel zit er ook nog water (15%), eiwit (10%) en suikers (6%) in.
- Voor het isoleren van de zetmeel wordt de bloem gezuiverd. Op basis van dichtheidsverschillen worden de gluten (niet oplosbaar eiwit) gescheiden van het zetmeel. De oplosbare eiwitten worden daarbij met het proceswater verwijderd (Mulder 2010).
- Het zetmeel ondergaat vervolgens een kookstap waardoor de zetmeelkorrel openbreekt en het zetmeel verstijfselt (oplossing krijgt hoge viscositeit).
- Voor het omzetten van zetmeel tot suiker wordt het zetmeel enzymatisch gehydrolyseerd tot glucose. Door meerdere stappen kan deze glucose oplossing verder worden omgezet tot een fructose/glucose oplossing.

5.3.2 *Korrelmais*

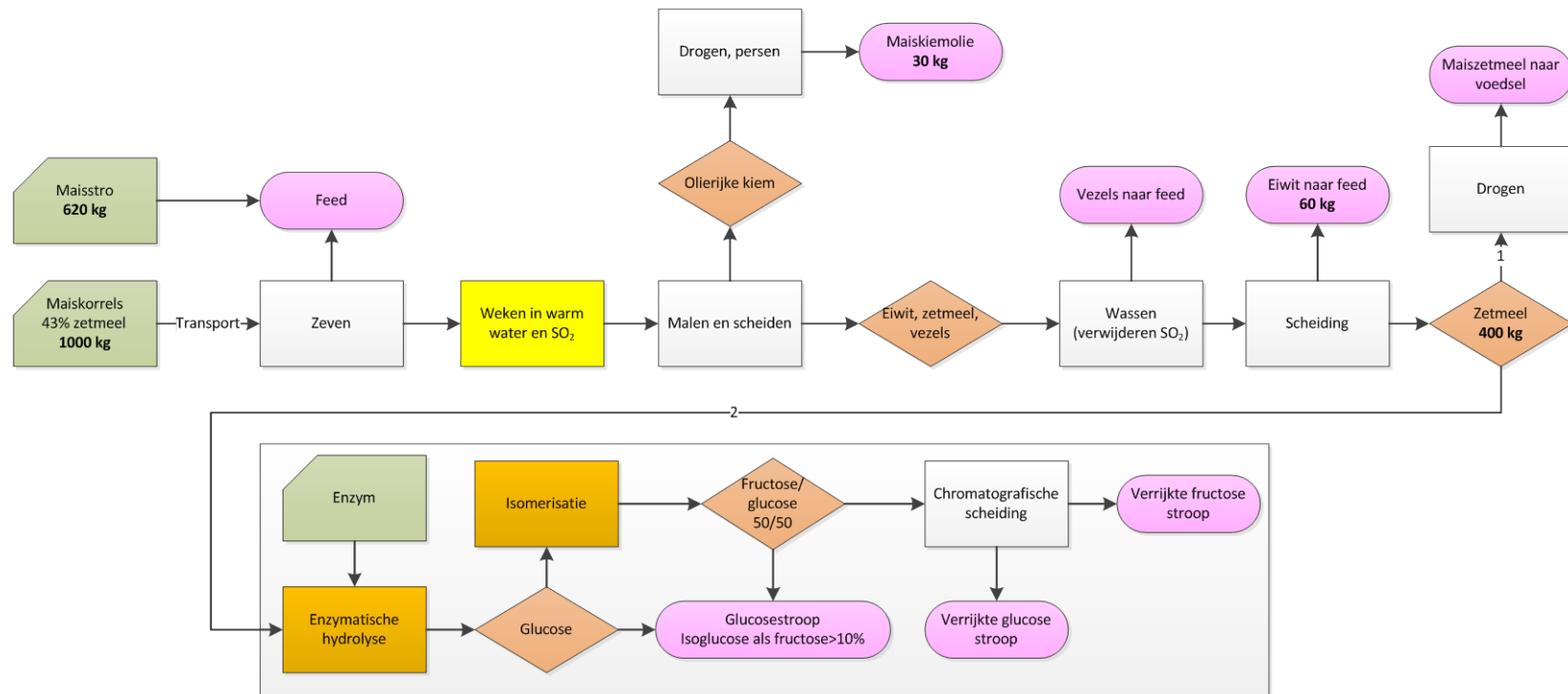
De huidige verwerking van mais tot maiszetmeel voor voedsel of tot een suikeroplossing staat schematisch weergegeven in het schema op de volgende bladzijde. Een goede beschrijving van dit gehele proces wordt gegeven door het International Starch Institute in Denemarken (International Starch Institute).

- De maiskorrels worden gewassen en geweekt in warm water. In feite is dit een fermentatie, waarbij zwavel dioxide gebruikt kan worden om de groei van de favoriete bacterie lactobacillus te bevorderen en schadelijke bacteriën, schimmels en gisten te onderdrukken. Na dit proces is de korrel zacht geworden en kan de olierijke kiem na een milde maling van de rest van de maiskorrel worden gescheiden. De maïsolie wordt met behulp van persen aan de kiem onttrokken. Met behulp van extractie worden de laatste resten olie aan de kiemen onttrokken.
- Vervolgens wordt het restant bestaand uit eiwit/zetmeel en vezels gewassen waarbij de vezels worden afgescheiden. In een volgende scheidingsstap worden vervolgens het maiseiwit en het zetmeel van elkaar gescheiden.
- Het gewassen zetmeel kan vervolgens gedroogd worden tot maiszetmeel voor voedsel (maïzena, bindmiddel) en niet-voedsel toepassingen of verder worden omgezet tot een glucose/fructose oplossing. Een kookstap is waarschijnlijk niet nodig zoals bij tarwe of aardappels vanwege de weekstap in het begin van het proces.

5.4 **Granen als grondstof voor de biobased economy**

Granen produceren naast de graankorrels ook nog een aanzienlijke hoeveelheid stro. Deze vindt vaak al een toepassing in de vorm van feed of als bodembedekking voor dieren, maar kan ook worden omgezet tot bruikbare producten voor de biobased economy. Het laatste decennium is er veel onderzoek verricht naar de omzetting van deze lignocellulose biomassa tot waardevolle producten en met name de omzetting naar bioethanol is succesvol. Een aantal fabrieken staat op het punt om op commerciële schaal lignocellulose bioethanol te gaan produceren (zie ook pagina 37).

Korrelmais



Figuur 6: Verwerking van mais tot maiszetmeel voor voedsel of tot een suikeroplossing.

6 Aardappel als bron van zetmeel

6.1 Inleiding

Aardappels zijn een rijke bron van zetmeel, zo bestaat een aardappel voor ongeveer 76% van de droge stof uit zetmeel. De aardappelplant slaat energie op als zetmeel in de knol zodat vegetatieve vermeerdering mogelijk wordt.

Er zijn verschillende soorten aardappelen. Voor de productie van aardappelzetmeel teelt men aardappelrassen met een hoog zetmeelgehalte (zetmeelaardappel). Zetmeel bestaat uit 2 moleculen, namelijk amylopectine (vertakt) en amylose (lineair). De verhouding amylose/amylopectine in zetmeel verschilt per gewas. Grommers beschrijft in 2009 de ontwikkeling van een nieuwe aardappelsoort die alleen amylopectine bevat, de zogenaamde waxy of amylopectine aardappel (Grommers and van der Krogt 2009).

6.2 Teelt en logistiek

Net zoals voor suikerbieten is de Nederlandse grond en het klimaat uitstekend geschikt voor de teelt van aardappels. Een bijkomend voordeel is dat de grond hier weinig stenen bevat die met de aardappelen mee geoogst worden.

Net zoals voor de suikerbieten kent de aardappelindustrie ook een campagne die loopt van half augustus tot maart. De verwerking van de aardappels tot zetmeel gebeurt direct na de oogst; ongeveer de helft van de aardappels wordt bewaard.

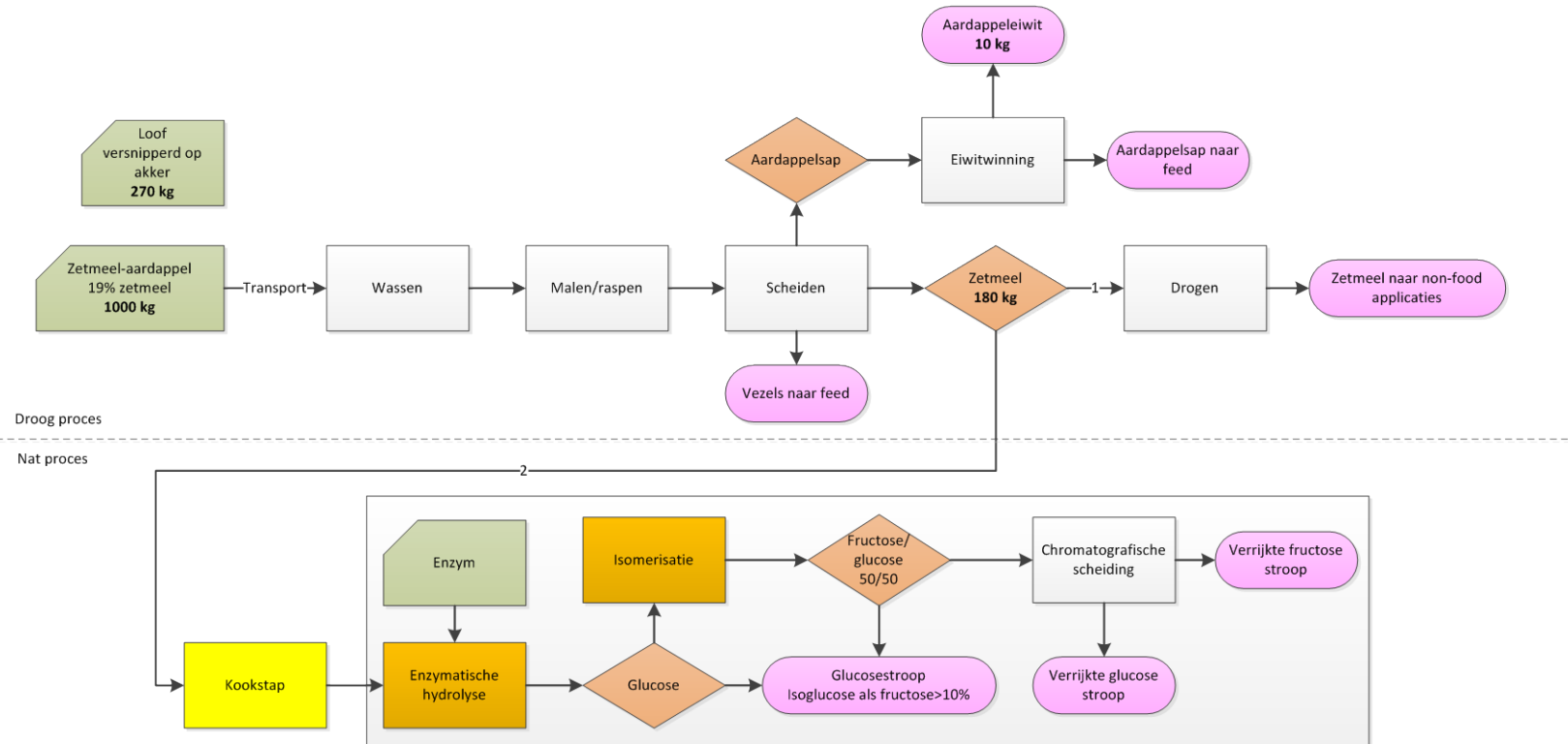
In Nederland worden consumptieaardappelen geteeld in Flevoland, Zeeland en Noord-Brabant. De pootaardappelen worden vooral geteeld in het noorden van Nederland en de zetmeelaardappels in Drenthe en Groningen. Deze zetmeelaardappels zijn apart ontwikkeld; ze zijn rijk aan zetmeel en behoeven geen specifieke smaakeigenschappen te hebben (Mulder and Franken).

6.3 Huidige verwerking en toepassingen

De verwerking van aardappels is schematisch weergegeven in het schema op de volgende bladzijde.

- De aardappels worden gewassen. AVEBE produceert uit aardappels zetmeel door ze te raspen. De cellen van de aardappel gaan daardoor kapot waardoor de zetmeelkorrels uit de cellen worden vrijgemaakt.
- De zetmeelkorrels worden door zeven en centrifugeren uit de aardappelslurry gehaald en gezuiverd en vervolgens worden deze gedroogd.
- Naast zetmeel wint AVEBE ook het in het aardappelsap opgeloste aardappeleiwit. Dit eiwit wordt voornamelijk ingezet als veevoeder, maar er worden ook specifieke eiwitproducten van gemaakt die hun toepassingen vinden in de levensmiddelenindustrie.
- De aardappelvezels die overblijven worden geperst en als veevoeder verkocht.

Zetmeelaardappel



Figuur 7: Verwerking van zetmeelaardappel tot aardappelzetmeel of tot een suikeroplossing zoals dat gebeurt bij AVEBE (Grommers and van der Krogt 2009).

- Het resterende aardappelsap wordt ingedikt tot een concentratie van ca. 60% drogestof; dit wordt protamylasse genoemd. Protamylasse is rijk aan kalium en wordt daarom als bodembemester gebruikt. Het kan ook worden ingezet in mengvoeders voor herkauwers. AVEBE stelt zich ten doel dit bijproduct met minder energie te produceren en het product zelf meer waarde te geven (AVEBE)
- Natief zetmeel (zetmeel in de vorm van zetmeelkorrels, route 1) vindt zijn toepassing in de voedsel, papier en textiel industrie. Van de opbrengst aan zetmeel wordt ongeveer 70% gemodificeerd voor specifieke toepassingen. Er zijn momenteel ca. 500 modificaties van aardappelzetmeel bekend. Ook de gemodificeerde zetmelen vinden hun toepassing in de papier, textiel en voedsel industrie, maar ook bijvoorbeeld als hulpmiddel bij olieboringen en lijm voor flesetiketten.
- Net als uit suikerbiet en granen kan uit aardappelzetmeel glucosestroop worden geproduceerd (route 2). Deze stroop wordt aardappelstroop genoemd. Vroeger gebeurde dat door hydrolyse met zoutzuur en later met behulp van het enzym amylase. De stroop bestaat uit ongeveer 40% glucose, 40% dextrine (laag molecuair polymeer van glucose) en 20% water. Vanaf 1819 tot 2003 werd er in Nederland aardappelstroop geproduceerd. De eerste fabriek was de Goudsche Glucosefabriek, in 2003 sloot AVEBE de laatste productielocatie (DWM te Veendam).

6.4 Aardappel als grondstof voor de biobased economy

6.4.1 Aardappelloof

Aardappelen hebben, vergeleken met bieten en granen, een lage ‘residue to product ratio’. Bij de productie van een ton aardappels komt 270 kg vrij aan aardappelloof. Dit blad wordt doodgebrand of geklapt (mechanisch beschadigd) en blijft achter op het land. In het verleden is het blad, voor het rooien van de aardappels, met ‘bestrijdingsmiddel’ behandeld. Dit werd gedaan om bij het rooien zo min mogelijk last te hebben van het loof.

In tegenstelling tot suikerbieten bevat dit loof weinig inhoudstoffen meer. Bij het ‘afrijpen’ van de aardappel (vlak voor het rooien) wordt het loof door de aardappelplant zelf afgebroken en alle nuttige stoffen worden opgeslagen in de aardappel (vd Krogt, 2014).

6.4.2 Aardappelzetmeel

Aardappelzetmeel wordt al veelvuldig toegepast in non-food applicaties (papier, textiel, afbreekbare plastics). Productie van een glucosestroop uit aardappels (aardappelstroop) is technische mogelijk maar ligt, gezien het sluiten van de laatste fabriek in Nederland, minder voor de hand.

7 Vraag chemische industrie

7.1 Inleiding

‘In de Biobased Economy gebruiken we biomassa niet alleen voor food en feed maar ook als grondstof voor materialen, chemicaliën en energie. Over de hoeveelheden biomassa die nodig zijn voor energie is al veel geschreven, voor de chemische industrie is dit echter nog niet eerder belicht’ (Blaauw, Bos et al. 2013).

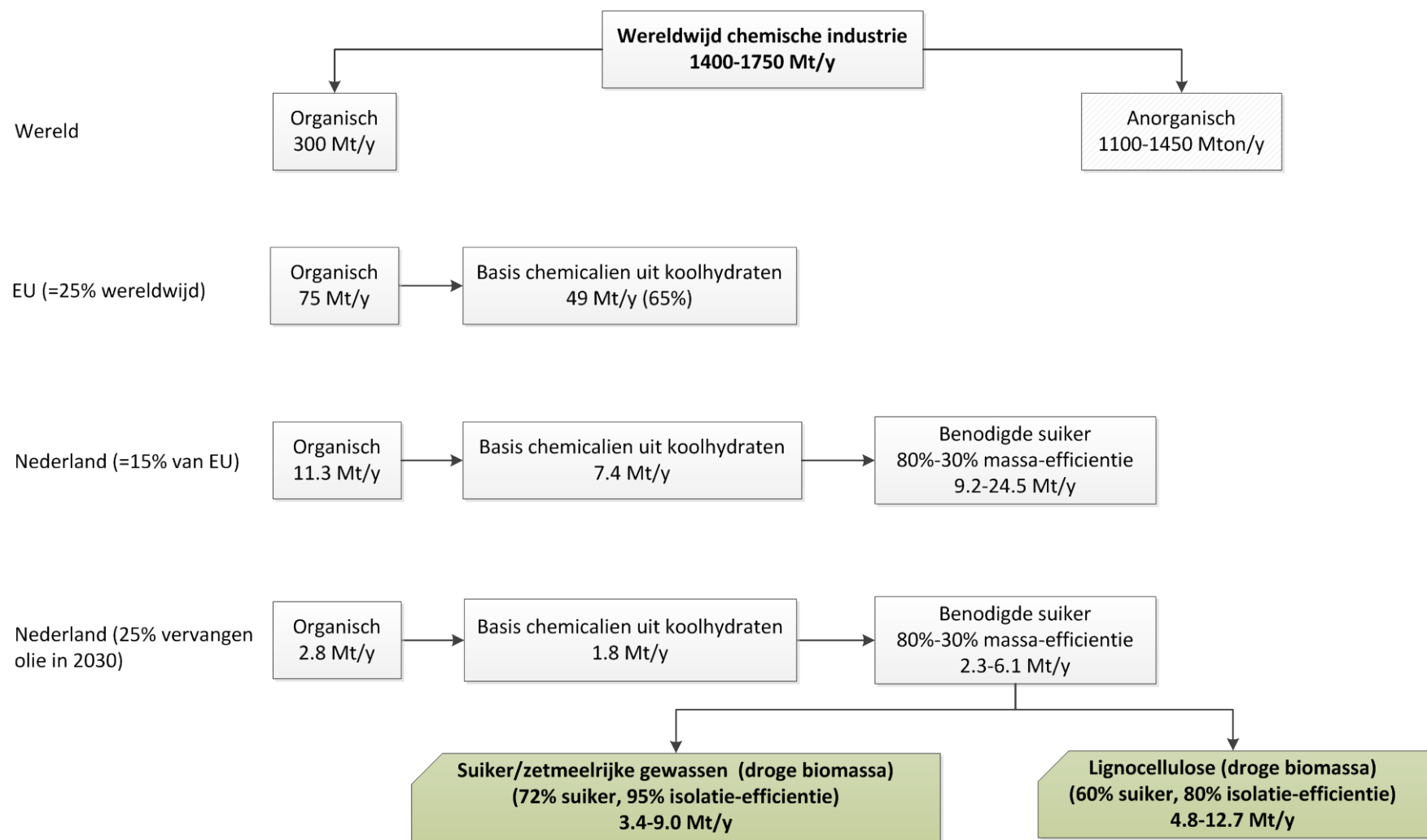
In dit hoofdstuk wordt een inschatting gegeven van de hoeveelheid suikers die nodig is om de chemische industrie in Nederland van grondstoffen te voorzien. Ook wordt een overzicht gegeven van de chemische bouwstenen die mogelijk op grote schaal uit suikers geproduceerd gaan worden. Routes van grondstof tot suiker tot chemische bouwsteen via fermentatie of chemische conversie worden toegelicht d.m.v. voorbeelden, inclusief een voorbeeldcase van een melkzuurfabriek in Nederland.

7.2 Biomassabehoefte voor de chemie

In een studie door Blaauw et al. is er een schatting gemaakt van de totale toekomstige behoefte van de chemische industrie in Europa aan biomassa voor het maken van chemicaliën en materialen en het genereren van de procesenergie die daarvoor nodig is (Blaauw, Bos et al. 2013). In die studie is de aanname gedaan dat Nederland qua volume ongeveer 15% van de Europese chemie uitmaakt. Hieruit blijkt dat, bij een lage groeiverwachting, tussen de 25-35 miljoen ton aan droge lignocellulose biomassa (met een samenstelling van 50% cellulose, 25% hemicellulose en 25% lignine) nodig is om voor de totale Nederlandse chemische industrie de petrochemische grondstoffen te vervangen door hernieuwbare grondstoffen. De Nederlandse chemie heeft de ambitie uitgesproken om 25% van de fossiele grondstoffen te vervangen in 2030; dit komt dan neer op 6-9 miljoen ton. Ter vergelijking: uit een eerdere studie over de Nederlandse biomassahuishouding in 2000 en 2030 (Elbersen, Janssens et al. 2011) komt naar voren dat er in Nederland elk jaar zo’n 43 miljoen ton droge biomassa meer wordt geteeld en geïmporteerd dan er wordt verbruikt en geëxporteerd (biomassa flux). Een groot deel hiervan wordt verteerd en gaat terug naar de bodem of wordt benut voor energieproductie (vergisting, compostering) maar mogelijk kan ook een deel worden ingezet voor de chemie.

In bovenstaande studie is uitgegaan van lignocellulose biomassa; onze studie heeft tot doel om te kijken naar het meest efficiënte gewas voor de chemische industrie. Dat is waarschijnlijk niet lignocellulose maar een suikerrijk of zetmeelrijk gewas (waarvan de lignocellulose nevenstromen nog steeds kunnen worden ingezet als grondstof voor de chemie). Met name bij scenario’s waarbij suiker de grondstof vormt voor de processen zal de biomassabehoefte sterk afnemen als er wordt gekozen voor suiker- of zetmeelrijke gewassen.

In Figuur 8 is een schema uitgewerkt voor een schatting naar de biomassabehoefte voor de Nederlandse situatie en de volgende redenering ligt hieraan ten grondslag:

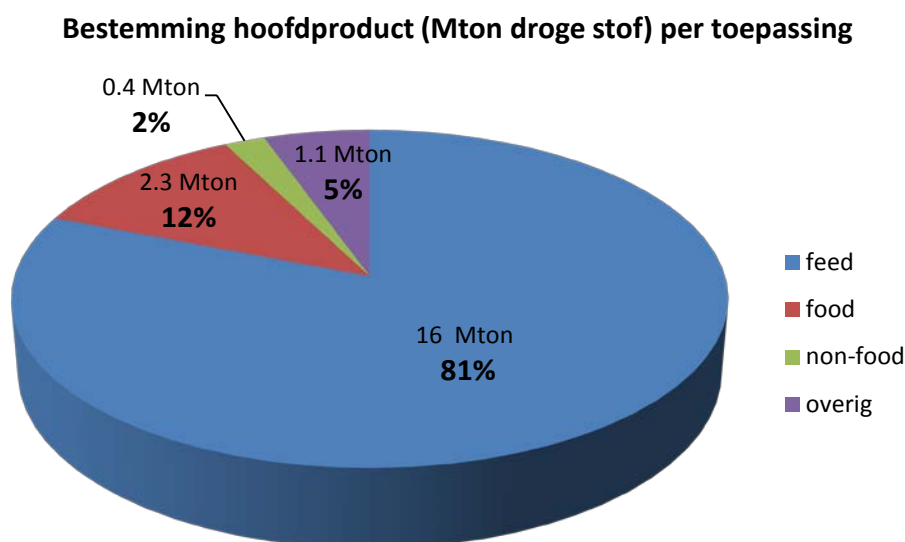


Figuur 8: Schatting van biomassabehoefte van de chemische industrie, uitgewerkt voor de Nederlandse situatie. Data gedeeltelijk afkomstig van Bos en Sanders (Bos and Sanders 2013).

- Volgens Bos en Sanders (Bos and Sanders 2013) wordt er wereldwijd momenteel 1400-1750 Mt/jaar aan chemische producten geproduceerd. Ongeveer 300 Mt/jaar zijn organische (nafta-gebaseerde) chemicaliën en 1100-1450 Mt/jaar anorganische chemicaliën. De organische chemicaliën bestaan voor een groot deel uit koolstof en kunnen in potentie vervangen worden door biomassa; voor de anorganische geldt dit niet en worden hier buiten beschouwing gelaten. Er wordt aangenomen dat de EU ongeveer 25% bedraagt van de wereldwijde productie waarmee de hoeveelheid organische chemicaliën ongeveer 75 Mt/jaar bedraagt. Uit de studie van Bos en Sanders blijkt dat ongeveer 49 Mt/jaar van deze chemicaliën in potentie uit koolhydraten kan worden gemaakt (65%). Met de aanname uit de studie van Blaauw dat Nederland ongeveer 15% van de Europese markt uitmaakt, komt de totale hoeveelheid organische verbindingen op 11.3 Mt/jaar en de basis chemicaliën uit koolhydraten 7.4 Mt/jaar (65%).
- Nu moet er een schatting worden gegeven van de massa-efficiëntie waarmee suikers worden omgezet in chemicaliën. Dit is afhankelijk van het eindproduct. Zo kan chemisch gezien maar 51% van de suiker worden omgezet naar ethanol omdat naast ethanol ook nog CO₂ en water wordt gevormd. Wordt de ethanol vervolgens omgezet naar etheen blijft er nog maar 31% over van de oorspronkelijke hoeveelheid suiker. Melkzuur uit suiker daarentegen is een voorbeeld van een zeer efficiënte omzetting: uit 1 molecuul suiker kunnen 2 moleculen melkzuur worden gemaakt zonder nevenproducten, dus 100% massa-efficiëntie. Voor de berekening in Figuur 8 is gerekend met een massa-efficiëntie tussen de 30 en 80%. Met deze aanname wordt de benodigde hoeveelheid suiker geschat op 9.2-24.5 Mton/jaar als de hele Nederlandse chemische industrie overstapt van petrochemische grondstoffen naar hernieuwbare grondstoffen. Met de ambitie van Nederland om in de chemie 25% van de fossiele grondstoffen te vervangen door hernieuwbare grondstoffen in 2030 komt de benodigde hoeveelheid suiker op 2.3-6.1 Mton/jaar.
- Vervolgens is berekend hoeveel suiker- of zetmeelrijke biomassa nodig is om aan de vraag van 2.3-6.1 Mton/jaar suiker te voldoen. Daarvoor zijn de gemiddelde waarden van suikergehalte en isolatie-efficiëntie berekend uit de data in Tabel 1. Ter vergelijking is ook de hoeveelheid lignocellulose biomassa berekend, waarbij is aangenomen dat lignocellulose een suikergehalte heeft van 60% (uit cellulose en hemicellulose) en een isolatie-efficiëntie van 80%. Uit deze berekening komt naar voren dat aan suiker- of zetmeelrijke gewassen dan 3.4-9.0 Mt/jaar nodig is en voor lignocellulose 4.8-12.7 Mt/jaar.
- Uit deze suikerstromen kunnen vervolgens chemicaliën worden geproduceerd zoals beschreven in de volgende paragrafen voor de chemische bouwstenen ethanol, melkzuur, barnsteenzuur en 2,5-FDCA. De kwaliteit/zuiverheid van de suiker heeft grote invloed op de omzettings-efficiëntie van suiker naar product. Niet alle aanwezige suikers zullen worden omgezet en een deel van de suiker zal achterblijven in een nevenstroom. De omzettings-efficiëntie zal voor lignocellulose lager liggen dan voor suiker- en zetmeelrijke gewassen en om deze reden zal het verschil in biomassabehoefte tussen suiker- en zetmeelrijke gewassen en lignocellulose biomassa groter worden naarmate je verder in de keten komt.

Het position paper van Carus en Dammer van het Nova Instituut (Carus and Dammer 2013) levert een bijdrage aan het debat over de inzet van voedselgewassen voor andere toepassingen dan food en feed. Zij stellen dat alle biomassa voor industrieel gebruik én voor voeding moet kunnen worden toegepast. Welk gewas het meest geschikt is zal afhangen van hoe duurzaam en efficiënt de biomassa kan worden geproduceerd. Uit studies is gebleken dat veel voedselgewassen efficiënter zijn in de productie van bijvoorbeeld fermenteerbare suikers waardoor minder land nodig is. Daarnaast zijn de ketens voor deze gewassen volledig ontwikkeld en worden nevenstromen zeer efficiënt benut; een mooi voorbeeld daarvan is de suikerbiet. Een ander aspect is dat voedselgewassen zowel voor food als non-food kunnen worden ingezet. Zo kan in tijden van voedselschaarste gekozen worden voor een toepassing als voedsel in plaats van industrieel gebruik. Een niet-voedsel gewas kan echter alleen worden ingezet voor industriële toepassingen.

Als de biomassabehoefte voor de Nederlandse chemie gerelateerd wordt aan de huidige productie blijkt dat 3.4-9.0 Mton/jaar aan suiker of zetmeelrijke gewassen voor de chemie een grote hoeveelheid is. In Nederland wordt op agrarisch terrein (55% van het totale grondverbruik)(Meesters, Boonekamp et al. 2010) totaal 22.6 Mton droge biomassa geproduceerd waarvan 19.7 Mton hoofdproduct (graan, biet, aardappel etc). De onderverdeling naar toepassing van deze hoofdproducten is weergegeven in onderstaand figuur, en hieruit blijkt dat het grootste deel (81%, 16 Mton) wordt gebruikt voor feed. Hierbij moet worden aangetekend dat Nederland een relatief zeer grote chemische industrie heeft (15% van de Europese productie) en slechts een klein land is. Op Europese schaal is de verhouding gewasproductie ten opzichte van de vraag uit de chemie veel gunstiger.



Figuur 9: Huidige productie van hoofdproducten (graan, biet, aardappels etc) op Nederlands agrarisch terrein, onderverdeeld naar toepassing.

7.3 Polymeren en chemicaliën

De wereldwijde productie van petrochemische polymeren en chemicaliën wordt geschat op 330 Mton/jaar (De Jong, Higson et al. 2012) waarvan het grootste deel (ongeveer 80%) bestaat uit polymeren. Hiervoor wordt 9% van de beschikbare fossiele brandstoffen (olie, gas, kolen) gebruikt. Daarnaast wordt door de Jong et al. (De Jong, Higson et al. 2012) de wereldwijde biobased chemicaliën- en polymerenproductie geschat op 50 Mton/jaar. Dit is inclusief biobased plastics uit natuurlijke polymeren zoals cellulose en zetmeel die al jarenlang op industriële schaal geproduceerd worden.

In de chemische industrie is het marktvolume dat plastics innemen veruit het grootst. Grondstoffen voor de chemische industrie zijn nog voornamelijk van petrochemische oorsprong, maar op het gebied van plastics zijn al veel ontwikkelingen gaande om de overstap te maken van petrochemische grondstoffen naar hernieuwbare grondstoffen (Harmsen and Hackmann 2012). Volgens Carus (Carus 2013) groeit de productiecapaciteit van polymeren van 235 Mton in 2011 naar 400 Mton in 2020. Het aandeel biobased polymeren zal stijgen van 3.5 Mton in 2011 naar 12 Mton in 2020, waarmee het biobased deel stijgt van 1.5% naar 3%. Grootste groei wordt voorzien in chemische bouwstenen die chemisch identiek zijn aan de petrochemische tegenhangers (zogenaamde drop-ins) en die direct kunnen worden ingepast in de huidige industriële infrastructuur. Daarnaast zijn er voorbeelden van nieuwe chemicaliën en materialen uit hernieuwbare grondstoffen met unieke eigenschappen die veelal niet of moeilijk uit petrochemische grondstoffen geproduceerd kunnen worden, zoals melkzuur. Rondom deze bouwstenen ontstaan vaak nieuwe producten en markten (Harmsen and Hackmann 2012).

Table 1. Promising bio-based chemical targets as assessed in 2004 and 2010.^{6,7}

Bio-based chemical opportunities	
2004	2010
1,4-Dicarboxylic acids (succinic, fumaric and malic)	Succinic acid
2,5-Furan dicarboxylic acid	Furanics
3-Hydroxy-propionic acid	Hydroxypropionic acid/aldehyde
Glycerol	Glycerol and derivatives
Sorbitol	Sorbitol
Xylitol/Arabinitol	Xylitol
Levulinic acid	Levulinic acid
Aspartic acid	-
Glucaric acid	-
Glutamic acid	-
Itaconic acid	-
3-Hydroxybutyrolactone	-
-	Biohydrocarbons
-	Lactic acid
-	Ethanol

Polymeren en chemicaliën worden gemaakt uit een aantal basis chemische bouwstenen die op grote schaal geproduceerd worden (bulkchemicaliën). Deze chemicaliën kunnen vervolgens door chemische reacties omgezet worden tot een scala aan chemische bouwstenen. Huidige bulkchemicaliën zijn bijvoorbeeld ethanol, ethyleen of propyleen; potentiële nieuwe bulkchemicaliën zijn melkzuur en 2,5-FDCA. Over dit onderwerp zijn al vele rapporten geschreven. Een zeer bekende studie is afkomstig van het Amerikaanse Department of Energy (DOE) waarbij een overzicht is gemaakt van de meest veelbelovende chemische bouwstenen voor de toekomst (zie tabel hiernaast) (Werpy and Petersen 2004; Bozell and Petersen 2010).

In de volgende paragrafen wordt een aantal van deze bouwstenen uitgelicht om als voorbeeld te dienen voor de productie van chemische bouwstenen uit biomassa. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen fermentatie en chemische conversie als productieroute. Uit de lijst van meest veelbelovende chemicaliën worden de volgende 4 bouwstenen voor biobased plastics behandeld:

- Ethanol als grondstof voor de productie van etheen, het monomeer voor PE. PE is de meest gebruikte kunststof ter wereld met een productievolume van 88 Mton/jaar. Etheen is een bulkproduct met een productievolume van meer dan 100 Mton/jaar.
- Melkzuur als grondstof voor de productie van PLA, een (biodegradeerbaar) polyester. Het productievolume van PLA is momenteel 250 kton/jaar en het is de verwachting dat dit de komende jaren sterk zal groeien.
- Barnsteenzuur is door de chemische structuur (dizuur) breed toepasbaar. Het is het monomeer voor PBS (een polyester) en vormt de intermediair voor bv dialcoholen. Huidige productiecapaciteit wordt geschat op 4 kton/jaar met een groei naar 637 kton/jaar in 2020 (Weastra 2012).
- 2,5-FDCA is een furaanverbinding en is net als barnsteenzuur een dizuur. Het is één van de twee monomeren voor PEF, een polyester die als vervanging kan dienen voor PET, een van de grootste plastics met een productievolume van 50 Mton/jaar.

7.4 Fermentatie

7.4.1 Inleiding

Fermentatie is het omzetten van een biologisch substraat tot een product met behulp van micro-organismen zoals bacteriën, celculturen of schimmels. Het biologisch substraat is over het algemeen een suikeroplossing. Fermentatie kan plaatsvinden in afwezigheid van zuurstof (anaeroob) of in aanwezigheid van zuurstof (aeroob). Bekende voorbeelden zijn vergisting van biomassa tot biogas, suiker tot alcohol en CO₂ voor de productie van wijn, bier en brood, en de omzetting van melksuiker tot melkzuur voor de productie van bijvoorbeeld yoghurt.

Fermentatieprocessen worden gekenmerkt door de volgende aspecten:

- Procescondities zijn van groot belang. Zo kunnen micro-organismen maar een bepaalde suikerconcentratie aan (en dit varieert weer per micro-organisme). Als er wordt uitgegaan van batchprocessen zijn gebruikelijke suikerconcentraties maximaal 120 g/l. Deze zogenaamde substraat-inhibitie (remming van het proces door het substraat, in dit geval suiker) kan worden voorkomen door tijdens de fermentatie het substraat gedoseerd toe te voegen (fed-batch).
- Naast substraat-inhibitie zijn micro-organismen ook gevoelig voor het product wat ze produceren. Eindproducten zijn vaak meer toxisch dan het substraat, de suiker, dus ze remmen al bij lagere concentraties. Product-inhibitie kan worden vermeden door tijdens het proces het product al te verwijderen.

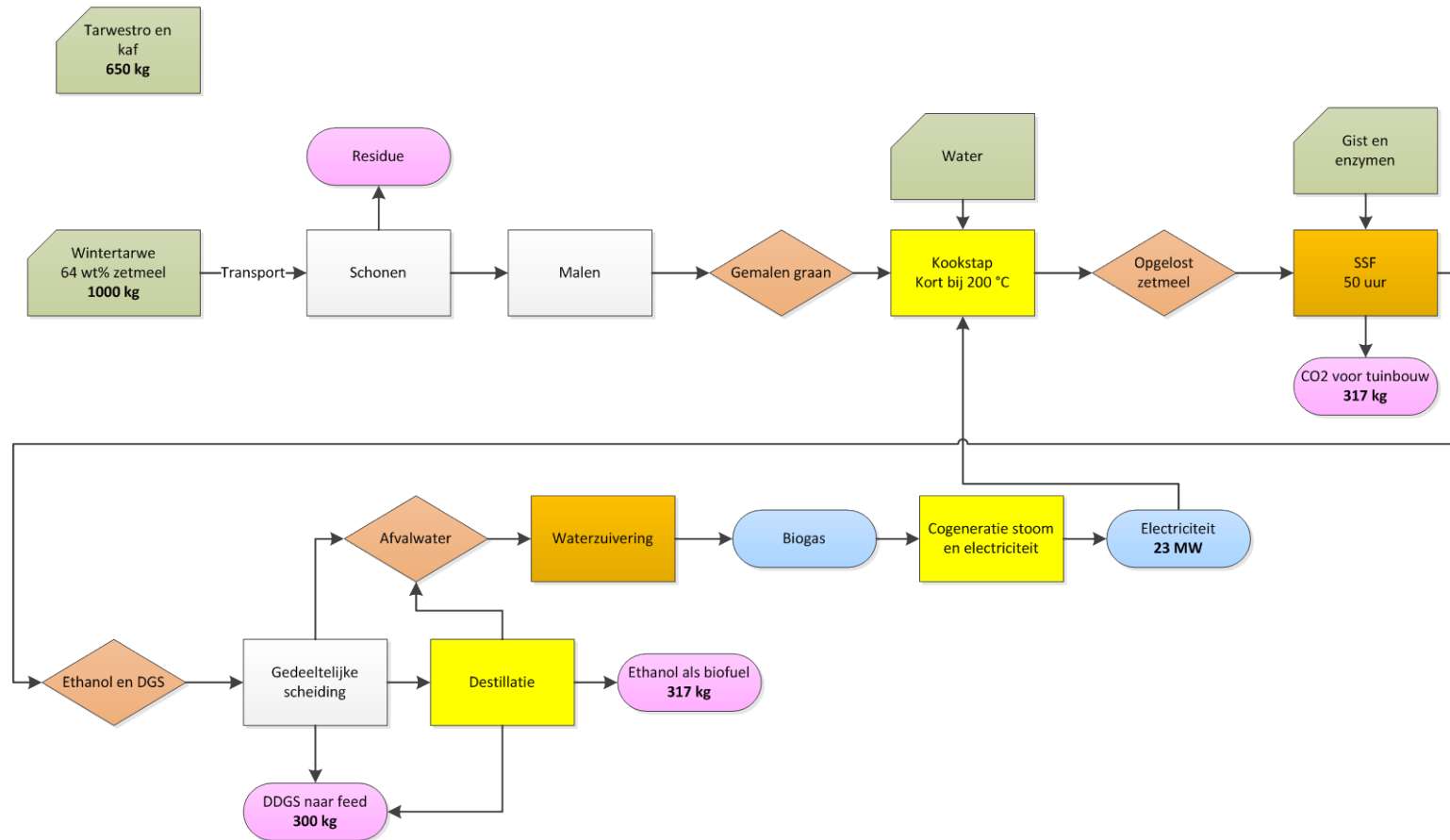
- Tenslotte kunnen ook andere stoffen in het fermentatiemedium het proces hinderen. Een bekend voorbeeld hiervan is de aanwezigheid van azijnzuur bij de productie van ethanol. In deze paragraaf worden een aantal voorbeelden uitgewerkt van huidige industriële fermentatieprocessen.

7.4.2 Ethanol

Ethanol wordt momenteel hoofdzakelijk geproduceerd uit suikerriet in Brazilië (sacharose) of mais (zetmeel) in Noord-Amerika. Daarnaast is de industriële productie van ethanol uit lignocellulose sterk in ontwikkeling. In het schema op de volgende bladzijde is de productie van ethanol uit tarwe weergegeven zoals dat momenteel door Abengoa in Rotterdam wordt gedaan (Abengoa Bioenergy).

- In het standaard verwerkingsproces van tarwe tot ethanol wordt het zetmeel niet gezuiverd zoals dat is weergegeven in Figuur 5 maar gaat het geschoonde graan direct na malen en mengen met water de kookstap in (jetcooker).
- Omzetting van zetmeel tot ethanol vindt plaats in 1 stap genaamd SSF (simultaneous saccharification and fermentation), waarbij de hydrolyse van zetmeel tot glucose en de fermentatie van glucose tot ethanol gelijktijdig gebeurt.
- Scheiding van fracties voorafgaand aan de SSF is niet nodig als het product een vluchtige component is die door destillatie kan worden geïsoleerd uit het fermentatiemedium zoals ethanol. Een dergelijk schema kan ook worden opgesteld voor ethanol uit mais. Het proces zal er anders uitzien voor niet vluchtige componenten zoals melkzuur en barnsteenzuur (zie volgende paragraaf).
- De Abengoa plant in Rotterdam heeft een jaarlijkse bioethanol productiecapaciteit van 127 Mgal (=480 miljoen liter), een DDGS productiecapaciteit van 360 kton, een elektriciteitsproductie van 400.000 MWh en een graanverbruik van 1,2 Mton (graan wordt geïmporteerd).
- Een belangrijk nevenproduct is de DDGS, een eiwitrijke nevenstroom die overblijft na destillatie van het fermentatiemedium. Vanwege de beperkte fractionering van graan in het begin van het proces is dit een aanzienlijke stroom; bijna net zoveel als de ethanol productie.

Van tarwe tot EtOH (Abengoa, Rotterdam)



Figuur 10: Verwerking van tarwe tot ethanol, DDGS, CO₂ en elektriciteit door Abengoa in Rotterdam

7.4.3 Melkzuur en PLA

Melkzuur wordt door anaerobe fermentatie geproduceerd uit C6-suikers zoals glucose en fructose. Industriële productie van melkzuur loopt voornamelijk via de biochemische route en heeft in dat opzicht geen petrochemische tegenhanger. De productie van PLA uit biomassa is uitgebreid beschreven in het rapport 'Van biomassa tot PLA; economische aspecten' van Harmsen et al. (Harmsen, Lips et al. 2011) en een aantal belangrijke aspecten uit dat rapport zijn hier opgenomen.

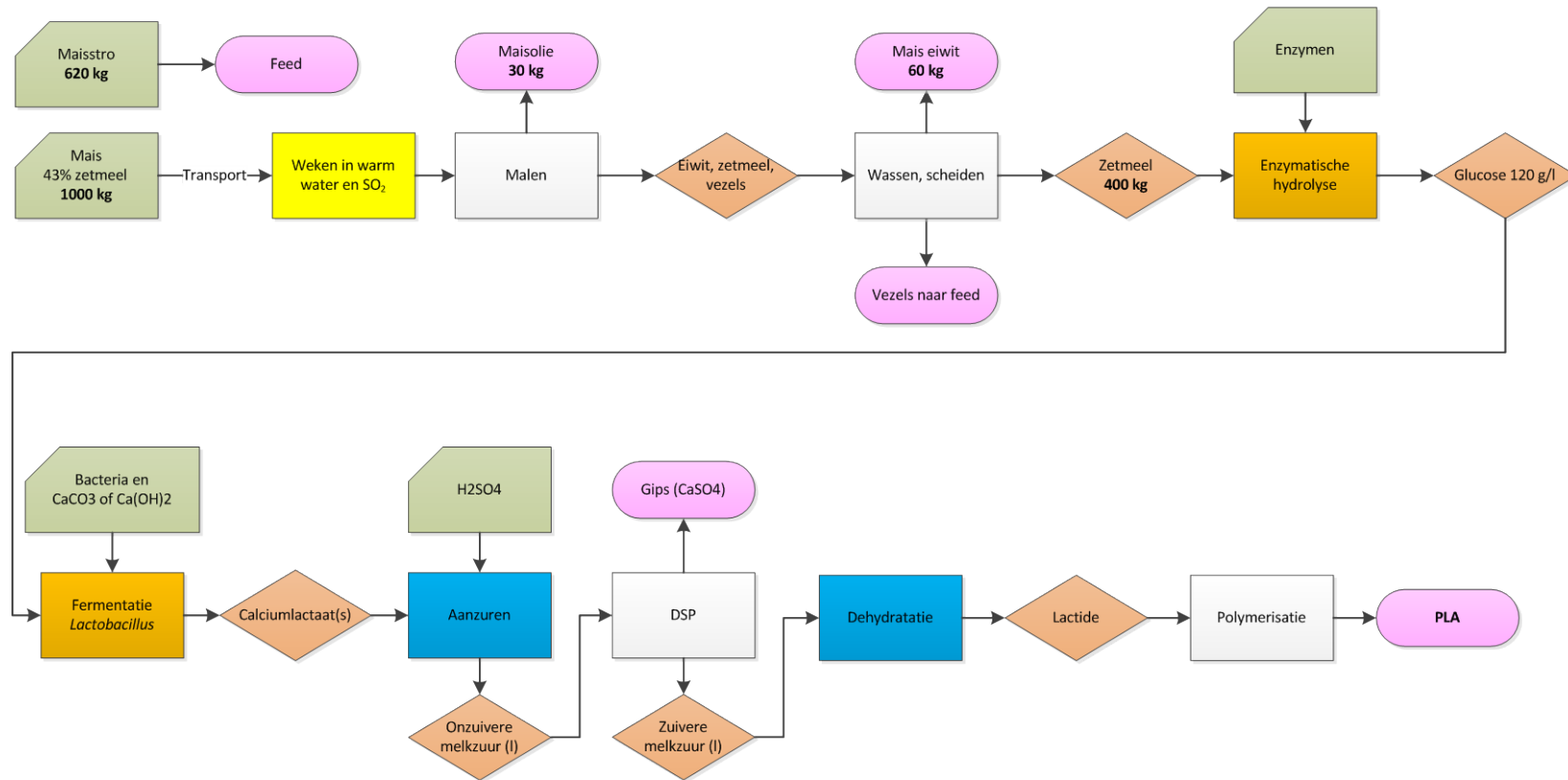
Verskillende micro-organismen kunnen melkzuur produceren, maar voor commerciële toepassingen wordt vaak *Lactobacillus* toegepast. Voor anaerobe fermentatie zoals met *Lactobacillus* zitten de grootste kosten in het fermentatiemedium (met name de suikeroplossing). Nadat melkzuur is gevormd neemt de pH van het fermentatiemedium af. Aangezien de meeste organismen niet optimaal groeien bij dergelijke lage pH moet de pH aangepast worden naar hogere waarden door toevoegen van een base. Als calciumcarbonaat of calciumhydroxide wordt gebruikt voor het verhogen van de pH wordt calciumlactaat gevormd dat neerslaat in het fermentatiemedium. Vervolgens moet het melkzuur weer opgelost worden in het medium door middel van zwavelzuur en hierbij ontstaat gips (calcium sulfaat) als afvalstroom.

Na de fermentatie wordt het melkzuur geïsoleerd uit het fermentatiemedium en gezuiverd tot een bepaald niveau, daarbij maakt het niet uit of het gaat om D- of L-melkzuur. Voor het verkrijgen van een optisch zuiver melkzuur (alleen D of L) moeten hoge temperaturen vermeden worden, anders kan er alsnog een racemisch mengsel (mengsel D- en L-melkzuur) ontstaan.

De fermentatie van melkzuur uit suiker heeft vergeleken met ethanol een zeer hoog theoretisch rendement. Uit 1 molecuul glucose worden 2 moleculen melkzuur gevormd (theoretisch rendement 100%), terwijl bij ethanol naast 2 moleculen ethanol ook nog 2 moleculen CO₂ worden gevormd (theoretisch rendement 51%). Daar staat tegenover dat het isoleren en zuiveren van melkzuur uit het fermentatiemedium (DSP, down stream processing) complex en kostbaar is, terwijl ethanol relatief eenvoudig door destillatie gewonnen kan worden. Over het algemeen wordt voor commercieel PLA melkzuur gebruikt met een hoge chemische en optische zuiverheid. Melkzuur met een lagere zuiverheid resulteert in PLA van lagere kwaliteit en lagere yield' (Harmsen, Lips et al. 2011).

Hieronder is schematisch weergegeven hoe melkzuur op industriële schaal uit mais kan worden geproduceerd zoals dat mogelijk wordt gedaan door Nature Works in Amerika, s' werelds grootste PLA producent.

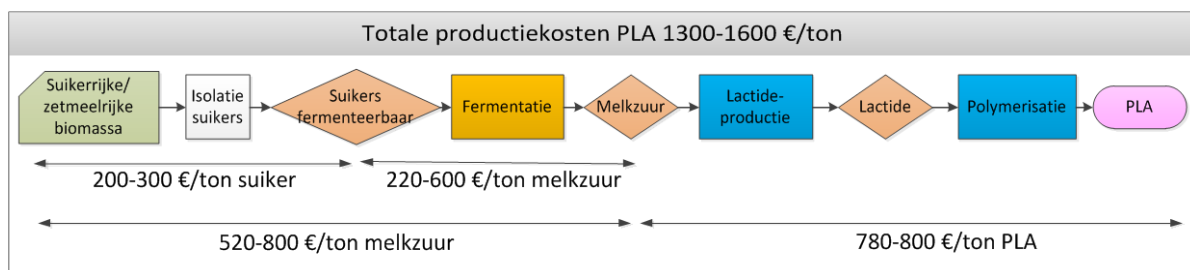
Van mais tot melkzuur en PLA (Natureworks)



Figuur 11: Verwerking van mais tot melkzuur en PLA

- Er is aangenomen dat de mais bestaat uit 43% zetmeel. Efficiency van het proces (hoeveel melkzuur of PLA wordt er geproduceerd uit 1000 kg mais) is niet bekend.
- Na de fermentatie naar melkzuur moet het melkzuur in de DSP verder worden gezuiverd. Dit is een complex onderdeel met meerdere stappen, hier weergegeven door 1 blokje.
- Polymerisatie van melkzuur tot PLA verloopt ook in meerdere stappen (hier weergegeven door 1 blokje) waarbij het melkzuur eerst wordt omgezet naar een lactide. Lactide wordt vervolgens gepolymeriseerd tot PLA.

Voor de huidige productie van PLA uit suikerrijke of zetmeelrijke gewassen is een beperkte hoeveelheid aan industriële gegevens gepubliceerd. De kostprijsverdeling (voor de Nederlandse situatie) ziet er globaal als volgt uit:



PLA wordt momenteel aangeboden voor 1800-1900 €/ton door NatureWorks die door de schaalgrootte en grondstofkeuze deze relatief lage prijs kan hanteren. De werkelijke productiekosten van PLA worden geschat op 1300-1600 €/ton waarvan 40-50% afkomstig is van de melkzuurproductie. Hieruit volgt dat productie van melkzuur (inclusief grondstoffen) ongeveer 520-800 €/ton kost en de productie van PLA uit melkzuur 780-800 €/ton (zie bovenstaand schema). (Harmsen, Lips et al. 2011)

De prijs van fermenteerbare suikers uit Nederlandse gewassen is een schatting gebaseerd op waardes bepaald in het rapport van Harmsen et al. uit 2011 (exclusief proceskosten). Schattingen van initiële investeringen en productiekosten laten zien dat met name de fermentatiestap van grote invloed is op de productiekosten. Dat blijkt ook uit bovenstaande berekening, de kosten van de fermentatiestap inclusief opwerking worden geschat tussen de 220 en 600 €/ton melkzuur.

7.4.4 Barnsteenzuur

Barnsteenzuur is een dicarbonzuur. De conventionele productieroute van barnsteenzuur uit petrochemische grondstoffen is via hydrolyse van maleinezuuranhydride. Petrochemisch barnsteenzuur wordt nu nog met name toegepast in nichemarkten omdat productie duur is. Het is de verwachting dat een goedkopere biobased productie van barnsteenzuur zal leiden tot een grotere markt vraag.

Barnsteen­zuur kan met behulp van vers­chil­len­de orga­nis­men (bacteriën, gisten) via fer­men­ta­tie uit glucose worden verkregen. Een groot voor­deel van bio­based barn­steen­zuur ver­ge­le­ken met petrochemische productie is het gebruik van hernieuwbare grondstoffen, het CO₂ verbruik tijdens fermentatie en de mildere proces­con­di­ties. Daartegenover staat dat fermentaties (in het algemeen) vaak grote capaciteit vergen door sterke verdunning van substraten en producten en lange reactietijden.

Omdat het veel ingewikkelder is om barn­steen­zuur (vaste stof, matig oplosbaar in water) uit een fer­men­ta­ti­e­medium te isoleren (Down Stream Processing, DSP) dan bijvoorbeeld ethanol (vloeibaar, vluchtig) is het belangrijk een zo groot mogelijke opbrengst aan barn­steen­zuur met zo min mogelijk bij­pro­ducten te krijgen. Hiervoor wordt veel onderzoek gedaan. (Harmsen, Sperber et al. 2010)

Een van de grootste barn­steen­zuur­pro­du­centen is BioAmber. Zij produceren al sinds 2010 barn­steen­zuur met een hoge zuiverheid (350.000 liter schaal fermentor, eigendom ARD). Grondstoffen hiervoor zijn suikers uit suikerbiet en tarwe, dus zowel sacharose als zetmeel. Het proces is geïntegreerd in een bestaande bioraffinage plant; zo levert bijvoorbeeld de bioethanol fabriek de benodigde CO₂. BioAmber is een joint-venture aangegaan met Mitsui voor de productie van barn­steen­zuur op commerciële schaal in Noord-Amerika (Sarnia, Ontario). De fabriek heeft een capaciteit van 30 kton en zal in 2014 starten met de productie (BioAmber). Gezien de sterke overeenkomsten met de fermentatie van suiker tot melkzuur is hier geen apart schema opgenomen voor barn­steen­zuur.

7.5 Chemische conversie

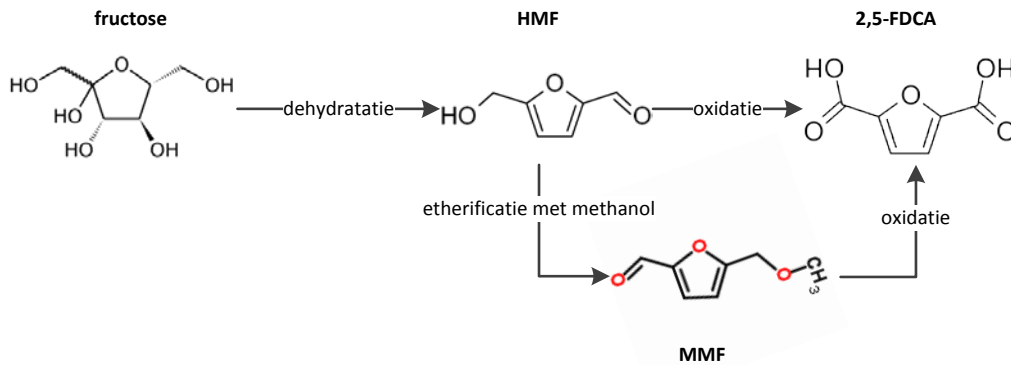
7.5.1 Inleiding

Naast fermentatie zijn ook chemische routes denkbaar voor de productie van chemicaliën uit biomassa. Voorbeelden van dergelijke routes zijn aanzienlijk minder talrijk dan van de fermentatieve routes. Zo is er het BioForming proces van Virent (Virent) voor de productie van paraxyleen voor o.a. 100% biobased PET, en de productie van adipinezuur en hexaandiamine door Rennovia (Rennovia) voor 100% biobased polyamide 6,6. Een ander voorbeeld is 2,5-FDCA voor de productie van PEF en deze route is in meer detail hieronder beschreven.

7.5.2 2,5-FDCA

De furaanverbinding 2,5-FDCA (furaandicarbonzuur) kan via een aantal stappen worden verkregen uit suiker (zie onderstaand schema). Fructose dient als grondstof en wordt door dehydratatie omgezet in HMF (hydroxymethylfurfural) dat vervolgens kan worden omgezet naar 2,5-FDCA. Fructose is uitermate geschikt voor de productie van HMF vanwege de 5-ring structuur; glucose kan ook als grondstof dienen maar moet dan wel eerst door isomerisatie worden omgezet tot fructose.

Grootste bottleneck in de route van fructose tot 2,5-FDCA is de instabiliteit van het intermediair HMF en er wordt dan ook veel onderzoek gedaan naar alternatieve routes voor de productie van 2,5-FDCA. Avantium heeft gekozen voor de route via het meer stabiele MMF (methoxymethylfurfural) en is momenteel bezig met het opschalen van de continue productie van MMF.

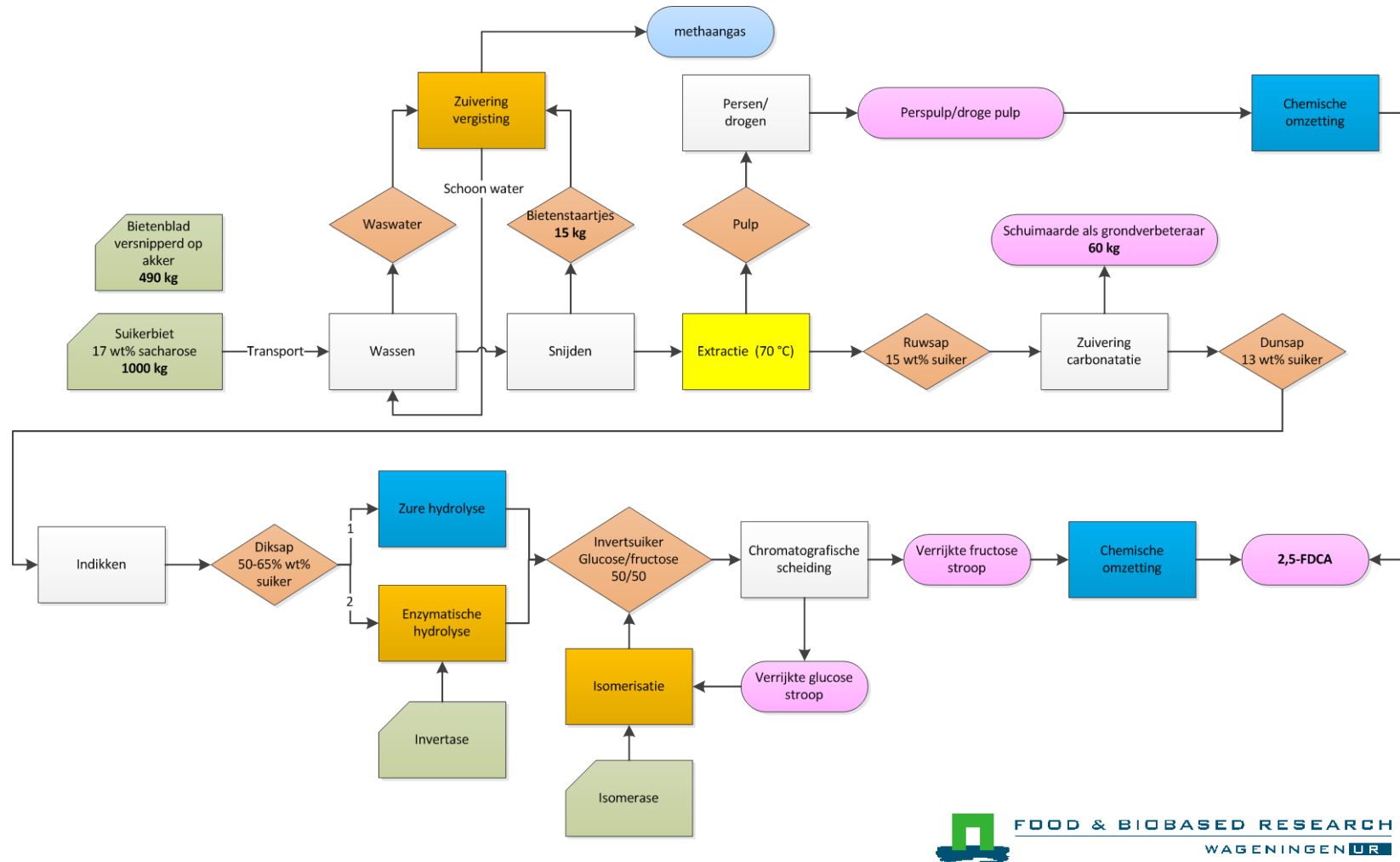


Figuur 12: Chemische conversie van fructose tot 2,5-FDCA

Avantium gebruikt momenteel suikers uit eerste generatie grondstoffen. Welke gewassen als grondstof dienen is niet bekend maar waarschijnlijk zijn het suikerstropen uit mais of tarwe. Suikerbieten zijn ook een interessante grondstof voor 2,5-FDCA aangezien sacharose uit suikerbiet al voor 50% bestaat uit fructose. Daarnaast bevat de suikerbietenpulp veel pectines die ook kunnen worden omgezet tot 2,5-FDCA. Het schema op de volgende bladzijde geeft weer hoe de productie van 2,5-FDCA uit suikerbiet eruit zou kunnen zien.

- We hebben aangenomen dat diksap een geschikte grondstof is voor de productie van 2,5-FDCA, maar de optimale suikerconcentratie voor deze route is niet bekend. Het is dus ook mogelijk dat dunsap geschikt is.
- De sacharose in het diksap zal moeten worden gesplitst in monomere suikers glucose en fructose. Dit kan op twee manieren, via zure hydrolyse of via enzymatische hydrolyse met het enzym invertase.
- Na de hydrolyse wordt een mengsel gekregen van 50% glucose en 50% fructose (invertsuiker). Deze suikerstroop kan worden omgezet tot een verrijkte fructose stroop voor de verdere chemische omzetting tot 2,5-FDCA. Ook voor deze chemische conversie van fructose naar 2,5-FDCA is niet bekend wat de meest optimale suikerconcentratie is en wat mogelijk storende elementen zouden kunnen zijn.

Voorbeeldcase: van suikerbiet tot 2,5-FDCA



Figuur 13: Mogelijke verwerking van suikerbieten tot 2,5-FDCA

7.6 Voorbeeldcase: 100 kt/jaar melkzuur fabriek in Nederland

In de vorige paragrafen zijn voorbeelden gegeven van de omzetting van grondstoffen naar chemische bouwstenen. In deze paragraaf is een voorbeeldcase uitgewerkt voor een melkzuurfabriek in Nederland met een productiecapaciteit van 100 kton/jaar. Voor deze hoeveelheid melkzuur is 133 kton aan fermenteerbare suikers nodig (Harmsen, Lips et al. 2013).

In deze studie zijn de Nederlandse gewassen suikerbiet, wintertarwe, korrelmais en zetmeelaardappel geëvalueerd als potentiële grondstof voor de BBE, en onderstaande tabel geeft per gewas weer hoeveel landbouwgrond nodig is om de vraag van 133 kton/ jaar suiker te voldoen. Aannames en aanvullende informatie is per gewas onder de tabel weergegeven.

Tabel 4: Nederlandse gewassen als potentiële grondstof voor een melkzuurfabriek

Gewas	Areaal (in 2006)	Opbrengst hoofdproduct (nat)	Hoofdproduct (nat)	Suikeropbrengst	Hoofdproduct (nat) nodig voor 133 kton suiker	Areaal nodig	% Huidig areaal
	<i>ha</i>	<i>ton/ha</i>	<i>Ton</i>	<i>% hoofdproduct</i>	<i>ton</i>	<i>ha</i>	<i>%</i>
Suikerbiet	82,780	65.4	5,413,812	16%	831,250	12,710	15%
Wintertarwe	121,500	8.7	1,057,050	61%	218,033	25,061	21%
Korrelmais	19,770	10.2	201,654	40%	332,500	32,598	165%
Zetmeelaardappel	49,590	37.6	1,864,584	18%	738,889	19,651	40%

- *Suikerbiet*

Meest geschikte stroom lijkt het dunsap. Deze sacharose oplossing van 130 g/l heeft al de goede suikerconcentratie voor een fermentatie. Het is aannemelijk dat de melkzuurorganismen de sacharose kunnen omzetten naar melkzuur. Voor het verkrijgen van dunsap hebben een aantal processtappen plaatsgevonden maar zijn de suikerverliezen minimaal. Daarom is voor deze berekening aangenomen dat de suikeropbrengst 16 wt % van de verse suikerbiet bedraagt. De perspulp kan eventueel ook worden ingezet voor de productie van melkzuur.

- *Wintertarwe*

Voor melkzuur uit wintertarwe is het, gezien het huidige industriële proces uit mais (zie Figuur 11), het meest waarschijnlijk dat het gezuiverde zetmeel wordt gebruikt voor de fermentatie naar melkzuur. Voor de berekening in Tabel 4 is dan gerekend met een suikeropbrengst van 61 wt% van de graankorrel die beschikbaar is voor fermentatie. Wintertarwe heeft als voordeel dat per ton graan ook nog 650 kg aan lignocellulose biomassa wordt geproduceerd wat ook kan worden omgezet tot melkzuur.

- *Korrelmais*

Het proces uit mais is weergegeven in Figuur 11 op pagina 40. Voor de berekening in bovenstaande tabel is gerekend met een suikeropbrengst van 40 wt% van de maiskorrel. Mais heeft als voordeel dat er per ton mais ook nog 620 kg maisstro wordt geproduceerd wat ook kan worden verwerkt tot melkzuur. In de VS wordt momenteel door DSM en POET een commerciële fabriek gebouwd die maisstro gaat omzetten naar fermenteerbare suikers voor de productie van ethanol.

- *Zetmeelaardappel*

Voor melkzuur uit aardappels zal ook de zuivere zetmeelstroom worden ingezet voor de fermentatie naar melkzuur. Voor de berekening is gerekend met een suikeropbrengst van 18 wt% van de verse aardappel. Naast aardappels worden er geen nevenstromen geproduceerd zoals stro of blad wat ook zou kunnen worden omgezet naar melkzuur.

Uit deze vergelijking blijkt dat suikerbiet het meest interessante gewas is, zowel procestechnisch gezien als qua landgebruik. Wintertarwe is ook een interessant gewas, mede door de grote hoeveelheid stro als nevenproduct. Uit deze vergelijking volgt dat een melkzuurfabriek van deze omvang een groot deel van het huidige areaal aan suikerbieten of wintertarwe in beslag zou nemen voor de productie van melkzuur.

7.7 Samenvatting

In dit hoofdstuk is de nadruk gelegd op de vraag van de chemie: wat is de behoefte aan toekomstige biomassa en welke chemische bouwstenen zullen in de toekomst op grote schaal worden geproduceerd? Om deze vraag te kunnen beantwoorden is met name gekeken naar bouwstenen voor biobased plastics als eindproduct omdat plastics ongeveer 80% uitmaken van de totale chemie.

We hebben een schatting gemaakt van de biomassabehoefte voor de Nederlandse chemie in 2030 als 25% van de petrochemische grondstoffen worden vervangen door hernieuwbare grondstoffen. Hieruit bleek dat 3.4-9.0 Mton/jaar aan suiker of zetmeel of 4.8-12.7 Mton/jaar aan lignocellulose biomassa nodig is. Suikerstromen uit deze gewassen kunnen vervolgens worden omgezet naar chemische bouwstenen waarbij de kwaliteit/zuiverheid van de suikerstroom van grote invloed is op de omzettings-efficiëntie. Dit zal voor lignocellulose lager liggen dan voor suiker of zetmeel waardoor er verschil in biomassabehoefte tussen de twee typen biomassa bestaat.

De range in de berekening van biomassabehoefte is afkomstig van de range in massa-efficiëntie. Dit is de theoretische efficiëntie waarmee suikers kunnen worden omgezet tot chemicaliën. Al eerder is vermeld dat maar 51% van de suiker kan worden omgezet naar ethanol omdat er naast ethanol ook nog CO₂ en water wordt gevormd; voor de omzetting naar melkzuur is dit 100% omdat er geen nevenproducten ontstaan. In een studie van Harmsen et al. (Harmsen, Hackmann et al.) is gekeken naar de chemische bouwstenen specifiek voor polymeren. Hierin werd gesteld

dat met name bouwstenen die met een hoge massa-efficiëntie uit biomassa kunnen worden geproduceerd grote potentie hebben omdat dan de biomassa het meest efficiënt wordt benut. In onderstaande tabel zijn de chemische bouwstenen opgenomen die in die studie werden beschreven als product na de conversie van suiker. De volgende opmerkingen zijn daarbij geplaatst:

- Chemicaliën verkrijgbaar door verdere chemische conversie zijn hierbij buiten beschouwing gelaten, bijvoorbeeld etheen uit ethanol.
- De tabel is geordend op theoretische massa-efficiëntie
- Er is per bouwsteen aangegeven welke suiker als grondstof dient. Voor de fermentatieve routes is dit glucose en/of fructose. Dit zijn C6-suikers, d.w.z. suikers bestaande uit 6 koolstofatomen. Voor chemische conversies is het vaak niet zo eenduidig en is de chemische structuur van het product mede bepalend voor de keuze van de grondstof. Zo kan bijvoorbeeld xylitol (5-ring, C5-molecuul) zeer efficiënt geproduceerd worden uit xylose (5-ring, C5-molecuul) en HMF (5-ring, C6-molecuul) uit fructose (5-ring, C6-molecuul).
- Er is aangegeven hoeveel moleculen kunnen worden geproduceerd uit 1 suikermolecuul. Beperkende factor hierbij is het aantal C-atomen; zodra een bouwsteen meer dan 3 C-atomen bevat leidt 1 'suikermolecuul' tot 1 'productmolecuul' omdat suiker maar 5C- (xylose) of 6C-atomen bevat. Meestal is het aantal 'productmoleculen' dus 1, uitzonderingen zijn de korte alcoholen en zuren (melkzuur, 3-HPA, propaandiol, isopropanol, ethanol). Een andere uitzondering is barnsteen zuur, waarbij tijdens de fermentatie CO₂ als koolstofbron dient en C wordt ingebouwd in het 'productmolecuul'.
- C5-suikers zijn afkomstig van hemicellulose uit lignocellulose. Er wordt veel onderzoek gedaan naar micro-organismen die naast C6-suikers ook C5-suikers kunnen omzetten tot chemische bouwstenen. Dit kan de toepasbaarheid van lignocellulose enorm vergroten.

Uit deze tabel blijkt dat ethanol erg laag staat met 51%, maar de massa-efficiëntie is uiteraard niet de enige parameter die van belang is. Fysische eigenschappen van het product zoals aggregatie toestand (vloeistof, vaste stof), smeltpunt of kookpunt zijn van grote betekenis. Ook de toepasbaarheid van nevenproducten kan een business case sterk beïnvloeden.

Ethanol is een vloeistof met een laag kookpunt en kan daardoor door destillatie met een hoge zuiverheid uit het fermentatiemedium worden geïsoleerd. Hierdoor kunnen er minder strenge eisen worden gesteld aan de zuiverheid van de suikergrondstof aangezien onzuiverheden achterblijven in het fermentatiemedium. Naast ethanol wordt een bijna gelijke hoeveelheid DDGS geproduceerd dat wordt toegepast als feed. Al deze factoren maken dat ethanol nu met een volume van 86 Mton/jaar uit hernieuwbare grondstoffen wordt geproduceerd (met name voor toepassing als biobrandstof).

Tabel 5: Chemische bouwstenen uit suikers: grondstoffen, theoretische massa-efficiëntie en industriële activiteiten. Data gedeeltelijk uit studie Harmsen et al. (Harmsen, Hackmann et al.)

Chemische bouwsteen	Bruto formule	g/mol	Grondstof	#	Efficiëntie	Route	Opmerkingen
Barnsteen-zuur	C4H6O4	118	Glucose en/of fructose	2	131%	Fermentatie	>100% door toevoegen CO ₂ , (Commercieel)
Sorbitol (6-ring)	C6H14O6	182	Glucose	1	101%	Hydrogeneren	>100% door toevoegen 2 H-atomen
Xylitol (5-ring)	C5H12O5	152	Xylose	1	101%	Hydrogeneren	>100% door toevoegen 2 H-atomen
Melkzuur	C3H6O3	90	Glucose en/of fructose	2	100%	Fermentatie	Corbion (Commercieel)
3-HPA	C3H6O3	90	Glucose en/of fructose	2	100%	Fermentatie	Novozymes (R&D)
Propaandiol	C3H8O2	76	Glucose en/of fructose	2	84%	Fermentatie	DuPont (Commercieel)
Itaconzuur	C5H6O4	130	Glucose en/of fructose	1	72%	Fermentatie	Commercieel
HMF (5-ring)	C6H6O3	126	Fructose	1	70%	Hydrolyse	Avantium (Demonstratie)
Isopropanol	C3H8O	60	Glucose en/of fructose	2	67%	Fermentatie	Mitsui (R&D)
Ethanol	C2H6O	46	Glucose en/of fructose	2	51%	Fermentatie	Commercieel
Butaandiol	C4H10O2	90	Glucose en/of fructose	1	50%	Fermentatie	Commercieel
Methacryl-zuur	C4H6O2	86	Glucose en/of fructose	1	48%	Fermentatie	Mitsubishi (R&D)
Isobutanol	C4H6O2	86	Glucose en/of fructose	1	48%	Fermentatie	Gevo (Commercieel)
Butanol	C4H10O	74	Glucose en/of fructose	1	41%	Fermentatie	Cathay (Commercial)
Isopreen	C5H8	68	Glucose en/of fructose	1	38%	Fermentatie	Ajinomoto (Pilot/R&D)

Glucose 180 g/mol, 6 ring, C₆H₁₂O₆

Fructose 180 g/mol, 5-ring, C₆H₁₂O₆

Xylose 150 g/mol, 5 ring, C₅H₁₀O₅

Deel 2: Economische achtergrond van de suikermarkt en toekomstige beschikbaarheid van suiker in Nederland en de EU

Bert Smit, Siemen van Berkum, John Helming, Roel Jongeneel, LEI Wageningen UR

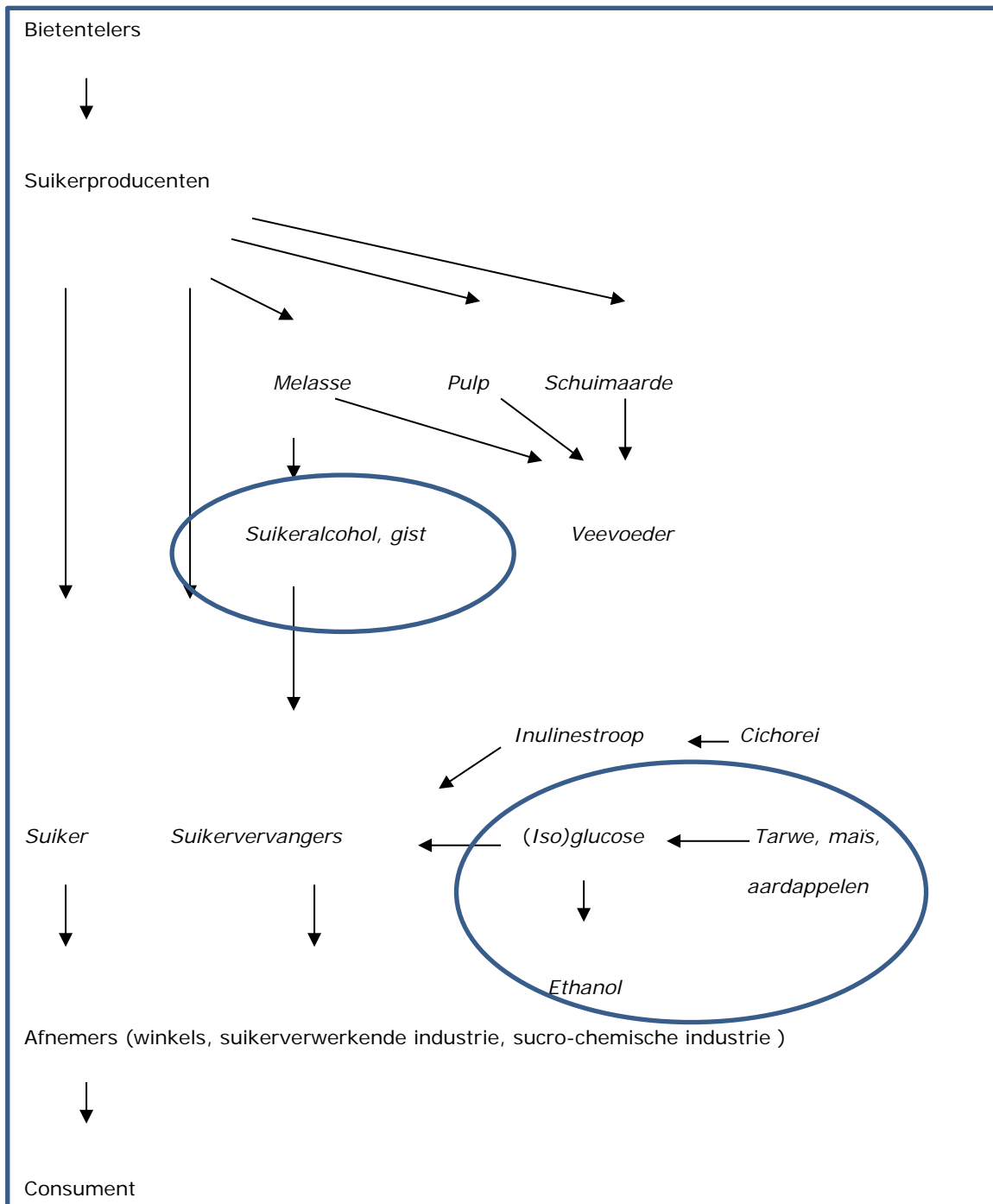
8 Suiker voor BbE-toepassingen: inleiding

Momenteel is er veel interesse bij Cosun en de chemische industrie om meer suiker te verwerken tot bouwstenen voor onder andere bioplastics. Het Europese suikerbeleid is aan verandering onderhevig en dat kan consequenties hebben voor de beschikbaarheid en prijs van suiker. In dit deel van het rapport wordt informatie gegeven over de economische achtergrond van de suikermarkt en wordt een beeld geschetst van de toekomstige beschikbaarheid van suiker in Nederland en de EU. Onderstaande onderwerpen worden in de volgende hoofdstukken toegelicht:

- De productie van suikerbieten in Nederland/EU; toepassingen van suiker in food en non-food (hoofdstuk 9);
- Globale trends in suikerproductie en -vraag en in beleid (hoofdstuk 10);
- Veranderingen in het Europese suikerbeleid - gevolgen voor de Europese suikermarkt en voor Nederland (hoofdstuk 11);
- Consequenties van veranderingen in het suikerbeleid en de trends voor productie en beschikbaarheid van suiker in EU/Nederland (hoofdstuk 12);
- Gevolgen op markt/prijs en productie van nieuwe outlet als biobouwstenen (hoofdstuk 13).

Deze rapportage is bedoeld als een eerste verkenning. Daarom is het detailniveau beperkt. Als bronnen zijn met name bestaande studies van het LEI gebruikt alsmede data uit een aantal databestanden en een brainstormsessie met deskundigen van het ministerie van EZ, het voormalige Productschap Akkerbouw (PA) en Wageningen UR (FBR en LEI).

Deze inleiding eindigt met een globaal overzicht van het suikerproductieproces en de producten die daarbij gemaakt worden (Figuur 14). Uitgebreidere informatie over de verschillende processtappen is opgenomen in Figuur 4 op bladzijde 20.



Figuur 14: Schematisch overzicht van de samenhang tussen suiker, bijproducten en suikervervangers (Bron: P. Berkhout, LEI, pers. med., bewerkt). De BbE-toepassingen zijn vooral te vinden in de omcirkelde delen van het schema.

9 Teelt en toepassingen van suikerbieten in Nederland, de EU en op wereldschaal

9.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een beeld van de productiegebieden, -arealen en -hoeveelheden van suikerbieten in Nederland en de EU (paragraaf 9.2 en 9.3), en van de toepassingen van suiker in food en non-food (met name industriële) producten (paragraaf 9.4).

9.2 Suikerbietenteelt in Nederland

Suikerbieten vormen een van de hoofdgewassen op het Nederlandse akkerbouwbedrijf. Het gewas komt op bijna alle akkerbouwbedrijven voor. Momenteel bedraagt het areaal ruim 73.000 ha maar in het verleden, vóór de herstructurering van 2006 – 2009 (tot ongeveer 1990), is het 125.000 ha geweest. De grootste arealen zijn te vinden in respectievelijk de provincies Drenthe, Groningen, Zeeland, Flevoland, Noord-Brabant en Limburg. In de provincie Utrecht is vrijwel geen suikerbietenteelt te vinden, maar verder wel in elke andere provincie. Van het totale areaal is 70% op gespecialiseerde akkerbouwbedrijven aanwezig. Gemiddeld heeft een akkerbouwbedrijf 15% bieten in het bouwplan. Het areaalaandeel op akkerbouwbedrijven is relatief groot in de provincies Zeeland, Zuid-Holland en Flevoland en relatief laag in met name Noord-Brabant, waar het gewas van oudsher dikwijls op gemengde bedrijven wordt geteeld. Van de bietentelende bedrijven in Nederland heeft 29% een suikerbietenareaal van 10 ha of meer. Dit komt overeen met 58% van de Nederlandse productie (Smit et al., 2011).

Nederland produceerde in 2008 ongeveer 900.000 ton suiker uit suikerbiet op een EU-totaal van 15 miljoen ton ofwel 6% van de Europese productie. In 2008 was de hervorming van de suikersector in volle gang, zodat Nederland in 2013 ongeveer dezelfde hoeveelheid produceert op een Europees totaal van 12 à 13 miljoen ton ofwel 7%. De Nederlandse suikerindustrie is in staat geweest het suikerquotum op peil te houden, terwijl tussen 2006 en 2009 het Europese quotum met ongeveer een derde daalde, namelijk van globaal 18 naar 12 miljoen ton. Deze hervorming wordt nader toegelicht in paragraaf 11.2.

9.3 Suikerbietenteelt in de EU en de rest van de wereld

Suikerbiet is een C3-gewas en gedijt daarom in een gematigd klimaat. Bij hoge temperaturen is met name de onderhoudsademhaling hoog en dat gaat ten koste van de netto suikerproductie. Dit is af te leiden uit de top-10 van grootste suikerbieten-producerende landen (

Tabel 6). In de top 10 van suikerbieten-producerende landen staan vier Europese landen, met in 2013 een totaal areaal van bijna 1 miljoen ha: Duitsland, Frankrijk, Polen en Verenigd Koninkrijk. De EU als geheel teelde in 2013 1,46 miljoen ha en produceerde ongeveer 16,3 miljoen ton suiker

Tabel 6: Overzicht van grote suikerbiet en -rietproducenten landen in de wereld qua totale suikerproductie in 2013^{a)} Bronnen: USDA-FAS, EU (productieramingen), FAOStat.

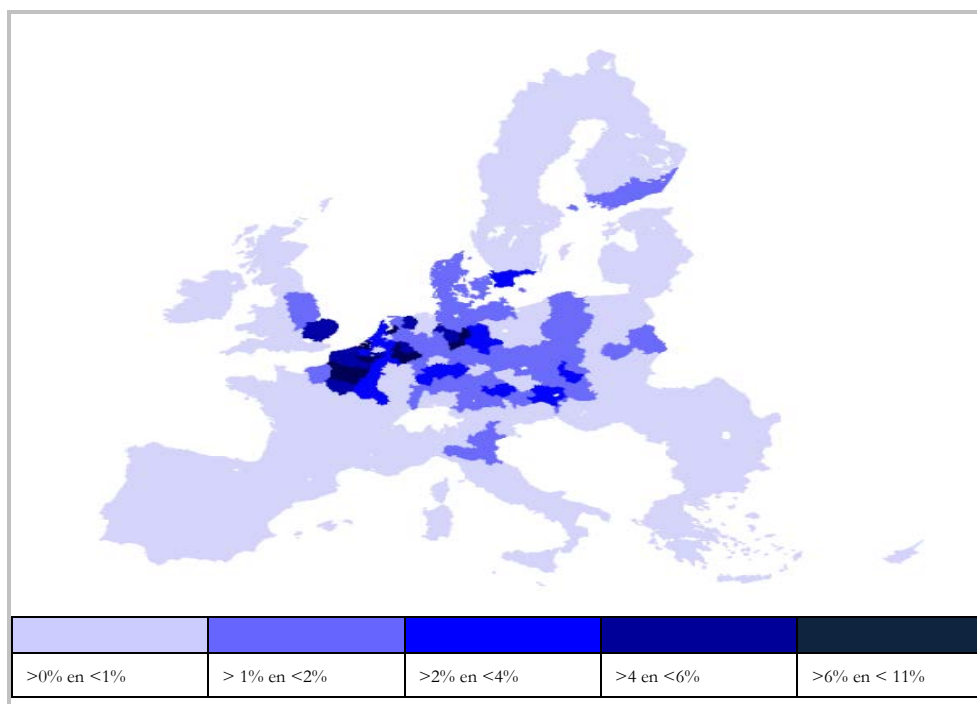
Land	Areaal (* 1.000 ha)	Productie (miljoen ton)
Wereld	4.901	43 b)
Brazilië		38,8
India		25,5
EU-28	1.463	16,3
China		14,8
Thailand		10,9
VS	1.198	8,1
Mexico		6,9
Pakistan		5,0
Rusland	1.2	4,4
Turkije		2,2
Oekraïne		1,7
Frankrijk	346	4,3
Duitsland	341	3,6
Polen	186	1,6
VK	106	1,2
Nederland	73,3	0,95
België	61,6	0,76

a) De genoemde arealen en productiecijfers betreffen alleen suikerbiet. Van sommige landen is op het moment van schrijven het suikerbietenareaal nog niet bekend. Op wereldniveau is er in 2013 naast 5 miljoen ha suikerbiet 26 miljoen ha suikerriet geteeld. Beide gewassen samen hebben naar schatting tot een productie van 175 miljoen ton suiker geleid. Dat betekent dat de suikerproductie uit suikerbiet ongeveer 25% van de totale suikerproductie uit biet en riet uitmaakt.

b) Dit getal is een schatting voor 2012 op basis van data over mondiale suikerbietproductie in dat jaar. Het is tot stand gekomen door een suikergehalte van 16% aan te nemen.

Figuur 15 geeft een overzicht van de EU-lidstaten waarin suikerbieten worden geteeld en welk percentage van het landbouwareaal hiermee ingevuld wordt. Omdat dit percentage het gemiddelde is over alle grond in een NUTS-regio ¹, dus over ongelijksoortige bedrijven zoals akkerbouw-, vee- en tuinbouwbedrijven, geeft deze kaart niet aan welk aandeel van het bouwplan op akkerbouwbedrijven ingevuld wordt met dit gewas. Wel is te zien dat er relatief veel bieten worden geteeld in specifieke gebieden in Duitsland, Frankrijk, België, Nederland en het VK. Een tweede (halve) ring ligt in Noord-Europa (Zuid-Finland, Zuid-Zweden), Oost-Europa (Polen, Tsjechië, Slowakije, Hongarije, Oostenrijk) en Zuid-Europa (Noord-Italië).

¹ In Nederland is een NUTS2-regio gelijk aan een provincie.



Figuur 15: Aandeel suikerbieten in het totale landbouwareaal per NUTS2 regio in EU-27 (percentage). Bron: Berekeningen met CAPRI-model door het LEI

In tropische gebieden is suikerriet een geschikter gewas voor suikerproductie dan suikerbiet. In sommige landen, zoals de V.S. en China, worden beide gewassen geteeld. Voor een aantal landen in Tabel 6 is het suikerbietenareaal en de suikerproductie weergegeven. Nederland en België hebben een ongeveer even grote suikerproductie.

9.4 Toepassing suiker in food, feed en non-food

Suiker wordt toegepast in food-, feed- en non-food-toepassingen, zoals beschreven in het eerste deel van dit rapport. De productie van bio-ethanol en bioplastics uit suiker vindt al op industriële schaal plaats. De perspectieven zijn technisch gezien veelbelovend. Wat betreft de afzonderlijke biobouwstenen zelf, Tabel 7 toont de totale productie, import en export van glucose in de EU; het gaat hierbij niet alleen om glucose uit suikerbiet maar ook uit zetmeel (en niet om glucose als onderdeel van suiker/sacharose). De EU produceerde in 2012 ruim 4 miljoen ton glucose met een waarde van 1,9 miljard euro. Daarvan werd netto 126.000 ton geëxporteerd met een waarde van 62 miljoen euro (ofwel een gemiddelde prijs van € 0,50 per kg). Geïmporteerd werd daarnaast nog ruim 3.000 ton met een waarde van 4,3 miljoen euro (ofwel een gemiddelde prijs van € 1,40 per kg). Van Nederland zijn de productiecijfers niet bekend in verband met het geringe aantal producenten. Opvallend is wel de grote hoeveelheden glucose die Nederland in- en exporteert, respectievelijk 350.000 en 334.000 ton. Dit kan te maken hebben met de positie van Nederland als doorvoerland.

Voor fructose en isoglucose staan de totale data voor 2012 in Tabel 8; het gaat hierbij niet alleen om glucose uit suikerbiet maar ook uit zetmeel (en niet om fructose als onderdeel van suiker/sacharose). In dat jaar produceerde de EU hiervan ruim 1 miljoen ton met een waarde van 523 miljoen euro (ofwel een gemiddelde prijs van € 0,48 per kg). Er werd ruim 100 ton geïmporteerd met een waarde van een kleine 100 miljoen euro (ofwel een gemiddelde prijs van € 0,93 per kg) en ruim 57.000 ton geëxporteerd met een waarde van ruim 32 miljoen euro (ofwel een gemiddelde prijs van € 0,56 per kg). Voor Nederland zijn de productiecijfers niet vrijgegeven. Wel is bekend dat Nederland in 2012 ruim 50 miljoen ton importeerde, met een waarde van ruim 40 miljoen euro (ofwel een gemiddelde prijs van € 0,80 per kg) en een kleine 25.000 ton exporteerde, met een waarde van 27 miljoen euro (ofwel een gemiddelde prijs van € 1,09 per kg).

De tabellen 7 en 8 laten zien dat er in de EU aanzienlijke hoeveelheden glucose en fructose worden geproduceerd, namelijk 4 en 1 miljoen ton. Er zijn dus al bouwstenen voor BbE-toepassingen beschikbaar op de Europese markt. Dit is evenwel significant minder dan de Europese productie van sucrose (een combinatie van fructose en glucose), die in 2012 16,3 miljoen ton bedroeg. Deze laatste stroom kan bovendien nog toenemen bij afschaffing van de suikerquota.

Tabel 7: Totale export, import en productie van glucose en pure glucosestroop in de EU in 2012, voor zover beschikbaar gesteld, maar niet alleen uit suikerbiet ^{a), b)}. Bron: Eurostat.

Land	PRODUCTIE		IMPORT		EXPORT	
	(ton)	(1.000 euro)	(ton)	(1.000 euro)	(ton)	(1.000 euro)
Frankrijk	1.581.349	701.954	312.121	138.990	n.b.	n.b.
Nederland	n.b.	n.b.	350.165	167.259	333.980	139.737
Duitsland	n.b.	n.b.	716.511	313.106	200.587	96.320
Italië	377.099	148.421	52.147	29.859	204.773	100.382
VK	n.b.	n.b.	379.162	146.253	16.992	8.689
Ierland	0	0	14.582	11.562	n.b.	n.b.
Denemarken	382	429	100.511	46.662	891	875
Griekenland	n.b.	n.b.	58.371	28.697	1.243	553
Portugal	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	7.858	3.654
Spanje	231.180	104.305	47.750	24.864	50.542	26.064
België	n.b.	n.b.	537.074	213.308	62.102	21.325
Luxemburg	0	0	n.b.	n.b.	4	16
Zweden	n.b.	n.b.	23.072	14.942	10.118	4.441
Finland	0	0	53.608	23.792	n.b.	n.b.
Oostenrijk	n.b.	n.b.	59.788	27.861	20.046	10.891
Malta	0	0	130	103	n.b.	n.b.
Estland	0	0	n.b.	n.b.	3.040	1.833
Letland	0	0	6.911	4.012	140	105
Litouwen	0	0	26.038	11.882	8.436	4.389
Polen	n.b.	n.b.	247.679	115.321	39.156	16.404
Tsjechië	8.550	5.146	114.647	54.411	4.353	2.739
Slowakije	n.b.	n.b.	37.627	11.540	164.156	76.070
Hongarije	178.267	50.956	3.664	2.433	207.831	81.858
Roemenië	23.298	11.239	21.266	10.328	9.800	4.096
Bulgarije	n.b.	n.b.	11.693	5.109	77.796	38.303
Slovenië	0	0	11.284	5.755	38	34
EU-27 c)	4.134.787	1.886.522	3.141	4.396	126.112	62.484

a) Officieel gaat het om productgroep 10621310 - Glucose and glucose syrup (excluding with added flavouring or colouring matter). Het gaat hierbij niet om glucose als onderdeel van suiker/ sacharose en ook niet om isoglucose (zie tabel 8 en Bijlage 1);

b) Indien geen gegevens beschikbaar zijn, is 'n.b.' vermeld;

c) Omdat de productiedata wel op EU-27-niveau beschikbaar zijn maar niet voor ieder individuele lidstaat worden gepubliceerd, zijn de totalen groter dan de som van de cellen in de tabel. Daarnaast zijn de in- en exportcijfers voor de EU als geheel nettocijfers, omdat een groot deel van de in- en export binnen de EU plaatsvindt.

Tabel 8: Totale export, import en productie van fructose, fructosestroop en isoglucose in de EU in 2012, voor zover beschikbaar gesteld ^{a), b)}. Bron: Eurostat.

Land	PRODUCTIE		IMPORT		EXPORT	
	(ton)	(1.000 euro)	(ton)	(1.000 euro)	(ton)	(1.000 euro)
Frankrijk	0	0	16.715	18.471	615	1.823
Nederland	0	0	50.856	40.856	24.704	26.991
Duitsland	217.326	92.540	58.814	60.547	25.188	26.584
Italië	118.890	55.542	37.461	26.272	15.798	16.557
VK	0	0	7.437	10.508	127	375
Ierland	0	0	1.082	1.295	545	7.226
Denemarken	14	18	803	1.201	119	359
Griekenland	0	0	3.488	2.682	10	19
Portugal	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	25	37
Spanje	123.833	59.973	13.259	13.592	1.312	757
België	164.397	77.849	18.925	18.027	22.661	19.219
Luxemburg	0	0	36	114	1	8
IJsland	0	0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Noorwegen	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Zweden	0	0	977	1.245	15	45
Finland	20.838	22.919	1.167	1.412	5	116
Oostenrijk	n.b.	n.b.	21.054	12.411	2.038	1.207
Malta	0	0	68	177	n.b.	n.b.
Estland	0	0	n.b.	n.b.	0	0
Letland	0	0	115	139	n.b.	n.b.
Litouwen	0	0	428	349	41	61
Polen	n.b.	n.b.	12.986	8.707	49	86
Tsjechië	0	0	9.030	7.071	861	863
Slowakije	n.b.	n.b.	16.088	8.770	n.b.	n.b.
Hongarije	n.b.	n.b.	2.403	2.841	104.210	50.441
Roemenië	0	0	42.293	23.284	569	371
Bulgarije	n.b.	n.b.	2.320	1.613	44.266	23.247
Slovenië	n.b.	n.b.	710	862	350	386
EU-27	1.094.047	523.253	104.704	96.872	57.425	32.173

a) Officieel gaat het om productgroep 10621320 - Chemically pure fructose in solid form; fructose and fructose syrup, containing in the dry state > 50% of fructose; isoglucose excluding with added flavouring or colouring matter (zie Bijlage 1 voor een definitie). Het gaat hierbij niet om fructose als onderdeel van suiker/sacharose;

b) Indien geen gegevens beschikbaar zijn, is 'n.b.' vermeld;

c) Omdat de productiedata wel op EU-27-niveau beschikbaar zijn maar niet voor ieder individuele lidstaat worden gepubliceerd, zijn de totalen groter dan de som van de cellen in de tabel. Daarnaast zijn de in- en exportcijfers voor de EU als geheel nettocijfers, omdat een groot deel van de in- en export binnen de EU plaatsvindt.

10 Trends in productie en vraag naar suiker

10.1 Inleiding

In deze paragraaf komen de trends aan de orde die zich globaal voordoen in de productie van en de vraag naar suiker (paragraaf 10.2) en in beleid dat daarop invloed kan hebben (o.a. biobrandstoffenbeleid in de VS en Brazilië, multi- en bilateraal handelsbeleid, etc., paragraaf 10.3).

10.2 Trends in consumptie en productie van suiker

De wereldconsumptie van suiker neemt naar verwachting de komende jaren toe door een grotere vraag uit met name ontwikkelingslanden. Door gemiddeld hogere inkomens en bevolkingsgroei wordt gerekend met een stabiele consumptiegroei van 2% per jaar. De productie van suiker varieert daarentegen sterk, doordat:

1. De kg- en suikeropbrengsten van suikerbiet en suikerriet per ha per jaar sterk kunnen variëren door weersinvloeden, zoals te veel of te weinig neerslag, (te) hoge of (te) lage temperaturen en dergelijke;
2. Zowel suikerriet als -biet ook verwerkt kunnen worden tot bio-ethanol (Brazilië). Dit betekent dat suiker (indirect) concurreert met olie en andere fossiele brandstoffen, waardoor het aandeel van beide gewassen dat verwerkt wordt tot bio-ethanol (en dus ook het (resterende) aandeel voor suiker) afhankelijk is van de olieprijs. Omdat er ook bio-ethanol én zoetstoffen (met name HFCS, High Fructose Corn Syrups) uit maïs en tarwe gemaakt kunnen worden, zijn ook deze gewassen concurrenten van suikerbiet en -riet (Smit et al., 2011).

Verschillende markten zijn dus met elkaar verweven. Met name Brazilië speelt op deze markten een cruciale rol, omdat zij in dezelfde fabriek uit suikerriet zowel suiker als bio-ethanol kunnen maken. Daarmee kunnen deze fabrieken optimaal inspelen op de prijsverhoudingen tussen suiker en bio-ethanol. Het is zelfs voorgekomen dat Brazilië in een periode van hoge suikerprijzen ethanol uit de V.S. moest importeren om aan de vraag naar bio-ethanol in de transportsector te kunnen voldoen. Die sector werkt namelijk met relatief hoge bijmengpercentages bio-ethanol. De vraag naar suiker voor industriële toepassingen hangt voor een deel af van de kostprijs en dus van de prijs van de concurrerende olie in verhouding tot die van suiker voor BbE-toepassingen (bijvoorbeeld in de vorm van diksap)². Er zijn evenwel nog andere factoren die de vraag naar en het aanbod van suiker beïnvloeden:

² Er is niet altijd directe concurrentie met olie. Zo wordt bijvoorbeeld melkzuur voornamelijk gemaakt uit suiker en is er dus geen alternatief.

1. Wat betreft het suikergebruik voor humaan gebruik: Er is momenteel brede aandacht voor gezondheid in het bijzonder voor obesitas ³. Naar verwachting zal door die aandacht de suikerconsumptie in met name de westerse landen dalen;
2. Wat betreft het suikergebruik voor bio-ethanol: De Europese afspraken over bijmenging van biobrandstoffen zijn afgezwakt ten opzichte van eerdere voornemens. Naar verwachting zal door die aanpassing het suikergebruik in de EU minder stijgen dan eerder voorzien ⁴;
3. Wat betreft het suikergebruik voor BbE-toepassingen: Er is brede aandacht voor vervanging van olie naar hernieuwbare grondstoffen in onder andere plastics. Naar verwachting zal door die aandacht het suikergebruik in met name de westerse landen toenemen, maar vergeleken met brandstoffen is de polymerenmarkt klein;
4. Door afschaffing van de suikerquota per 30 september 2017 in de EU zullen de productie en het aanbod van suiker in de EU stijgen. Dit wordt nader uitgewerkt in hoofdstuk 11. De mate waarin de suikerproductie zal toenemen, verschilt in verschillende prognoses. Smit et al. (2011) schatten de toename op 10% ⁵. Er zijn echter ook studies die nauwelijks toename voorspellen. Ook de quota voor isoglucose worden afgeschaft, waardoor ook een toename van isoglucose-productie verwacht mag worden;
5. In veel landen wordt de suikerproductie en/of –import sterker beschermd dan in de EU. Daardoor is de wereldmarkt een ‘restmarkt’ en niet een echte wereldmarkt waar de totale wereldwijde vraag en aanbod van suiker bij elkaar komen. De suikerprijs op die markt weerspiegelt daardoor maar ten dele het totale beeld in de sector;
6. “Suiker” is ‘suiker’, zou een leek kunnen denken. De werkelijkheid is echter dat er behoorlijke kwaliteitsverschillen kunnen bestaan tussen verschillende partijen suiker. Daarbij heeft de Europese suikerverwerkende industrie een sterke voorkeur voor betrouwbare, veilige en kwalitatief goede suiker uit de EU. Men werkt graag met ‘preferred suppliers’, met contracten en bekende kristalstructuren van de geleverde suiker.

10.3 Trends in beleid in enkele landen buiten de EU

Brazilië, India, China, Thailand en de VS zijn de grootste suikerproducerende landen in de wereld (De EU is nummer 3 als het als geheel wordt gezien) (zie Tabel 6). Brazilië en Thailand zijn de grootste exporteurs. De VS behoort tot de grootste importeurs van suiker. In heel veel landen intervenueert de overheid in de suikermarkt. Voor de bovengenoemde landen wordt kort de belangrijkste kenmerken van dat beleid geschetst.

In Brazilië wordt suikerriet verwerkt tot suiker en ethanol voor bijmenging met olie ten behoeve van transportbrandstof. In 2013 is de verhouding vrijwel 50:50 geweest. Beleid ten aanzien van suiker of ethanol beïnvloedt dus beide markten sterk. Suikerrietproducenten worden nauwelijks

³ www.youtube.com/watch?v=VrxvpeNUhI&list=UUX3stCHbum7KYJmBvjaRtpQ – ‘Eten van producten met het Vinkje (✓) leidt gemiddeld tot 14,6 kg minder suikerconsumptie p.p.j. (en minder calorieën, zout, etc.)’.

⁴ Op de achtergrond speelt nog een andere discussie mee, namelijk die van ‘food-feed-fuel’, ofwel: is het ethisch verantwoord om voedselgewassen te verwerken tot (bio-)brandstoffen? Die discussie is in dit rapport buiten beschouwing gelaten. Verwezen zij naar diverse rapporten over dit onderwerp waaraan het LEI heeft bijgedragen, onder andere Achterbosch et al. (2013). Daaruit blijkt dat er dikwijls goede combinaties van voedsel- en energieproductie mogelijk zijn.

⁵ Hierbij is geen rekening gehouden met een eventuele significante groei van het gebruik van suiker in BbE-toepassingen.

ondersteund met subsidies of directe inkomenssteun. Het belangrijkste instrument om de sector te ondersteunen is via goedkope leningen, kwijtschelding van schulden en ontheffing van belastingverplichtingen. De suiker- en ethanolindustrie, goed voor 10% van de Braziliaanse agrarische productiewaarde, profiteren hiervan. Daarnaast stimuleerde de overheid de vraag naar ethanol als transportbrandstof door belastingvoordelen op 'fuel-flex' auto's en op de brandstof zelf, gedurende vele jaren. Met voorschriften voor verplichte bijmenging creëert de Braziliaanse overheid een gegarandeerde markt voor de suikerproducenten en kan het tegelijkertijd de suikermarkt stabiliseren door het percentage bijmenging afhankelijk te laten zijn van de situatie op de suikermarkt (Chatenay, 2013). Mede door dit beleid heeft Brazilië zich een sterke internationale positie op de suikermarkt kunnen verwerven.

In India worden suiker en alcoholische dranken geproduceerd uit suikerriet. Boeren worden ondersteund door overheidsprogramma's met prijsgaranties, terwijl de suikerprijs voor de consument (veel) lager ligt dankzij overheidssubsidies. Importtarieven (15% in 2013) en exportsubsidies worden toegepast om de binnenlandse markt in evenwicht te houden. India importeert noch exporteert veel suiker en speelt dus nauwelijks een rol op de wereldmarkt. Thailand doet dat wel: het land exporteert jaarlijks ongeveer een derde tot de helft van zijn suikerrietoogst. Ook in dat land interenieert de overheid sterk in de suikermarkt via prijscontroles op boeren, consumenten en verwerkersniveau, en via goedkope leningen (USDA FAS, 2012).

In de VS wordt de suikersector sterk ondersteund; meer dan andere sectoren (OECD, 2012). Ca 80-85% van de binnenlandse vraag wordt via een quotumsysteem aan suikerproducerende bedrijven binnen de VS geproduceerd, met prijsondersteuning aan de boeren. Invoer wordt geregeld door een stelsel van tariefcontingenten, die aan ca 40 landen zijn toegewezen: een vastgesteld volume wordt tegen een laag of nultarief geïmporteerd, meer aanbod wordt alleen tegen hoge tarieven ingevoerd wat in de meeste gevallen niet economisch is. In het kader van een Sugar-to-ethanol Program kan de Amerikaanse overheid suiker tegen verliesgevende prijzen aanbieden aan ethanolproducenten. Deze betalen dan de prijs die zij voor het minder dure mais zouden betalen. Op deze wijze ondersteunt de overheid de suikermarkt ook.

11 Veranderingen in het Europese suikerbeleid

11.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven:

1. Welke veranderingen zich sinds 2006 voorgedaan hebben in het GLB (het Gemeenschappelijke Landbouw Beleid) en in het bijzonder in het Europese suikerbeleid en welke beleidshervormingen nog staan op stapel staan, zoals afgesproken in Brussel in juni 2013 (paragraaf 11.2);
2. De gevolgen daarvan voor de Europese suikermarkt en voor Nederland in het bijzonder (paragraaf 11.3).

11.2 Veranderingen in het suikerbeleid sinds 2006 en richting 2020

In 2006 is het suikerquotumsysteem in de EU sterk aangepast. In GATT/WTO-verband⁶ werd er sterk op aangedrongen om te stoppen met het dumpen van suiker op de wereldmarkt. Tot dan toe was er per lidstaat een A/B-quotum⁷ om in de interne behoefte te voorzien. De ‘overschotsuiker’ ofwel C-suiker werd tegen een veel lagere prijs, namelijk met exportrestitutie, op de wereldmarkt afgezet. Die situatie was met name voor suikerproducerende ontwikkelingslanden ongunstig, namelijk lokaal markt- en daardoor productieverstorend. Het Europese quotum is vanaf 2006 verlaagd van ca 18 naar 12 à 13 miljoen ton suiker, wat ongeveer overeenkomt met 90% van de interne behoefte. Tegelijkertijd gingen de minimumsuiker- en de minimumsuikerbietenprijs naar beneden. De minimumsuikerbietenprijs in Nederland voor bieten met 16% suiker (de ‘standaardkwaliteit’) ging omlaag van €42 in 2006 naar € 29 per ton suikerbiet bij basiskwaliteit in 2009⁸. Evenwel werd 60% van de prijsdaling goed gemaakt in de vorm van toeslagrechten.

In Nederland zijn in 2006 toeslagrechten ingevoerd voor met name de marktordeningsgewassen, zoals granen, peulvruchten, koolzaad, hennep, vlas en zetmeelaardappelen, waarvoor tot dan toe de telers gewas- of hectarepremies hadden ontvangen. Deze premies waren nooit van toepassing op suikerbieten geweest, omdat het Europese suikerbeleid in feite een ‘status aparte’ had. Door de omvang van de A- en B-quota aan te passen aan de interne behoefte en door exportrestituties

⁶ WTO staat voor World Trade Organisation, een organisatie die liberalisering van de wereldhandel nastreeft. De voorloper van de WTO was de GATT ofwel General Agreement on Trade and Tariffs, waarin die liberalisering ook al nagestreefd werd.

⁷ In de oude EU-suikermarktordening (periode 1968 – 2006) was het suikerquotum grotendeels gebaseerd op het verbruik van suiker per lidstaat. Er werd onderscheid gemaakt in een basisquotum – het zogenaamde A-quotum (82%) – en een reservequotum – het zogenaamde B-quotum (18%) – om schommelingen in de productie op te vangen. Als de suikerproductie groter was dan het toegekende A- en B-quotum, dan moest dit surplus als C-suiker of surplussuiker buiten de EU worden afgezet tegen wereldmarktprijs (citaat uit Van Galen et al., 2011). Bij de hervormingen tussen 2006 en 2009 werden de A- en B-quota per lidstaat samengevoegd tot één quotum (Van Galen et al., 2011).

⁸ Deze prijsdaling gaf destijds aanleiding tot onrust onder suikerbietentelers, maar de daadwerkelijke prijsdaling viel in de daarop volgende jaren erg mee; de Nederlandse suikerindustrie wist namelijk relatief hoge uitbetalingsprijzen te realiseren, ver boven de vastgestelde minimumprijzen. Dat hing samen met gunstige marktomstandigheden, mede door de krimp van het Europese quotum, maar ook met de specifiek Nederlandse situatie. In Nederland is ten tijde van de Europese suikerquotumverlaging (2007) de suikerproductie van CSM Suiker overgenomen door Suiker Unie, die daarmee de enige Nederlandse suikerproducent werd. Suiker Unie is een dochter van coöperatie Cosun. Haar uitbetalingsprijs voor suikerbieten profiteert mee van gunstige resultaten bij de andere dochters van Cosun, onder andere Aviko en Sensus.

zelf te betalen had de Europese suikerindustrie gezorgd voor een systeem van zelffinanciering, waardoor de Europese begroting niet belast was geweest met grote kostenposten voor dit deel van het GLB. De druk om het suikerbeleid te hervormen kwam dus, niet zoals bij andere premiegewassen met hoge kosten voor het beleid zelf, van 'buiten' en niet van 'binnen' de EU. Bij deze aanpassingen werden aan suikerbieten als compensatie voor de prijsdaling toeslagrechten toegekend, steunbedragen per ha gewas zonder koppeling met de daadwerkelijke teelt ervan voor de meeste gewassen vanaf startjaar 2006 (Smit et al., 2006).

Bij de ontkoppeling van toeslagrechten zoals afgesproken bij de Mid Term Review in 2008 werd afgesproken om (uiteindelijk) alle toeslagrechten voor alle gewassen (en, indien aanwezig, premiewaardig vee, met name schapen, vleeskalveren en -koeien) als een bedrijfstoelage (Engels: single farm payment) per bedrijf toe te wijzen zonder koppeling met wat er daadwerkelijk aan gewassen geteeld of aan dieren gehouden zou worden ⁹.

De eerder benoemde krimp van het Europese suikerquotum met grofweg een derde was niet mogelijk met de 'kaasschaafmethode'. Lidstaten en fabrieken werden gekort op hun landelijk c.q. fabrieksquotum. Aanvullend konden zij hun 'restquotum' geheel of gedeeltelijk tegen vergoeding inleveren. Een aantal lidstaten maakte hier gebruik van, zoals Ierland, Schotland en in tweede instantie ook Finland. Een aanzienlijk aantal fabrieken, vermoedelijk de slechtst renderende (27 stuks), werd gesloten. Uiteindelijk werd er zoveel quotum ingeleverd, dat Nederland het nationaal verlies aan quotum kon compenseren door ingeleverd quotum aan te kopen. Meer in het algemeen werd de suikerindustrie in Noordwest-Europa versterkt volgens het principe van 'optimale allocatie': sanering van de industrie en de teelt in minder geschikte gebieden in Europa en concentratie in de meest efficiënte gebieden. Door de huidige quotumomvang (ca 90% zelfvoorziening) in combinatie met het huidige systeem van importheffingen kon de suikerindustrie de afgelopen jaren hoge tot zelfs record-uitbetalingsprijzen aan de telers uitkeren, zodat noch de suikerindustrie noch de suikerbietentelers op aanpassing van het systeem zitten te wachten (Smit et al., 2011).

Evenwel is in juni 2013 door de EC besloten om het GLB als geheel en ook het Suikerbeleid aan te passen voor versterking van marktgerichtheid en duurzaamheid van de Europese landbouw. Per 30 september 2017 wordt het suikerquotumsysteem afgeschaft. Tevens komt er een einde aan de minimum suiker(bieten)prijs. De vergoeding voor suikeropslag en de exportrestituties blijven bestaan (wat niet wil zeggen dat ze ook gebruikt worden). In WTO-verband is ook een voorstel gedaan om de importheffingen met 70% te verlagen, maar in het betreffende overleg zit weinig voortgang. De importheffingen op suiker uit ACP- & EBA-landen ¹⁰ waren al laag. Daarnaast

⁹ In het extreme geval kan men dus ook besluiten om geen enkel gewas te telen, om dus het land braak te laten liggen, maar in dat geval heeft de landbouwer wel de verplichting om de landbouwkundige toestand van de grond op peil te houden en erosie tegen te gaan. Dat kan onder andere het gebruik van groenbemesters inhouden.

¹⁰ ACP = African, Caribbean and Pacific countries; EBA = 'Everything But Arms' countries; twee groepen van ontwikkelingslanden waarmee de westerse landen handelsverdragen heeft afgesloten ten behoeve van hun economische ontwikkeling.

komt de maximale invoerhoeveelheid voor deze landen te vervallen. Het gaat onder andere om landen waarin de kostprijs voor suiker relatief hoog is ¹¹.

Door het wegvallen van de suikerquota neemt de concurrentie tussen de suikerproducenten die toegang zoeken tot gemeenschappelijke markten (zoals de wereld- en de Europese markten) toe. Daarnaast neemt de concurrentie toe met suikervervangers, onder andere omdat ook de isoglucose- en inulinequota in 2017 komen te vervallen.

Naast de specifieke veranderingen in het Suikerbeleid gaat het GLB als geheel per 1 januari 2015 ook veranderen ¹². Richting 2019 wordt een zogenaamde ‘flat rate’ ingevoerd, een gelijk bedrag ¹³ aan toeslagrechten of betalingsrechten (nieuwe term) per ha cultuurgrond voor alle sectoren behalve de glastuinbouw, ongeacht het daadwerkelijke of historische gebruik ervan. Deze flat rate wordt bovendien afgebouwd richting 2019. Tot 2019 worden vooral bedrijven die er in toeslag flink op achteruit gaan, daarvoor deels gecompenseerd in de vorm van tijdelijke, aflopende betalingen. Daarmee wordt de inkomensachteruitgang gedempt en kunnen de betreffende bedrijven in de periode tot 2020 toegroeien naar een structureel lagere EU-bijdrage. Naar verwachting zal de flat rate in 2019 € 270 per ha bedragen plus een eventuele toeslag voor vergroening van € 120 per ha, in totaal dus € 390 per ha volgens een recente brief van het Ministerie van EZ (Dijksma, 2013).

Door deze maatregelen zullen vooral akkerbouwbedrijven met een Veenkoloniaal bouwplan, kalvermesterijen en intensieve melkveebedrijven flink in bedrijfstoeslag achteruit gaan. Bedrijven met zetmeelaardappelen telen meestal ook relatief veel suikerbieten, maar de saldooverhouding ¹⁴ tussen individuele gewassen verandert in principe niet door de korting op bedrijfstoeslag ¹⁵. Dat is echter wel gebeurd door de recente ontkoppeling van zetmeelaardappelen van de Brusselse steun. Eerder ontving de aardappelzetmeelindustrie, in Nederland gaat het om AVEBE, verwerkingssteun uit Brussel. Deze steun werd grotendeels doorgegeven aan de aardappeltelers, wat ten goede kwam aan de hun uitgekeerde uitbetalingsprijs en dus aan hun gewassaldo (opbrengsten minus toegerekende kosten). Vanaf het oogstseizoen 2012 is deze steun ontkoppeld. Dat wil zeggen dat de steun in de vorm van een (gewasonafhankelijke) bedrijfstoeslag rechtstreeks aan de telers wordt uitgekeerd. Daardoor is het netto saldo van zetmeelaardappelen in vergelijking met andere gewassen gedaald, want bij suikerbieten, granen en

¹¹ Een lijst van deze landen met hun geschatte kostprijs voor suiker is opgenomen in Smit et al. (2011).

¹² De veranderingen in de Tweede Pijler van het GLB, het Plattelandsbeleid/POP3, gaan al per 1 januari 2014 in. Die veranderingen zijn echter in het verband van deze studie minder relevant.

¹³ In Nederland zijn de bedrijfstoelagen grotendeels gebaseerd op historische arealen van marktordeningsgewassen in de jaren 2000 – 2002. Door verschillen in bouwplannen zijn de bedragen per ha daardoor op teder bedrijf verschillend. Dat wordt richting 2020 gelijk getrokken.

¹⁴ ‘Saldo’ is gedefinieerd als de totale geldopbrengsten per ha gewas minus de toegerekende kosten; de toegerekende kosten hebben betrekking op inputs die direct met de teelt van dat gewas te maken hebben, te weten zaai/zaad/pootgoed, meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen, energie en verzekering. Eigen arbeid en vaste kosten worden in het saldo niet meegenomen. Het gewassaldo is een maat voor de bijdrage die een gewas aan het economisch resultaat van een landbouwbedrijf levert. Bij een gegeven bedrijfsstructuur en –uitrusting wordt deze parameter gebruikt voor de invulling van het bouwplan.

¹⁵ De bedrijfstoelag wordt als één totaalbedrag aan de agrariër wordt uitgekeerd, zonder koppeling met de geteelde gewassen. Die toeslag kan beschouwd worden als een soort basisinkomen, die niet toegerekend wordt naar individuele gewassen. De saldi van deze gewassen worden er dus niet door beïnvloed, omdat ze noch de toegerekende kosten noch de toegerekende opbrengsten noch het verschil daartussen (het saldo) van de gewassen beïnvloeden.

dergelijke was die koppeling er niet ¹⁶ (Jongeneel et al., 2012; Smit et al., 2006). Zetmeelaardappelen zijn daardoor minder concurrerend geworden ten opzicht van andere gewassen, zoals suikerbieten (Van der Woude, 2013).

Voor de meeste niet-Veenkoloniale akkerbouwbedrijven zal de bedrijfstoelage niet dalen of stijgt deze in eerste instantie licht bij de invoering van de flat rate. Op deze bedrijven worden veelal consumptie- en/of pootaardappelen geteeld, gewassen die nooit GLB-steun hebben gekregen. De saldooverhoudingen tussen de gewassen op deze bedrijven zullen dus niet veranderen. Een uitzondering is er wellicht voor gemengde akkerbouw-veebedrijven en –regio's. Door afschaffing van de zuivelquota in 2015 gaan naar verwachting de melkveestapel en de behoefte aan grond voor voerproductie en mestafzet groeien. Huur door of verkoop van akkerland aan veehouders of voor voerproductie door akkerbouwers zou daardoor toe kunnen nemen, waardoor de ruimte voor de suikerbietenteelt in principe af zou kunnen nemen. Maar dat is ook een kwestie van afweging van de saldi van voerproductie met die van akkerbouwgewassen. In het verleden was voerproductie op Nederlandse akkerbouwbedrijven nauwelijks rendabel in vergelijking met de teelt van de meeste akkerbouwgewassen. Hier en daar werd snijmaïs geteeld in plaats van graan of werden gras- en aardappelland uitgewisseld tussen akkerbouwers en veehouders. De situatie is nu in zoverre anders, dat melkveehouders niet alleen extra voer nodig hebben voor hun uitbreidende veestapel maar ook de mest op 'eigen' grond moeten afzetten of anders moeten verwerken. Dat zal extra druk op de grondmarkt leggen en dus ook op de teelt van suikerbieten.

Voor alle akkerbouwbedrijven geldt dat de vergroeningspremie van € 120 per ha alleen kan worden ontvangen als men minimaal drie gewassen teelt en minimaal 5% van het areaal benut als ecologisch aandachtsgebied (ook bekend als 'EFA', Ecological Focus Area). Er zijn voorstellen gedaan hoe de EFA-zones in Nederland ingevuld mogen worden ¹⁷. Waarschijnlijk mogen sloten ook geheel of gedeeltelijk meetellen als ze grenzen aan akkerranden. De teelt van vlinderbloemigen op EFA-grond is ook een optie, die met name bij 'productiegerichte' akkerbouwers in de smaak zal vallen ¹⁸. Ook kunnen zogenaamde collectieven als ANV's (Agrarische Natuur Verenigingen) tot maximaal de helft van individuele EFA-verplichtingen clusteren op een manier die zowel de natuur (minder versnippering) als de boer (minder verlies van hoogproductieve grond door slimme keuzes) ten goede komen. Op het eerste gezicht komt er door de vergroening minder ruimte voor suikerbieten in absoluut areaal gerekend, maar het effect daarvan kan meevallen als clustering van EFA-zones door collectieven geregeld kan worden en de saldooverhoudingen tussen gewassen niet sterk veranderen.

¹⁶ Overigens wel bij vlas en vezelhennep, waarvan laatstgenoemde wel in enige omvang in de Veenkoloniën geteeld wordt.

¹⁷ Het meedoen aan de vergroeningsregels is optioneel. Als men niet meedoet, krijgt men vanzelfsprekend niet de vergroeningspremie. Evenwel kan er in dat geval ook nog op de flat rate zelf gekoort worden. De besluitvorming hierover is nog niet definitief. Een en ander houdt wel in dat mogelijk niet alle akkerbouwers aan de vergroening mee gaan doen, namelijk als blijkt dat 5% saldooverlies meer is dan het verlies van (minimaal) € 120 over het gehele areaal. Dit zou vooral het geval kunnen zijn bij akkerbouwers met een intensief bouwplan, dus met hoge aandelen aardappelen, suikerbieten, zaaiuien, bloembollen en/of groenten.

¹⁸ Dit laatste heeft er mee te maken, dat de EC de import van eivrijke gewassen als soja van buiten de EU wil beperken en de teelt van vervangende vlinderbloemigen in Europa wil aanmoedigen.

11.3 Gevolgen van veranderend beleid voor de Europese suikermarkt en voor Nederland in het bijzonder

Uit paragraaf 11.2 blijkt dat twee beleidsveranderingen in het GLB effect kunnen hebben op het areaal suikerbieten en dus op de productie van suiker in Europa:

1. De veranderingen in het bedrijfstoelagstelsel inclusief de optie van vergroening;
2. De veranderingen in het Suikerbeleid zelf.

Deze twee veranderingen worden in deze paragraaf eerst afzonderlijk besproken en vervolgens samengebracht. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de EU in het algemeen en Nederland in het bijzonder. Dat onderscheid is relevant, omdat het Nederlandse bouwplan sterk afwijkt van dat van omliggende landen. Daar bestaat het bouwplan op akkerbouwbedrijven voor een groot deel uit granen, koolzaad, zonnebloem en dergelijke, relatief extensieve gewassen. Aardappelen en suikerbieten maken daar gemiddeld slechts een klein deel van het bouwplan uit. Daarnaast zijn er elders in Europa veel gemengde bedrijven, die naast akkerbouwgewassen ook graan en voedergewassen voor het eigen vee telen. In Nederland is dat net andersom. In Nederland wordt het bouwplan gedomineerd door aardappelen, suikerbieten en zaai-uien, soms nog aangevuld met bijvoorbeeld bloembollen en akkerbouwmatige groententeelt. Extensieve gewassen als granen dienen vooral voor de vruchtwisseling en het op peil houden van de bodemkwaliteit. Koolzaad is in Nederland een klein gewas en vrijwel alleen in het Oldambt in de provincie Groningen komen echte graanbedrijven voor.

11.3.1 De veranderingen in het bedrijfstoelagstelsel inclusief de optie van vergroening

Europa

Door invoering van de flat rate kan het inkomen van de agrariër omhoog of omlaag gaan door een verhoging of verlaging van het hectarebedrag¹⁹. De onderlinge verhouding tussen gewassaldi zal er echter in eerste instantie niet door veranderen, alleen het ontkoppelde bedrag aan bedrijfstoelagen. Door de vergroeningseis kan het netto akkerbouwareaal dalen, al zijn er in veel gebieden al natuur- en landschapselementen op de bedrijven die als EFA mee mogen tellen. Waar het akkerbouwareaal daalt zal men, zeker in Noordwest-Europa, eerder het areaal graan dan het areaal suikerbieten inkrimpen. Dit zijn eerste-orde-effecten. De rekensom kan anders gaan uitpakken als de suiker(bieten)prijs structureel gaat veranderen.

¹⁹ Het exacte effect hangt af van het huidige systeem van toelagerechten, dat per land en soms zelfs regionaal binnen landen verschilt, en de vraag of men alleen akkerbouwgewassen teelt of ook vee, met name melkvee, houdt.

Nederland

In de Nederland omringende landen moeten suikerbieten concurreren met lager salderende gewassen zoals granen en koolzaad, maar in Nederland juist met (gemiddeld) hoger salderende gewassen zoals poot- en consumptieaardappelen, akkerbouwmatige groenten en bloembollen. Ook is er in Nederland gemiddeld minder EFA-areaal 'van nature' aanwezig dan elders in Europa. Dat betekent dat de ruimte voor suikerbieten in Nederland onder druk kan komen te staan door de vergroeningseisen. Op zich veranderen de saldoeverhoudingen tussen de gewassen niet door de invoering van de flat rate, zoals eerder toegelicht.

Op akkerbouwbedrijven met een Veenkoloniaal bouwplan zou er mogelijk wel meer ruimte voor suikerbieten kunnen ontstaan, omdat de aantrekkelijkheid van de teelt van zetmeelaardappelen al enige jaren afneemt door relatief lage saldi. Ter vervanging wordt onder andere aan industrieaardappelen en uien gedacht, maar suikerbieten vormen een goed alternatief, maar er moet wel goed naar de bodemgezondheid worden gekeken.

Een tegengestelde beweging zou op kunnen treden op gemengde akkerbouw-melkveebedrijven of in gemengde regio's, omdat suikerbieten daar op het bedrijf of in de regio na afschaffing van de zuivelquota in toenemende mate zullen moeten concurreren met voerproductie en rundveemestafzet.

11.3.2 De veranderingen in het Suikerbeleid

Europa

Dat de suiker(bieten)prijs gaat veranderen is wel zeker. Door het wegvallen van de suikerquota zullen akkerbouwbedrijven in met name Noordwest-Europa met ruimte in hun bouwplan hun suikerbietenareaal vergroten. Daarbij gaat het vooral om de bedrijven met relatief hoge kg-opbrengsten en saldi (Smit et al., 2011). Deze verwachte ontwikkeling is te vergelijken met de voorspelde groei van de melkproductie bij afschaffing van de zuivelquota in 2015, althans in Nederland.

Een complicerende factor in deze voorspelling is de bio-ethanolproductie uit bieten in met name Duitsland en Frankrijk. Ongeveer 20% van de suikerbieten wordt in deze landen als productie buiten het quotum tegen relatief lage prijs voor dit doel verwerkt. Als het quotum wegvalt, zal er een soort 'gemiddelde' prijs ontstaan voor 'humane' en 'ethanolbieten'. Het is mogelijk dat ethanolproductie uit bieten dan onaantrekkelijker wordt, omdat de nieuwe suikerbietenprijs hoger zal liggen dan de oude prijs van hun grondstof (de buitenquotumbieten). Mocht men bijvoorbeeld overstappen naar graan als brandstof, dan komt er in beide landen 20% extra bieten vrij en dus 20% extra suiker voor humane of andere toepassing buiten bio-ethanol om. Volgens Tabel 6 gaat het dan naar schatting in deze twee landen om 20% van een kleine 700.000 ha ofwel 140.000 ha, wat bij een suikerproductie van 10 ton suiker per ha overeenkomt met ongeveer 1,5 miljoen ton suiker, dus meer dan 10% van de huidige Europese productie. Europa zou dan in één

klap weer zelfvoorzienend zijn voor humane suikerbehoefte. Dat zou overigens de suikerverwerkende industrie goed uitkomen.

Er moet echter een kanttekening bij deze redenering geplaatst worden. Hoeveel de nieuwe Europese suiker- en de suikerbietenprijzen hoger zullen liggen dan de huidige buiten-quotumniveaus (wereldmarktniveau) is lastig te voorspellen. Dat heeft onder andere te maken met de samenhang die er is met andere markten, zoals olie, graan en zetmeel. Volgens de meest recente editie van de Agricultural Outlook verwachten OECD en FAO (2013) vanaf 2017 een prijs voor witte suiker van maximaal USD 400 per ton. De wereldmarktprijs bedraagt in april 2014 USD 460 (<http://nl.investing.com/commodities/london-sugar-historical-data>), wat al aanzienlijk lager is dan de piek rond 2012 van USD 650. De aantrekkelijkheid van suiker als industriële grondstof is dus de afgelopen jaren al autonoom sterk toegenomen. Dit effect zou wel eens het effect van een hogere ‘middenprijs’ kunnen neutraliseren. Daarom zal er naar verwachting weinig veranderen in de omvang van de ethanolproductie in de EU. Een andere remmende factor is dat een eventuele omschakeling naar een andere grondstof mogelijk ook aanpassingen in de technische installaties en in de logistiek zal vragen.

Uit modelberekeningen blijkt dat ook in Denemarken de suikerproductie aanzienlijk kan toenemen. In België, Nederland en het VK neemt de productie van suikerbieten en het aanbod van consumptiesuiker toe met 5 tot 15%, afhankelijk van de uitgangspunten in het gebruikte model. Een overzicht van saldi bij handhaving van het quotum is gegeven in

Tabel 9, afkomstig uit Smit en Helming (2012). Waar het saldo gemiddeld hoog is, zal de prikkel groot zijn om meer suikerbieten te gaan telen ²⁰.

²⁰ Dit is onder andere het geval in Nederland. Het saldo van de bietenteelt is bij ons hoog, doordat: 1) de kg-opbrengsten hoog zijn, en 2) de uitbetalingsprijs per ton bieten hoog is. De uitbetalingsprijs is hoog, omdat: a) we in Nederland geen bieten voor bio-ethanolproductie telen; die hebben een veel lagere uitbetalingsprijs dan 'humane bieten' en trekken in landen als Frankrijk en Duitsland de gemiddelde uitbetalingsprijs naar beneden; b) de Nederlandse suikerindustrie efficiënt produceert, onder andere door de hoge kwaliteit van de bieten, en dus een grote marge bewerkstelligt; c) die marge nog eens in veel jaren versterkt wordt door inkomsten vanuit andere Cosun-dochters; d) die marge door de coöperatieve structuur van Suiker Unie/ Cosun ook in grote mate doorgegeven wordt aan de leden-suikerbietenelers.

Tabel 9: Saldo per ha suikerbieten in een aantal landen in een Status Quo scenario in 2020 *).
Bron: Berekeningen met CAPRI-model door het LEI.

Land (enblok)	Saldo (€/ha)
EU-27 a)	374
EU-15 b)	411
EU-10 c)	227
België	490
Denemarken	541
Duitsland	441
Oostenrijk	176
Nederland	796
Frankrijk	264
Verenigd Koninkrijk	397
Tsjechië	154
Polen	212

*) De berekeningen zijn door Smit en Helming (2012) uitgevoerd met als uitgangspunt dat het suikerquotum in 2020 afgeschaft zou worden. Inmiddels heeft de EC besloten dat dit al per 30 september 2017 gaat gebeuren. De saldi in 2017 kunnen licht afwijken van de schattingen voor 2020 in deze tabel. Voor uitleg van het begrip 'saldo', zie ook voetnoot 17;

a) De berekeningen zijn gedaan in 2012, dus voor de EU-27. Inmiddels is, in 2013, de EU uitgebreid met Kroatië, maar dat land valt dus buiten deze tabel;

b) EU-15: België, Denemarken, Duitsland, Oostenrijk, Nederland, Frankrijk, Portugal, Spanje, Griekenland, Italië, Ierland, Finland, Zweden, Verenigd Koninkrijk;

c) EU-10: Tsjechië, Estland, Hongarije, Litouwen, Letland, Polen, Slovenië, Slowakije, Cyprus, Malta.

Deze toename van de beschikbaarheid van humane suiker heeft mogelijk nog weinig gevolgen voor de prijs, zolang de zelfvoorziening niet overschreden wordt. De (humane) suikerproductie kan echter ook stijgen in andere lidstaten dan Duitsland en Frankrijk en dan gaat ook de prijs verder dalen. Er ontstaat naar verloop van tijd een evenwicht tussen een toenemend suikerbietenareaal en een dalende bietenprijs. Bij een dalende bietenprijs wordt het ook weer aantrekkelijker om toch (een deel van) de oorspronkelijke hoeveelheid suikerbieten tot bio-ethanol te verwerken. Aan die kant zal ook een evenwicht ontstaan. Modelberekeningen laten zien dat in de nieuwe evenwichtssituatie (de optimale bouwplansamenstelling bij de dan geldende prijzen en onder een aantal teelttechnische beperkingen) de totale suikerproductie in Europa met ruim 10% stijgt (Smit et al., 2011). Veel meer ruimte dan die eventueel maximale 20% bio-ethanolbieten in Duitsland en Frankrijk is er dus op het eerste gezicht niet.

Bij een suikerbietenprijsdaling zal er scheiding ontstaan tussen vergelijkbare bedrijven met hoge en lage suikerbietenaldi. Een soortgelijke scheiding zal optreden tussen moderne, efficiënte fabrieken en minder voortvarende concurrenten. De laatste groep bevindt zich vooral in Oost-Europa, waar men toch al lagere bietenprijzen uitbetaalt en daardoor zal men daar ook meer

moeite krijgen om telers te interesseren voor bietencontracten. Te verwachten is dus een (verdere) verschuiving van de suikerbietenteelt en suikerproductie naar Noordwest-Europa en dan vooral naar professionele, efficiënte telers en fabrieken in deze regio.

Een aantal landen heeft bij de hervormingen tussen 2006 – 2009 zijn gehele suikerquotum (tegen vergoeding) ingeleverd en de suikerindustrie ontmanteld. Het betreft onder andere Ierland en Schotland en in tweede instantie ook Finland. Deze landen blijken daar nu niet onverdeeld gelukkig mee te zijn, mede omdat er ook aanpalende werkgelegenheid (toeleverende en verwerkende industrie, logistiek, etc.) door die keuzes verloren is gegaan. Het is evenwel de vraag of men in deze landen gaat investeren in nieuwe productiefaciliteiten. Bij te verwachten suikerprijzdalingen ²¹ zal een investering van enkele honderden miljoenen euro's niet eenvoudig gefinancierd kunnen worden. Mocht men in deze landen wel besluiten tot herinvestering in de suikerindustrie en de financiering daarvan rond krijgen, dan kan de Europese suikerproductie zomaar met 1,5 miljoen ton toenemen, ofwel met 10% extra.

Nederland

Omdat Nederland in de EU behoort tot de landen met de hoogste suikerbietensaldi (zie

²¹ *Sterker nog, er is vanaf 2017 geen 'interventienet' meer om calamiteiten op te vangen.*

Tabel 9), zullen de Nederlandse bietentelers na de afschaffing van de suikerquota proberen hun bietenareaal te vergroten ten koste van andere, minder-salderende gewassen. Hier en daar kunnen dat granen zijn, afhankelijk van de verdere prijsontwikkeling van granen, in de Veenkoloniën mogelijk ook zetmeelaardappelen. Maar vanaf 2017 zullen de suiker(bieten)prijzen gaan dalen en daarmee de saldi van suikerbieten. Dat betekent dat na een initiële areaalstijging op een deel van de bedrijven het areaal in de daarop volgende jaren weer kan dalen, met name op bedrijven met relatief lage kg-opbrengsten c.q. saldi.

Een schatting van het maximale suikerbietenareaal in Nederland komt uit op ongeveer 165.000 ha. Volgens de Landbouwtelling (CBS en LEI, 2013) werd in 2013 op veebedrijven een kleine 14.000 ha suikerbieten geteeld. Qua grondsoort zou dit wellicht meer kunnen zijn, maar op dit type bedrijf is de eerste prioriteit om gras en snijmaïs te telen voor het vee. Het is dus niet te verwachten dat het areaal groter zal worden dan 14.000 ha. Op akkerbouwbedrijven kunnen suikerbieten maximaal 25% van het areaal innemen in verband met rotatiebeperkingen (om bodemziektes te voorkomen). In 2013 werd volgens de Landbouwtelling ruim 59.000 ha suikerbieten geteeld op akkerbouwbedrijven. Op die bedrijven lag in totaal 615.000 ha cultuurgrond; 25% daarvan zou dus ruim 150.000 ha zijn. Het totaal van maximale suikerbietarealen op vee- en akkerbouwbedrijven komt dus uit op ongeveer 165.000 ha.

Overigens zijn er ook binnen Nederland grote saldoverschillen tussen bedrijven, die met name terug te voeren zijn naar de kg-opbrengsten per ha. Daardoor zal een deel van de bedrijven het suikerbietenareaal niet uitbreiden (of zelfs verlagen) bij afschaffing van het quotum en een ander deel sterk of zeer sterk. Daarom is het ook moeilijk om voor de sector als geheel 'kantelpunten' aan te geven, dus bij welke suikerbietenprijzen men omschakelt naar een ander gewas. Voor een heel globale inschatting zie het kader.

Onderstaande saldoberekening is gemaakt op basis van gemiddelde fysieke opbrengsten, prijzen en toegerekende en loonwerkkosten bij de teelt van wintertarwe en suikerbiet over de jaren 2010 – 2012. Als alle posten gelijk gehouden worden maar alleen de uitbetalingsprijs voor suikerbiet wordt variabel, dan blijkt dat het saldo na aftrek van loonwerk bij suikerbiet onder dat van wintertarwe daalt bij een uitbetalingsprijs van € 3,10 per 100 kg (of lager) ofwel € 31 per ton. Dat is dus meer dan € 20 per ton lager dan gemiddeld over de jaren 2010 – 2012.

Kantelpunt wintertarwe - suikerbieten: kritieke uitbetalingsprijs			
	Gemiddeld 2010-2012		Kantelpunt
	Wintertarwe	Suikerbiet	Suikerbiet
Fysieke opbrengst (kg/ha)	8687	77993	77993
Prijs per 100 kg (euro)	19.79	5.22	3.10
Opbrengst hoofdproduct (euro/ha)	1832	4081	2418
Opbrengst bijproduct (euro/ha)	201	0	0
Totaal opbrengsten (euro/ha)	2035	4081	2418
Totaal toegerekende kosten (euro/ha)	499	658	658
Saldo (euro/ha)	1535	3424	1759
Loonwerkkosten (euro/ha)	111	340	340
Saldo na aftrek loonwerkkosten (euro/ha)	1424	3084	1419
Bron: Bedrijveninformatienet LEI			

Conclusie

Naar verwachting zal de suikerproductie in de EU vanaf 2017 toenemen met 10%, vooral in Noordwest-Europa. In Oost-Europa zou de productie zelfs af kunnen nemen. In Nederland zou de toename kleiner kunnen zijn dan gemiddeld in de EU door krappere bouwplannen met veelal hoogsalderende gewassen en relatief weinig EFA-areaal ‘van nature’ en, meer dan in andere landen, concurrentie met een uitbreidende melkveehouderijsector.

Door de lagere suikerprijzen zal de import afnemen, zowel uit de ACP- en EBA-landen (zie voetnoot 9) als uit Brazilië. Tegelijkertijd kan de Europese export toenemen. De zelfvoorzieningsgraad van de EU neemt toe. Bij een lichte groei van de suiker- en zoetstofconsumptie in de EU daalt de prijs van vooral suiker. De prijs van zoetstof (HFCS) zal minder dalen, omdat die afhangt van de maïsprijs. De graan- en maïsprijzen zijn over hun hoogtepunt heen, maar de daling zal naar verwachting kleiner zijn dan bij suikerbieten. De concurrentiepositie van suiker zou dus overeind kunnen blijven, wat gunstig uit zal pakken op de bietenprijs. Er ontstaat een nieuw evenwicht van suiker(bieten)productie in relatie tot de nieuwe vraag voor: 1) humane suiker, vanuit de EU zelf en eventueel ook daarbuiten; 2) bio-ethanol, waarbij de uitwisselbaarheid met vooral graan als grondstof een rol speelt, die afhankelijk is van de prijsverhouding tussen graan en suikerbiet en van de bijmengverplichting; 3) andere industriële

toepassingen, waarbij onder andere de prijsverhouding tussen suiker en olie een belangrijke factor is.

12 Te verwachten beschikbaarheid van suiker in de EU en in Nederland in het bijzonder

12.1 Inleiding

In de voorgaande paragrafen zijn verschillende ontwikkelingen geschetst die invloed kunnen hebben op de vraag naar en de productie van suiker in de EU en in Nederland in het bijzonder. In deze paragraaf komen we tot een synthese van de consequenties die de veranderingen in het suikerbeleid in combinatie met de trends zullen hebben op de productie en beschikbaarheid van suiker in de EU en voor Nederland in het bijzonder. Hierbij wordt ook een verbinding gelegd naar (deels) concurrerende markten voor onder andere graan en zetmeel.

12.2 Te verwachten ontwikkelingen in suiker(bieten)productie

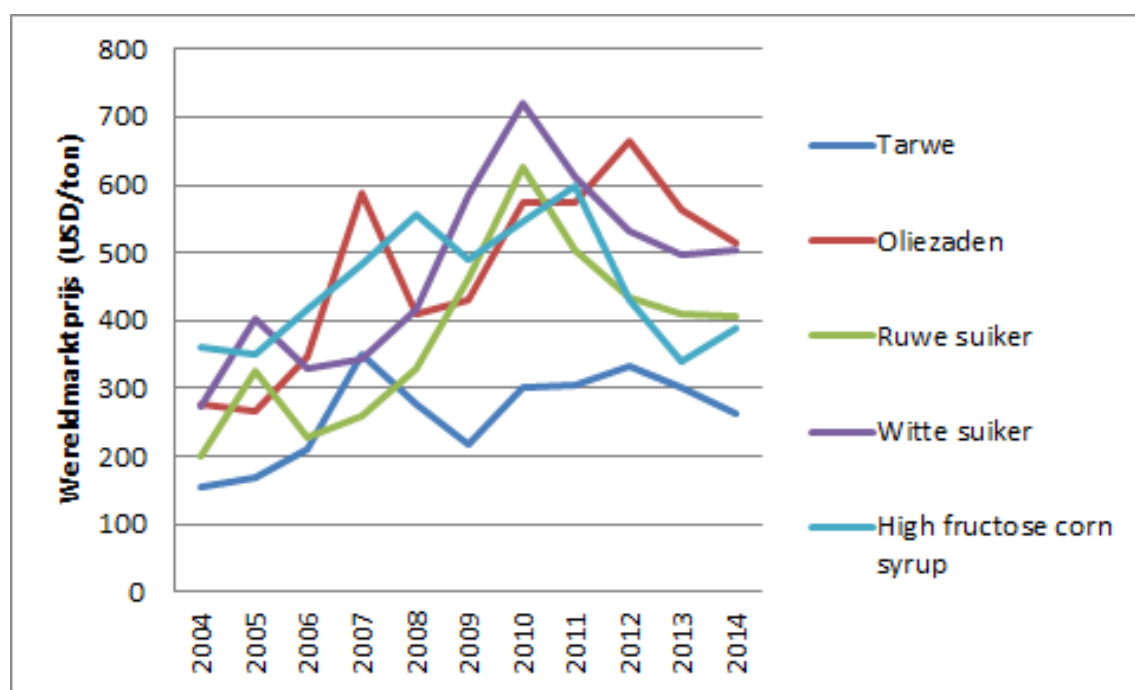
Door het wegvallen van het suikerquotumsysteem vanaf 30 september 2017 zal het areaal suikerbieten en de suikerproductie voor humane consumptie in de EU stijgen, vooral in Duitsland, Frankrijk en Denemarken en in mindere mate ook in België, Nederland en het Verenigd Koninkrijk. In landen als Nederland en België zal de uitbreiding ongetwijfeld afgeremd worden door concurrentie met hoogsalderende gewassen en met een uitbreidende melkveesector en door EFA-verplichtingen.

Per saldo wordt de EU qua suikerproductie weer zelfvoorzienend. De suikerimporten nemen af en de suikerexport kan toenemen als het aanbod meer toeneemt dan nodig voor zelfvoorziening en als daarvoor vraag is op de wereldmarkt. Voor Frankrijk en Duitsland kan deze areaaltoename samenvallen met een areaalafname voor bio-ethanolproductie. Door het wegvallen van het quotumsysteem ontstaat er grofweg één suikerprijs voor zowel humane als non-food-toepassingen, waardoor humane suiker goedkoper en non-food-suiker, onder andere als grondstof voor bio-ethanol, duurder wordt. Non-food-toepassing van suiker zou hierdoor minder interessant kunnen worden, ware het niet dat er marktdifferentiatie kan optreden. Voor humane consumptie wordt ruwe of kristalsuiker geproduceerd, maar voor non-food-verwerking is een goed alternatief om het goedkopere diksap, een tussenproduct in de verwerking van bieten in kristalsuiker, als grondstof te nemen (zie ook paragraaf 4.4.3). Suiker Unie investeert al in diksapsilo's en anticipeert op die ontwikkeling.

12.3 Te verwachten ontwikkelingen in suikerverbruik

Wereldwijd stijgt de consumptie van suiker jaarlijks ongeveer 2%, maar in Europa zal dit mogelijk wat lager zijn. Er is een trend om een deel van de biet- of rietsuiker in voedingsmiddelen te vervangen door isoglucose/HFCS, maar dat hangt onder andere af van de maïsprijs. Naar verwachting zal die wereldwijd op een betrekkelijk hoog niveau blijven, waardoor de vraag naar suiker hierdoor niet al te zeer beïnvloed zal worden.

Bij toenemende bijmengpercentages van bio-ethanol bij fossiele brandstoffen zal de vraag naar suikerbieten voor dat productiedoel ook toenemen, waarvan dan vooral Duitsland en Frankrijk profiteren. Evenwel concurreren onder andere zetmeelaardappelen en granen op dit vlak met suikerbieten. Momenteel zijn de prijzen voor graan- en aardappelzetmeel duidelijk hoger dan vóór 2010 (zie Figuur 16), maar ze zijn wel lager dan in 2011/2012 het geval was. Naar verwachting blijven ze de komende jaren gemiddeld op het huidige niveau en dat betekent dat er wel ruimte blijft om bieten in bio-ethanol te verwerken, mits de suikerbietenprijs op een relatief laag niveau blijft of (een deel van) de suikerbietentelers bereid zal zijn/blijven om (een deel van de) bieten te leveren voor een lagere prijs dan de dan gangbare ‘middenprijs’. Met name voor Duitsland en Frankrijk met grote akkerbouwbedrijven en een relatief extensief bouwplan was de teelt van bio-ethanolbieten voor een prijs van € 20 per ton blijkbaar concurrerend met graanteelt; als de uitbetalingsprijs nog iets stijgt, zal de animo alleen nog maar sterker worden. Anderzijds is het ook mogelijk om bio-ethanol uit bijvoorbeeld Brazilië te importeren. Het is lastig te voorspellen hoe dit ‘spel’ exact uitpakt en hoe het totale suikerbietenareaal voor humane en non-food er uit zal gaan zien, ook regionaal gezien.



Figuur 16: Wereldmarktprijzen voor tarwe, oliezaden, ruwe en witte suiker en high fructose corn syrup (HFCS) in de afgelopen tien jaar. Voor zetmelen zijn deze data niet beschikbaar. Bron: OECD-FAO.

Witte suiker wordt uit ruwe suiker gemaakt. Ruwe suiker bevat een kleine hoeveelheid aan onzuiverheden. Voor humane consumptie wordt ruwe bietsuiker altijd verwerkt tot witte suiker omdat ruwe bietsuiker onaangenaam smaakt. Dat dit een dure processtep is blijkt uit het prijsverschil van 100 USD/ton tussen ruwe suiker en rietsuiker. Daarentegen wordt ruwe rietsuiker wel geconsumeerd vanwege de bijzondere smaak en de toegevoegde voedingswaarde.

Op basis van de data in Figuur 16 kan een schatting gemaakt worden van de suikerprijzen uit de verschillende grondstoffen in USD/ton suiker voor 2014. Onderstaande tabel geeft een schatting van de suikerprijzen op basis van schattingen van het suikergehalte in de grondstoffen. Hieruit blijkt dat ruwe suiker de goedkoopste grondstof is. Het is de vraag welke kwaliteit/zuiverheid de industrie nodig heeft.

Tabel 10: Suikerprijzen in USD/ton suiker op basis van wereldmarktprijzen van verschillende grondstoffen.

Grondstof	Suikergehalte (%)	Prijs grondstof 2014 USD/ton	Prijs van de suiker USD/ton
Tarwe	60	260	430 (ex proceskosten)
Ruwe suiker	97	400	412
Witte suiker	100	500	500
HFCS	76	390	513

De vraag naar gemakkelijk te splitsen sucrose moleculen in fructose en glucose kan in principe de komende jaren een grote vlucht nemen, omdat men toch een deel van de olie wil vervangen die gebruikt wordt voor de productie van plastics. Als de trend naar een BbE doorzet, zal de vraag naar suiker uit suikerbieten/diksap voor dit doel verder toe kunnen nemen, maar ook graan kan daarvoor gebruikt worden. Exacte schattingen zijn daardoor moeilijk te maken.

12.4 Verwachte beschikbaarheid van suiker in Europa en Nederland

In principe zal er door de afschaffing van de suikerquota meer suiker beschikbaar komen, zowel in Europa als in Nederland. Die extra hoeveelheid zal in de eerste plaats als humane suiker gebruikt worden door de suikerverwerkende industrie, voor wie de lagere prijs en de betere beschikbaarheid van kwalitatief goede suiker in Europa belangrijke redenen waren om voor afschaffing van het quotumsysteem te pleiten. In toenemende mate zal er ook vraag naar bio-ethanol of grondstoffen daarvoor komen. Mogelijk zal het huidige verbruik van suiker voor bio-ethanol licht afnemen, als het door een lagere suikerprijs voor Brazilië relatief aantrekkelijker wordt suiker in te zetten voor bio-ethanolproductie en die naar onder andere de EU te exporteren. Dat geeft in Europa wat meer ruimte voor andere industriële toepassingen.

Omdat Nederland geen bio-ethanol uit suiker produceert, treedt het ‘vervangings-effect’ bij ons niet op. Nederlandse telers zullen dus vooral kijken naar de hoge uitbetalingsprijzen voor suikerbieten van de afgelopen jaren en inschattingen proberen te maken van die saldi in de komende jaren. In eerste instantie mag in Nederland vanaf 2017 een areaaluitbreiding verwacht worden van 14% (Smit & Helming, 2012), maar door genoemde ontwikkelingen zou dit wel lager uit kunnen pakken. Bij 14% zou het gaan om een toename met ruim 10.000 ha.

13 Gevolgen van een nieuwe toepassing als biobouwstenen

13.1 Inleiding

Deze paragraaf gaat kort in op de mogelijke gevolgen op de markt en productie van suiker als een nieuwe outlet als biobouwstenen verschijnt. Centraal staat de vraag of de suikerprijs dan omhoog gaat of de productie in Nederland naar een grotere schaal gaat waardoor suiker goedkoper wordt. Eerst worden de lijnen uit de voorgaande paragrafen doorgetrokken naar deze vraagstelling. Afgesloten wordt met een aantal openstaande (kennis/markt-)vragen.

13.2 Beschikbaarheid van suiker voor biobouwstenen tegen redelijke prijzen?

Uit de voorgaande paragrafen blijkt dat de suikerproductie in Nederland toe zal nemen door afschaffing van de suikerquota in de EU. Als een eerste inschatting van 14% klopt, dan zou de Nederlandse suikerproductie stijgen van 900.000 naar 1 miljoen ton. De suikerverwerkende industrie zal hiervoor grote belangstelling hebben, ook gezien de lagere prijs. Een extra vraag vanuit de chemie zou de te verwachten prijsdaling in de EU wat kunnen dempen, zeker omdat het naar verwachting om significante hoeveelheden gaat. Zoals eerder beschreven zouden er in dat geval meer 'ethanolbieten' ingezet kunnen worden voor humane consumptie of voor deze nieuwe BbE-toepassing. Daarmee is ook gezegd dat een significante vraagtoename naar suiker in gaat spelen op verschillende marktverhoudingen. Want bij een prijsstijging van ethanolbieten zal er meer bio-ethanol uit granen geproduceerd worden, zodat van die kant de prijsstijging weer gedempt wordt.

Wat betreft die marktverhoudingen, verwacht mag worden dat er bij toepassing van suiker als grondstof voor biobouwstenen contracten gesloten zullen worden tussen de suikerindustrie en de chemische industrie, zoals dat nu ook al gebruikelijk is met de suikerverwerkende industrie in het voedselsegment. Enerzijds zal dat een kwestie zijn van vraag en aanbod, anderzijds zullen ook 'win-win'-afspraken worden gemaakt waarbij beide partijen een zekere aanvoer- en prijsstabiliteit creëren. Dergelijke afspraken zullen dan doorwerken op de voorwaarden waaronder suikerbietentelers hun product mogen leveren.

Als die grotere vraag er komt, dan is het maar de vraag of die suiker in Nederland geproduceerd zal gaan worden. Eerder lijkt daarvoor ruimte in andere Noordwest-Europese landen, zoals Duitsland, Frankrijk en Denemarken. In Denemarken en Nederland zal bovendien de afschaffing van zuivelquota kunnen leiden tot relatief minder ruimte voor suikerbieten in bouwplannen van akkerbouw- en gemengde bedrijven. Binnen Nederland lijkt er vooral ruimte te zijn voor extra suikerbietenteelt in de Veenkoloniën.

Concluderend kan gesteld worden dat er niet in de eerste plaats in Nederland maar vooral in ons omringende landen ruimte is voor groei van het suikerbietenareaal voor bijvoorbeeld biobouwstenen. Als de extra vraag naar suiker sterk stijgt, zal dat een effect hebben op de suiker(bieten)prijzen, maar waarschijnlijk wordt die dan afgezwakt door overschakeling van bio-ethanolproducenten van bieten naar met name granen.

13.3 Openstaande (kennis/markt-)vragen

Een aantal punten zou van invloed kunnen zijn op de geschetste ontwikkelingen en zou daarom verder onderzocht moeten worden:

1. Hoe verhoudt de kostprijs van isoglucose zich tot die van suiker?
2. Wat is de kostprijs van bouwstenen uit aardolie in verhouding tot die van biobouwstenen? Welke invloed heeft de olieprijs daarop?
3. Wat is de invloed van importheffingen op de kostprijs van biobouwstenen? Of kan de grondstof geheel of gedeeltelijk door EU geleverd worden?
4. Welke kantelpunten in markt- en prijsontwikkelingen zijn er en hoe zijn die zichtbaar te maken door 'als – dan'-redeneringen?
5. Hoe kan de complexiteit van deze materie in kaart gebracht worden met (inzichtelijke) schema's en scenariostudies?

14 Conclusies

Suiker speelt een belangrijke rol in de Biobased Economy. Voor de chemische industrie kan suiker als vervanging dienen van fossiele grondstoffen voor de productie van chemicaliën en materialen. Door zeer veel partijen wordt momenteel gewerkt aan de verdere ontwikkeling van een scala aan chemicaliën en materialen uit suikers.

Suiker is een verzamelnaam voor verschillende grondstoffen en wordt in vele vormen gebruikt door de (voedsel)industrie. Meest efficiënte suikerproducerende gewassen in Nederland zijn suikerbieten, granen en aardappels. Suikerbieten leveren sacharose of kristalsuiker; granen en aardappels leveren zetmeel. Sacharose uit suikerbiet kan worden omgezet in een mengsel van fructose en glucose; deze suikerstroop is op de markt als invertsuiker. Zetmeel uit granen en aardappels kan ook worden omgezet tot een suikerstroop van glucose en fructose; dit is op de markt als isoglucose..

Uit een grove scan van het landbouwgebruik in Nederland blijkt dat meer dan de helft wordt benut voor het telen van gras en ongeveer een kwart voor granen, Bieten en aardappels nemen maar een klein deel van de landbouwgrond in beslag. Als wordt gekeken naar de toepassing van deze gewassen blijkt dat bijna driekwart van de landbouwgrond wordt ingezet voor feed. Wat betreft productie van suikers is de suikerbiet het meest efficiënt: per hectare levert de suikerbiet de grootste hoeveelheid suiker en de grootste hoeveelheid droge biomassa. Naast de hoeveelheid suiker per hectare zijn meerdere factoren van belang zoals logistiek, teeltmogelijkheden en benutten van nevenstromen.

Suiker kan vervolgens worden omgezet naar chemische bouwstenen via chemische conversie of fermentatieve routes. Voor fermentatie zijn C6-suikers (zoals glucose en fructose) de belangrijkste grondstof. Voor chemische conversie is de chemische structuur van de bouwsteen bepalend voor de keuze van de grondstof. Zo is fructose (een 5-ring) de meest geschikte grondstof voor de productie van HMF (5-ring), intermediair voor de productie van 2,5-FDCA (ook een 5-ring). Fructose zit in suikerbieten maar kan ook worden geproduceerd uit zetmeel van granen of aardappels.

In Nederland is suikerbiet één van de belangrijkste akkerbouwgewassen, mede door een relatief hoog saldo (financiële opbrengsten minus toegerekende kosten). Ook voor de EU is het een belangrijk gewas. De EU als geheel teelde in 2013 1,46 miljoen ha en produceerde ongeveer 16.3 miljoen ton suiker. Op wereldschaal werd in 2013 4,9 miljoen ha suikerbieten geteeld, met een suikerproductie van ongeveer 43 miljoen ton. Dit is een kwart van de totale wereldsuikerproductie uit suikerbiet en -riet.

De onderdelen uit suiker of sacharose, te weten glucose en fructose, worden ook afzonderlijk geproduceerd en verhandeld. In de EU ging het in 2012 in totaal om ruim 4 miljoen ton glucose

en ruim 1 miljoen ton fructose. Deze hoeveelheden betreffen ook glucose en fructose uit zetmeel. Deze producten worden voornamelijk binnen de EU verhandeld.

De wereldconsumptie van suiker neemt naar verwachting de komende jaren toe door een grotere vraag uit met name ontwikkelingslanden. De productie van suiker varieert daarentegen sterk door weersinvloeden maar ook door verwevenheid van de suikermarkt met die van bio-ethanol en olie, maïs en tarwe, waarmee suiker direct of indirect uitwisselbaar is. Beleid rond bijmenging van biobrandstoffen, aandacht voor obesitas en kwaliteitsaspecten van suiker spelen ook een rol bij de vraag hoe het marktevenwicht voor suiker in de toekomst uit gaat pakken. Internationaal spelen verschillende landen een grote rol op de wereldmarkt, onder andere Brazilië (als grote producent van suikerriet en bio-ethanol), de VS en India (beide met een grote ondersteuning van de suikersector).

Binnen de EU is het suikerbeleid sinds 2006 sterk in beweging. In de periode 2006-2009 werden de Europese suikerquota met een derde gereduceerd en de minimumsuikerbietenprijs verlaagd. De Europese suikerbienteelt en suikerproductie zijn daardoor sterker geconcentreerd in Noordwest-Europa, in de meest efficiënte productiegebieden. Dit beleid is effectief geweest. De EU is van een grote suikerexporteur naar de wereldmarkt veranderd in een netto importeur van suiker. Evenwel is in juni 2013 door de EC besloten om per 30 september 2017 het suikerquotumsysteem af te schaffen. Tevens komt er een einde aan de minimum suiker(bieten)prijs²². De vergoeding voor suikeropslag en de exportrestituties blijven bestaan (wat niet wil zeggen dat ze ook gebruikt worden).

Door de afschaffing van de suikerquota kan het areaal suikerbieten met 10% toenemen, met name op bedrijven met hoge suikerbietenaldi²³. Echter, door afschaffing van de melkquota neemt de 'grondhonger' in Nederland en Denemarken toe. Voor de verwachte uitbreiding van de melkveehouderij is meer grond voor voerproductie en mestafzet nodig. Op akkerbouwbedrijven met een Veenkoloniaal bouwplan zou er mogelijk meer ruimte voor suikerbieten kunnen ontstaan, omdat de aantrekkelijkheid van de teelt van zetmeelaardappelen al enige jaren afneemt door relatief lage saldi. Dit kan echter alleen als er geen vruchtwisselingsproblemen optreden door een verhoogd aandeel suikerbieten in het bouwplan.

In de meeste Europese lidstaten met suikerindustrie is volop ruimte voor uitbreiding van de suikerbienteelt. Hoe groot de areaaluitbreiding wordt, zal ook afhangen van de internationale aanbod- en vraagontwikkelingen en van de uitbetalingsprijzen die de industrie in de verschillende teeltgebieden kan uitbetalen. Die verschillen zijn groot en zullen dat ook wel blijven.

²² In dit rapport heeft de suiker(bieten)prijs zonder nadere aanduiding betrekking op de prijs van suiker en suikerbieten binnen het quotum, dus op consumptiesuiker.

²³ Hierbij is geen rekening gehouden met een eventuele significante groei van het gebruik van suiker in BbE-toepassingen.

Een complicerende factor bij markt- en prijsvoorspellingen is de bio-ethanolproductie uit bieten in met name Duitsland en Frankrijk. Ongeveer 20% van de suikerbieten wordt in deze landen als productie buiten het quotum tegen relatief lage prijs voor dit doel verwerkt. Als het quotum wegvalt, zal er een soort ‘gemiddelde’ prijs ontstaan voor ‘humane’ en ‘ethanolbieten’. Het is mogelijk dat ethanolproductie uit bieten dan onaantrekkelijker wordt, omdat de nieuwe suikerbietenprijs hoger zal liggen dan de oude prijs van hun grondstof (de buitenquotumbieten)²⁴. Mocht men bijvoorbeeld overstappen naar graan als brandstof, dan komt er in beide landen 20% extra bieten vrij en dus 20% extra suiker voor humane of andere toepassing buiten bio-ethanol om. Dat betekent 10% meer suiker op de Europese markt en dus een neerwaartse prijsdruk.

Door het wegvallen van het quotumsysteem ontstaat er grofweg één suikerprijs voor zowel humane als non-food-toepassingen, waardoor humane suiker goedkoper en non-food-suiker, onder andere als grondstof voor bio-ethanol, duurder wordt. Non-food-toepassing van suiker zou hierdoor minder interessant kunnen worden, ware het niet dat er marktdifferentiatie kan optreden. Voor humane consumptie wordt ruwe of kristalsuiker geproduceerd, maar voor non-food-verwerking is een goed alternatief om het goedkopere diksap, een tussenproduct in de verwerking van bieten in kristalsuiker, als grondstof te nemen. Ook zou mogelijk de suikerindustrie de potentieel grote afzetmarkt voor chemische toepassingen aan zich willen binden door aantrekkelijke contracten te bieden.

De vraag naar gemakkelijk te splitsen sacharosemoleculen in fructose en glucose kan in principe de komende jaren een grote vlucht nemen, omdat marktanalyses aangeven dat de vraag naar biobased chemicaliën en bioplastics groeit. De vraag naar suiker uit suikerbieten/diksap voor dit doel zal verder toe kunnen nemen, maar ook graan kan daarvoor gebruikt worden. Exacte schattingen zijn daardoor moeilijk te maken. Door een algehele te verwachten prijsdaling van suiker zal mogelijk de bio-ethanolproductie in met name Brazilië toenemen. Daardoor zou er ook in de EU minder suiker omgezet gaan worden in bio-ethanol en in principe beschikbaar kunnen komen voor andere biobased-toepassingen. Het gaat hier echter om een vrij stabiel marktsegment van specifiek voor bio-ethanol geteelde suikerbieten, zodat daarin waarschijnlijk weinig verandering op gaat treden.

²⁴ De wereldmarktprijs voor suiker bedraagt in april 2014 USD 460 (<http://nl.investing.com/commodities/london-sugar-historical-data>), wat al aanzienlijk lager is dan de piek rond 2012 van USD 650 (OECD EN FAO, 2013). De aantrekkelijkheid van suiker als industriële grondstof is dus de afgelopen jaren al autonoom sterk toegenomen.

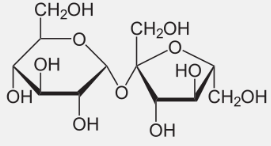
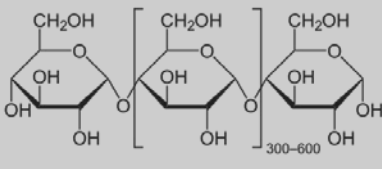
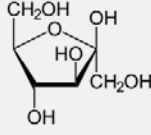
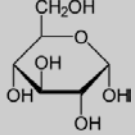
Referenties

- aAf, *Factsheet on glucose fructose syrups and isoglucose*, cited 2013, from <http://www.aaf-eu.org/factsheet-on-glucose-fructose-syrups-and-isoglucose/>.
- Achterbosch Thom (LEI Wageningen UR), Gerdien Meijerink (LEI Wageningen UR), Maja Slingerland (Wageningen University, Plant Production Systems) and Edward Smeets (LEI Wageningen UR) (2013), *Combining bioenergy production and food security*. Utrecht, Publicatie van Agentschap NL.
- AVEBE, *Innovators gezocht: AVEBE wil aardappelsap tot waarde brengen*, cited 2013, from http://www.avebe.nl/Portals/2/209145_02%20Aardappelsap%20NL.pdf.
- BioAmber, *Chemistry inspired by nature*, cited 2013, from <http://www.bio-amber.com/bioamber/en/home>.
- Abengoa Bioenergy, *Abengoa Bioenergy Netherlands*, Cited 2013, from http://www.abengoabioenergy.com/web/en/acerca_de/oficinas_e_instalaciones/bioetanol/europa/netherlands/.
- Blaauw, R., H. Bos, et al. (2013) *De biomassabehoefte van de chemische industrie in een biobased economy. Inschattingen gebaseerd op drie extreme technologische scenario's*, rapport 1376, Wageningen UR.
- Boerderij.nl. (2012), *Suiker Unie investeert in Anklam 16 miljoen euro in biovergister*, from <http://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Nieuws/2012/3/Suiker-Unie-investeert-in-Anklam-16-miljoen-euro-in-biovergister-1011719W/>.
- Bos, H. L. and J. P. M. Sanders (2013), *Raw material demand and sourcing options for the development of a bio-based chemical industry in EuropePart 1: Estimation of maximum demand*, *Biofuels, Bioproducts & Biorefining* 7(3): 246-259.
- Bozell, J. J. and G. R. Petersen (2010), *Technology development for the production of biobased products from biorefinery carbohydrates - The US Department of Energy's "top 10" revisited*, *Green Chemistry* 12(4): 539-554.
- Brink Lvd, Groten JAM, *Teelthandleiding korrelmais en Corn Cob Mix (CCM) - oogst*, (2005), from <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/teelthandleiding-korrelmais-en-corn-cob-mix-ccm-oogst>.
- Carbohydrate Competence Centre, cited 2013, from <http://www.cccresearch.nl/nl/>.
- Carus, M. (2013). "Bio-based polymers - Production capacity will triple from 3.5 million tonnes in 2011 to nearly 12 million tonnes in 2020." *Industrial Biotechnology* 9(2): 81-84.
- Carus, M. and L. Dammer (2013). *Nova paper #2 on bio-based economy 2013-07. Food or non-food: Which agricultural feedstocks are best for industrial uses?*, NovaInstitute.
- Chatenay, P.H., (2013). *Government Support and the Brazilian Sugar Industry*. Report prepared for the American Sugar Alliance. ProSunergy (UK) Ltd, April 17th, 2013.
- CBS en LEI (2013). *Land- en tuinbouw cijfers, jaargang 2013*. Den Haag.
- Darwinkel A, *Teelthandleiding wintertarwe*, WUR-PPO (1997), from http://www.kennisakker.nl/files/Boekpagina/TEELTHANDLEIDING_WINTERTARWE.pdf.
- De Jong, E., A. Higson, et al. (2012) *Product developments in the bio-based chemicals arena*, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 6(6): 606-624.
- Dijkma, S. (2013) *Brief aan de TK over 'Implementatie Gemeenschappelijk Landbouwbeleid'*. Den Haag, Ministerie van EZ, Directoraat-generaal Agro, Directie Europees Landbouwbeleid en Voedselzekerheid, 6 december 2013.

- Elbersen, W., B. Janssens, et al. (2011) *De beschikbaarheid van biomassa voor energie in de agro-industrie*, Wageningen UR Food & Biobased Research, from: <http://edepot.wur.nl/163580>.
- FAO (2013), *Crop Water Information: Sugarcane*, 2013, from http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_sugarcane.html.
- Fiems, L. (2010). *Maiskrachtvoer doorgelicht. Veeteeltvlees*.
- Graaf, v. d. (2003). *Chemische Feitelikheden: Zetmeel en zetmeelderivaten*.
- Grommers, H. E. and D. A. van der Krogt (2009). *Chapter 11 - Potato Starch: Production, Modifications and Uses. Starch (Third Edition)*. B. James and W. Roy. San Diego, Academic Press: 511-539.
- Harmsen, P., B. Sperber, et al. (2010) *Productie groene grondstoffen BO-03-007-012*. Wageningen, WUR Food & Biobased Research, available from <http://edepot.wur.nl/150922>.
- Harmsen, P. F. H. and M. M. Hackmann (2012) *Groene bouwstenen voor biobased plastics*, Wageningen UR, from <http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/Boekjes/16GroeneBouwstenen.pdf>.
- Harmsen, P. F. H., M. M. Hackmann, et al. *Green building blocks for biobased plastics, Biofuels, Bioproducts & Biorefining* 8(3):306-24 (2014).
- Harmsen, P. F. H., S. Lips, et al. (2011). *Productie groene grondstoffen (BO-03-007-012); van biomassa tot PLA; economische aspecten*, WUR-FBR, from <http://edepot.wur.nl/246708>
- Harmsen, P. F. H., S. Lips, et al. (2013). *Pretreatment of lignocellulose for biotechnological production of lactic acid; research review. KB13-003-002*. Wageningen, WUR-Food and Biobased Research, from <http://edepot.wur.nl/293952>.
- Huijbregts, A. W. M. P. (2003) *Technical Quality Assessment of Sugar Beet in Europe*. 1st joint IIRB-ASSBT Congress, San Antonio, Texas, USA.
- International-Starch-Institute, *Technical Memorandum on Cornstarch*, cited 2014, available from: <http://www.starch.dk/isi/starch/tm18corn.asp>.
- IRS, *Alles over bieten: 4.15 Berekening*, cited 2013, from <http://www.irs.nl/alle/teelthandleiding/4.15-berekening>.
- Jongeneel, R., C.J.A.M. de Bont, J.H. Jager, H. Prins, P. Roza en A.B. Smit (2011) *Bedrijfstoeslagen na 2013; Omgaan met dalende bedragen*, Den Haag, LEI, Rapport 2011-062.
- Krogt, D van der, *Personal communication with Avebe* (2014).
- Meesters, K., P. Boonekamp, et al. (2010). *Monitoring groene grondstoffen*, Platform Groene Grondstoffen, from <http://edepot.wur.nl/160342>.
- Mulder, R. and G. Franken (2002). *Inleiding tot de zetmeelchemie en zetmeeltechnologie*, AVEBE, from http://www.avebe.com/Portals/4/inl_zetmeelchemie_2002.pdf.
- Mulder, W. (2010). *Proteins in biomass streams*, WUR-Food & Biobased Research, from <http://edepot.wur.nl/158987>
- OECD (2012) *Agricultural Policy Monitoring and Evaluation Report 2012*. OECD Paris.
- OECD & FAO (2013) *Agricultural Outlook 2013*, OECDpublishing, www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2013_agr_outlook-2013-en
- Polman, N., V. Linderhof, et al. (2012) *Landbouw in een veranderende delta : toekomstscenario's voor zoetwatergebruik*, WUR-LEI, from <http://edepot.wur.nl/247475>.
- Pryor, S., N. Nahar, et al. (2008) *Ethanol production from sugar beet pulp*, from: <http://www.ag.ndsu.edu/bioepic/documents/2008/EthanolfromSugarBeetPulp08.pdf>

- Rennovia, *Rennovia produces RENNLONTM nylon, a 100% bio-based nylon-6,6 polymer*, cited 2013, from <http://www.rennovia.com/LinkClick.aspx?fileticket=UKm3fT8QZ-c%3d&tabid=62>.
- Röell, A. C. C. and R. J. F. van Haren (2011). Projectgroep Nutriëntenrecycling-Meerjaren *Afspraken Energie Efficiëntie*, from: <http://www.google.nl/url?sa=t&rct=..>
- Smit, A.B., H. Prins, N.J. Jukema, C.H.G. Daatselaar, B.H.C. van der Waal, R.W. van der Meer & J. Zijlstra (2006) *Ondernemen met bedrijfstoelagen; Een hele verandering*. LEI, ASG en PPO. LEI-rapport 6.06.09
- Smit, A.B., C.J.A.M. de Bont, J.F.M. Helming, M.G.A. van Leeuwen, R.W. van der Meer, P. Berkhout, M. van Dijk, S.R.M. Janssens en J.H. Jager (2011) *Wel of geen suikerquotering? Economische gevolgen voor sector, keten, internationale marktverhoudingen en derde wereld*, Den Haag, LEI-rapport 2011-056
- Smit, A.B. & J.F.M. Helming (2012), *Future policy options for EU beet production: quotas - yes or no?* Note for the European Parliament, Directorate General for Internal Policies, Policy Department B: Structural and Cohesion Policies, Agriculture And Rural Development, Catalogue 32-12-470 EN-C, 38 pp, from <http://www.europarl.europa.eu/committees/en/studiesdownload.html?languageDocument=EN&file=76491>
- Van der Woude (2013) Artikel in BoerenBusiness, december 2013.
- Veerman, A. (2003). *Teelthandleiding zetmeelaardappelen – kwaliteitseigenschappen*, from: <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/teelthandleiding-zetmeelaardappelen-kwaliteitseigenschappen>.
- Virent, *Bioforming*, cited 2013, from <http://www.virent.com/technology/bioforming/>.
- Weastra. (2012) *WP 8.1 Determination of market potential for selected platform chemicals. Itaconic acid, succinic acid, 2,5-furandicarboxylic acid*, Bioconcept (FP7), 2012, from http://www.bioconcept.eu/wp-content/uploads/BioConSepT_Market-potential-for-selected-platform-chemicals_report1.pdf.
- Werpy, T. and G. Petersen (2004). *Volume I-Results of screening for potential candidates from sugars and syntebsis gas. Top value added chemicals from biomass*, PNNL and NREL, from <http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/35523.pdf>.
- Wikipedia, *Suikerbiet*, cited 2013, from <http://nl.wikipedia.org/wiki/Suikerbiet>.

Bijlage 1: Definities

Suiker	Beschrijving	
Sacharose (tafelsuiker, sucrose)	<u>Disacharide</u> ($C_{12}H_{22}O_{11}$) bestaande uit een glucosemolecuul en een fructosemolecuul.	
Zetmeel	<u>Polymeer</u> ($C_6H_{10}O_5$) _n van glucose	
Fructose (vruchtensuiker)	<u>Monosacharide</u> ($C_6H_{12}O_6$), 5-ring.	
Glucose (druivensuiker, dextrose)	<u>Monosacharide</u> ($C_6H_{12}O_6$), 6 ring.	
Invertsuiker	Suikerstroop uit <u>sacharose</u> , mengsel van gelijke hoeveelheden (aantallen moleculen) glucose en fructose.	Term afkomstig van het enzym invertase
Isoglucose	Suikerstroop uit <u>zetmeel</u> , fructose gehalte > 10% (binnen EU)(aAf)	Term afkomstig van isomerisatie: enzymatische omzetting van glucose naar glucose/fructose.

Suikerbiet, suikerpalm, suikerriet:

Bron van sacharose

Cassave, graan (mais, tarwe), aardappel:

Bron van zetmeel

Bijlage 2: Data file

Gewas	Gewas	Productie NL			Hoofdproduct						Nevenproduct						Totaal				
		kHa NL	% totaal	Huidige toepassing	Beschrijving	ton/ha	kton	ton DS/ha	kton DS	gehalte DS (%)	Beschrijving	RPR	ton/ha	kton	ton DS/ha	kton DS	gehalte DS (%)	ton/ha	kton	ton DS/ha	kt DS
Bieten	Voederbiet	0.36	0%	feed	hele gewas	70.8	25	14.2	5	20%	geen						71	25	14.2	5	
	Suikerbiet	82.78	4%	food	biet	65.4	5414	15.7	1300	24%	blad	0.49	32	2653	4.8	397	15%	97	8067	20.5	1697
Granen	Wintertarwe	121.5	6%	feed	graankorrel	8.7	1057	7.4	899	85%	stro	0.65	6	687	5.1	620	90%	14	1744	12.5	1519
	Zomertarwe	19.62	1%	feed	graankorrel	6.5	128	5.5	108	85%	stro	0.79	5	101	4.6	90	90%	12	228	10.1	198
	Zomergerst	41.09	2%	feed	graankorrel	5.9	242	5.1	210	86%	stro	0.83	5	201	4.4	181	90%	11	444	9.5	390
	Korrelmais	19.77	1%	feed	graankorrel	10.2	202	6.6	130	65%	stengels, blad	0.62	6	125	5.7	113	90%	17	327	12.3	243
	Snijmais	218.04	11%	feed	hele gewas	41.1	8961	14.4	3140	35%	geen							41	8961	14.4	3140
Gras	Gras tijdelijk	202.11	11%	feed	hele gewas	72	14552	11.5	2324	16%	geen							72	14552	11.5	2324
	Gras blijvend	794.65	42%	feed	hele gewas	72	57215	11.5	9138	16%	geen							72	57215	11.5	9138
	Gras natuurlijk	22.48	1%	overig	hele gewas	19	427	3.0	67	16%	geen							19	427	3.0	67
Aardappelen	Consumptie aardappel klei	51.08	3%	food	aardappel	43.6	2227	9.6	490	22%	blad	0.23	10	512	3.1	158	31%	54	2739	12.7	649
	Consumptie aardappel zand	18.4	1%	food	aardappel	46.2	850	10.2	188	22%	blad	0.22	10	187	3.1	57	30%	56	1037	13.3	245
	Pootaardappel klei	34.02	2%	food	aardappel	35	1191	7.7	262	22%	blad	1.06	37	1262	4.2	143	11%	72	2453	11.9	405
	Pootaardappel zand	3.41	0%	food	aardappel	31.6	108	7.0	24	22%	blad	1.17	37	126	4.2	14	11%	69	234	11.2	38
	Zetmeelaardappel	49.59	3%	non-food	aardappel	37.6	1865	8.3	412	22%	blad	0.27	10	503	3.1	154	31%	48	2368	11.4	565
	overig	232.14	12%		overig				1006		overig					1025		overig			2031
	Totaal	1911.04	100%		totaal				19703		totaal					2952		totaal			22655

