

Reststromen suikerketen

Januari 2016

A.B. Smit en S.R.M. Janssens



WAGENINGENUR
For quality of life



Samenvattende conclusies

Suiker Unie past (meer of minder expliciet) de principes van de waardepiramide (figuur 1) toe. Bij een inventarisatie van alternatieve routes kan de zogenoemde waardepiramide als instrument dienen om systematisch de verschillende mogelijkheden te verkennen. De toepassing met de laagste toegevoegde waarde in de piramide (in dit geval de methaanproductie als vorm van groene energie) wordt als de basis van het verdienmodel beschouwd. Dat komt door de grote volumes, aangezien momenteel hooguit 10% van de biomassastroom opgewaardeerd kan worden tot waardevolle producten. Tegelijkertijd geeft de Suiker Unie aan dat de zoektocht naar verhoging van toegevoegde waarde nog geen gelopen race is. Er zouden nog meer nuttige en waardevolle stoffen uit de suikerbieten te halen zijn. Blijkbaar is het nu nog niet haalbaar of winstgevend om die routes te onderzoeken en/of toe te passen. Dit kan ook te maken hebben met het principe van de 'valley of death', het moeilijke stadium tussen het laboratorium en de commerciële start van een fabriek. In theorie en qua chemische technologie is er veel mogelijk, maar met name de opschaling van laboratorium- naar fabrieksschaal én een goede afzet van de producten zijn niet altijd bij voorbaat mogelijk, haalbaar en winstgevend. Het is ook qua R&D-budget niet haalbaar om heel veel verschillende alternatieve routes gelijktijdig te onderzoeken en op te schalen. Daarin zullen dus steeds keuzes gemaakt (moeten) worden.

Deze redenering geldt in de eerste plaats voor de biet zelf. Maar ook voor de reststromen van de biet is deze van toepassing en temeer omdat die reststromen lagere gehalten aan waardevolle stoffen hebben. Daardoor is de winning relatief lastiger en kostbaarder, maar daar staat wel een lagere economische waarde¹ tegenover. Verder zijn bij de zoektocht voor de grootste stromen, te weten grondtarra en bietenblad, nog geen alternatieve verwaardingsroutes gevonden die onder de huidige prijsverhoudingen ook economisch aantrekkelijk zijn. Dat kan veranderen als prijsverhoudingen tussen bijvoorbeeld uit bietenblad geproduceerd Rubisco en de vervangende organische mest of compost structureel gaan veranderen. Er is in West-Europa een tendens naar vervanging van vlees door plantaardige eiwitten (bijvoorbeeld Rubisco) en het grote aanbod van mest in Nederland kan invulling geven aan de behoefte aan organische stof.

Nadere studies over verschillende verwaardingsroutes van suiker en de concurrentiekracht daarvan in vergelijking met andere bronnen van zetmeel, glucose en fructose zijn gewenst. Het rapport van Harmsen *et al.* (2014) geeft daartoe een aanzet. Het totaal aan verwaardingsroutes is erg groot en in een beschouwende studie als deze niet afdoende voor 'harde' voorspellingen en inschattingen. Dit geldt ook voor de duurzaamheidseffecten. Bioraffinage kan een deel van op olie gebaseerde producten vervangen door hernieuwbare producten. Dat kan echter in specifieke gevallen tegelijkertijd een hoger energiegebruik met zich meebrengen, waarvan een deel wel weer 'groen' kan zijn. Een integrale duurzaamheidsbeoordeling, waarin verschillende duurzaamheidseffecten uit de verschillende groepen (van de drie P's, people, planet en profit)

¹ Die wordt volgens de economische theorie bepaald door het beste alternatief, in dit geval vergisting tot biogas, dat een veel kleinere toegevoegde waarde heeft dan de productie van suiker (voeding versus energie, zie ook de waardepiramide).

geïncventariseerd en geanalyseerd worden, kan hierbij noodzakelijk zijn. Een van de 'people aspecten' kan ook zijn dat de vervanging van olie door plantaardige grondstoffen een groter beslag gaat leggen op landbouwgrond en daarmee ten koste kan gaan van de teelt van voedingsgewassen. Maar als tegelijkertijd bijvoorbeeld een groter deel van de menselijke eiwitbehoefte met bietenblad of een andere plantaardige bron zou kunnen worden ingevuld, dan valt het netto-effect op de landbehoefte weer mee.

Dit 'gedachtenexperiment' laat zien dat er vanuit een globaal en beschouwend kwalitatieve benadering geen 'harde' conclusies te trekken zijn over de duurzaamheidsslagen die netto gemaakt kunnen worden bij het vervangen van huidige in alternatieve verwerkingsroutes van suikerbieten en de bijbehorende reststromen. Nadere analyses met heldere uitgangspunten en met meerdere scenario's kunnen hierop meer licht werpen.

Inleiding

De teelt en verwerking van suikerbieten leidt tot producten en diverse reststromen of bijproducten. In deze notitie worden de bestaande bijproducten en reststromen en hun huidige bestemmingen in kaart gebracht. Nagegaan is in hoeverre het geheel (het huidige gebruik) duurzaam is en of er mogelijkheden zijn om het economisch rendement te verbeteren. De inventarisatie heeft plaatsgevonden via desk research (literatuurstudie, internetresearch). De bevindingen zijn vervolgens voorgelegd en beoordeeld door experts binnen Wageningen UR en Cosun.

Deze factsheet sluit aan op LEI-nota 2016-013 (Baltussen *et al.*, 2016) waarin in hoofdstuk 5 de suikerketen is beschreven en waarbij per ketenschakel een schatting is gemaakt van de kansen om het gebruik van water, energie, land en fosfaat te verbeteren inclusief de indicatoren om dat te meten.

Deze factsheet is als volgt opgebouwd:

Opbouw factsheet	Toelichting
Samenvatting van de resultaten	Samenvatting van onderzoek naar de huidige en alternatieve verwerking van reststromen in de suikerketen
Inleiding	Achtergrond van de factsheet inclusief werkwijze en review
Huidige reststromen	Soort en omvang van reststromen in verschillende delen van de suikerketen
Wat doen we nu met de reststromen?	Huidige wijze waarop organische reststromen in de verschillende delen van de suikerketen nu benut worden
Duurzamere of financieel aantrekkelijkere alternatieven voor verwerking van reststromen en de belemmeringen	Een verkenning van de mogelijkheden om reststromen anders te verwerken waardoor het totaal duurzamer wordt of waardoor de totale toegevoegde waarde in de suikerketen toeneemt. Ook eventuele belemmeringen voor het (nog) niet toepassen van de alternatieven voor het verwerken van reststromen.

Huidige reststromen

In deze paragraaf worden de reststromen uit de suikerbietenketen per ketenschakel (boerderij, verwerker, retail) beschreven. Daarbij wordt per reststroom aangegeven welke bestemming(en) er momenteel aan wordt gegeven (tabel 1). Onder de tabel wordt elke stroom nader toegelicht.

Tabel 1

Reststromen in de teelt en verwerking van suikerbieten en hun huidige bestemming

Reststroom	Droge- stofgehalte (%)	Coëfficiënt (productie per ton of ha)	Nationale productie	Bestemming
Bietenblad	11,5	40 ton per ha 5 ton ds /ha; 4,1 ton organische stof /ha	75.000 ha * 40 = 2.920 kton blad (365 kton ds)	Blijft op land achter; experimenten met alternatieven
Tarra boerderij		p.m.	p.m.	blijft op bedrijven
Tarra fabriek		100 kg per ton (schone) bieten	480 kton	
bietenstaartjes	13,6		80 à 90 kton	Co-vergisten: biogas, groen gas
Bietenperspulp of droge pulp	Pers: 26; droog: 90	190 kg per ton bieten of 50 kg per ton bieten	1.140 kton perspulp of 300 kton droge pulp a)	Veevoer rundvee, co- vergisten
Schuimaarde/Betacal	45-58	60 kg per ton bieten	350 kton	Meststof akkerbouw
Melasse	72	35 kg per ton bieten	210 kton	Veevoer, alcohol
Proceswater		p.m.	p.m.	Hergebruik of lozing na zuivering

a) In werkelijkheid wordt een combinatie van pers- en droge pulp geproduceerd, zoals ook in tabel 2 te zien is.

Bietenblad

Bijproducten die bij de oogst op het land achterblijven zijn bietenblad en -koppen. Het bietenblad en de bietenkoppen hebben een geschat gewicht van 40 ton vers per ha, wat overeenkomt met 5 ton droge stof (Corré en Langeveld, 2008). Uitgaande van 75.000 ha suikerbieten (in 2013, www.bietenstatistiek.nl) komt dat neer op een volume van bijna 3 miljoen ton (vers) bietenblad en -koppen.

(Grond)tarra bij het oogsten

Bij het oogsten van de bieten blijft teelaarde voor een deel aan de bieten hangen. Deze grond wordt voor een deel meegevoerd naar de fabriek. De grond wordt na aankomst van de bieten bij de fabriek gewassen. Na een periode van bezinking kan deze grond gebruikt worden voor het ophogen van landbouwgrond en het aanleggen van grondwallen. De hoeveelheid aanhangende grond (inclusief vocht in de grond) die met de suikerbieten naar de fabriek komt, bedraagt ongeveer 8% tarra. Bij een wortelopbrengst van 80 ton/ha en 75.000 ha (in 2013, www.bietenstatistiek.nl) komt dit neer op een nationale hoeveelheid van ongeveer 480 kton grond. Nareinigen tijdens de verlading van de bieten op de vrachtwagen is een optie. In een proef in 2013 werd daarmee 27% tarraverlaging gerealiseerd (Huijsmans, 2014), wat bij een gemiddeld tarrapercentage van 8% resulteert in een nieuw percentage van 6%.

Bietenstaartjes

Bietenstaartjes of -puntjes zijn de fijnste deeltjes van de biet die afbreken c.q. vrijkomen bij het wassen van de bieten. Vroeger werden deze bietenpuntjes verkocht als veevoeder of omgezet in compost. De totale hoeveelheid wordt geschat tussen 80 kton (Elbersen *et al.*, 2011) en 90 kton (Koppejan *et al.*, 2009). Bietenstaartjes worden tegenwoordig niet meer afgezet als diervoeder. Het levert momenteel financieel meer op als ze worden vergist. Bij vergisting ontstaan namelijk biogas en digestaat. Suiker Unie werkt het biogas op tot groen gas en brengt dit in het aardgasnetwerk (Cosun, 2013).

Pers- of droge pulp

Na het wassen worden suikerbieten in repen gesneden. Na extractie van de suiker uit het snijdsel blijft bietenpulp over. De pulp kan als verse perspulp worden afgezet, maar ook worden gedroogd alvorens te worden afgezet. Bietenperspulp of geperste bietenpulp bestaat uit geëxtraheerd en

mechanisch geperst bietensnijdsel. Het drogestofgehalte ligt op circa 26% (www.forfarmersdml.nl). Gedroogde bietenpulp (met een droge stofgehalte van 90%; www.voervergelijk.nl) wordt onder andere afgezet als diervoeder voor rundvee. Als Suiker Unie de verse perspulp niet als veevoer kan afzetten, wordt dit deel gebruikt voor het winnen van groen gas. Het is dan een alternatief voor het drogen van pulp. Dat kost zoveel energie dat het vanuit milieuoogpunt beter is om verse pulp juist om te zetten in energie (in de vorm van biogas) (Cosun, 2013).

Per ton biet kan ongeveer 50 kg droge of 190 kg perspulp worden geproduceerd (data van Suiker Unie, 2015). Bij een areaal van 75.000 ha en een opbrengst van 80 ton/ha (2013, afronding van cijfers op www.bietenstatistiek.nl) resulteert dit in een nationale productie van ongeveer 300 kton droge pulp of 1.140 kton perspulp (in de praktijk is dit een combinatie van die twee vormen).² Volgens tabel 2 ligt de afzet van bietenperspulp in Nederland rond de 700 kton per jaar.

Tabel 2

Nederlandse afzet van bietenperspulp in Nederland in 2012 en 2013.

Suikerindustrie	Afzet in NL in kton (2012)	Afzet in NL in ton (2013)	Drogestofgehalte (%, 2013)
Bietenperspulp	662	725	26,0

Bron: OPNV, 2014.

Schuimaarde/Betacal

Schuimaarde is een kalkmeststof ('Betacal'), die zowel in vaste als in vloeibare vorm verkrijgbaar is, met verschillende drogestofgehaltenes. Het product is een fijne neerslag van koolzure kalk gemengd met enige organische stof, ontstaan bij de zuivering van ruwsap uit bieten.

Schuimaarde of Betacal wordt als kalkmeststof in de akkerbouw gebruikt als onderhouds- en/of reparatiebepalking. Betacal is geschikt voor pH-onderhoud, pH-verbetering en structuurverbetering. Betacal is de snelst werkende kalkmeststof die beschikbaar is voor de landbouw. De werking van de stikstof in Betacal bedraagt bij najaarsaanwending circa 40%; bij voorjaarsaanwending circa 75% (IRS, 2014). De fosfaat in Betacal telt voor 100% mee bij voor de gebruiksnormen (Suiker Unie, 2014).

Per ton bieten resteert 60 kg Betacal (50% droge stof). Bij een areaal van 75.000 ha en een opbrengst van 80 ton/ha (2013, afronding van cijfers op www.bietenstatistiek.nl) resulteert dit in een nationale productie van ongeveer 350 kton Betacal.

Melasse

Melasse is een stroperige vloeistof verkregen uit het kooksel van suikerriet/suikerbiet, nadat de gekristalliseerde suiker verwijderd is. Het wordt gebruikt als grondstof in de fermentatie-industrie voor de productie van bakkersgist, citroenzuur, gistextracten en bio-ethanol (alcohol). In de fermentatie-industrie zijn vergistbare suikers, zoals melasse, een essentiële grondstof. In diervoeders wordt melasse gebruikt als bindmiddel bij het drogen en persen van bietenpulp. Melasse wordt ook gebruikt als conserveermiddel bij het inkuilen van gras met een (te) laag drogestofgehalte en als toevoeging aan minder smakelijk kuilgras bij het vervoederen.

Een belangrijk deel van de melasse werd in het verleden afgezet naar de Nederlandse alcoholindustrie. Deze ethanol wordt toegepast in sterke drank en in de farmacie. Na alcoholbereiding uit melasse blijft er nog het restproduct vinasse over, wat als diervoeding of kalimeststof kan worden gebruikt. Het geproduceerde volume melasse en het gehalte aan suiker ervan zijn operationeel te beïnvloeden, afhankelijk van de marktprijs van melasse en suiker. De Nederlandse productielocatie voor ethanol is ontmanteld en naar elders verplaatst. Bovendien worden voor de productie van (bio-)ethanol in toenemende mate graangrondstoffen gebruikt in

² De verhouding droog:nat was in 2012 40:60 en in 2013 50:50.

plaats van melasse. De laatste jaren zijn daarom steeds meer tarwezetmeelfabrieken gekoppeld aan de alcoholproductie.

Per ton bieten ontstaat 35 kg melasse. Bij een areaal van 75.000 ha en een opbrengst van 80 ton/ha (2013, afronding van cijfers op www.bietenstatistiek.nl) resulteert dit in een nationale productie van ongeveer 210 kton melasse.

Was- en proceswater

Suikerbieten bestaan voor ruim 75% uit water. Dankzij dit 'bietwater' produceert Suiker Unie eigenlijk netto water. De biet levert namelijk meer water dan nodig is in het proces. Door het water uit de bieten te hergebruiken is het gebruik van grond- en leidingwater minimaal en kan restwater worden geloosd op het oppervlaktewater.

Totaalbeeld

Bij de teelt en verwerking van suikerbieten komen zeer grote hoeveelheden (grond)tarra, bietenblad en -pulp vrij. Het transport van meer dan 480 kton grondtarra brengt kosten met zich mee, zodat vermindering van het tarragehalte en/of verwaarding van de grond aantrekkelijk is. Bietenblad blijft in de huidige situatie vrijwel volledig op de akker achter en dient daar als bron van organischestofvoorziening. Een massa van ongeveer 3 miljoen ton vers bietenblad en verse bietenkoppen biedt qua volume kansen voor opwaardering. Hetzelfde geldt, zij het in minder mate, voor pulp (ruim 1,1 miljoen ton bietenperspulp of 300.000 ton droge pulp). De hoeveelheden schuimaarde en melasse zijn met ongeveer 300.000 en 200.000 ton relatief kleiner. Maar voor kleinere hoeveelheden is het soms ook mogelijk en aantrekkelijk om een meer hoogwaardige toepassing te zoeken. Op die mogelijkheden gaat de volgende paragraaf nader in.

Alternatieve bestemmingen en duurzaamheid

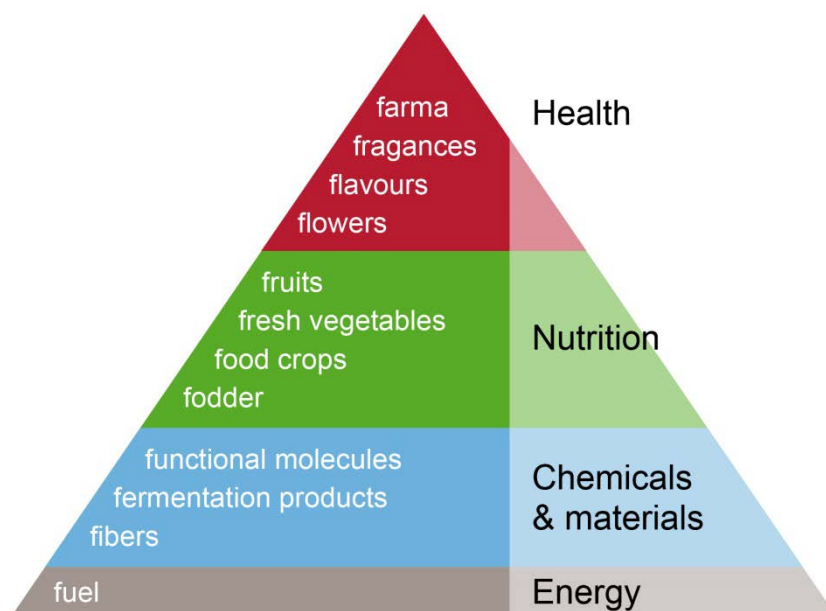
In deze paragraaf gaan we na welke alternatieve bestemmingen denkbaar zijn voor de in voorgaande paragraaf geïdentificeerde reststromen; een eerste inschatting van de duurzaamheidsslag is moeilijk te maken. Voor een goede vergelijking van de huidige verwerking en afzet van reststoffen met alternatieven zou nadere studie nodig zijn om vast te stellen of:

1. de 'winst' van de alternatieve route voor duurzaamheid, logistiek en economie (voldoende) positief is
2. de alternatieve route technisch realiseerbaar is en
3. deze route vertaald kan worden in aantrekkelijke businesscases voor de betrokken ketenschakels.

Bij elke alternatieve route die in theorie denkbaar is, zijn dikwijls verschillende technologieën denkbaar, ieder met haar eigen efficiëntie op duurzaamheidsgebied inclusief economische haalbaarheid. Een vergelijkende studie met de huidige route vraagt diverse aannames over de kosten van een technologie, met name als een dergelijke technologie nog in de kinderschoenen staat of nog slechts op laboratorium- of pilotschaal ingezet wordt. Dergelijke analyses zijn ook dikwijls zeer gevoelig voor de aannames over de opbrengstprijzen van de gefabriceerde producten en de mix waarin ze beschikbaar komen bij diverse processen. Deze prijzen zijn onderhevig aan verandering als een bepaalde technologie opgang doet, met alle consequenties voor vraag en aanbod van zowel grondstoffen als half- en eindproducten. Het verdienmodel kan hierdoor sterk wijzigen, zoals in het verleden waargenomen bij de opgang van biovergisting van mest in combinatie met covergistingmateriaal; door de toegenomen vraag steeg onder andere de prijs van energiemais en ander zetmeelrijk covergistingmateriaal. De marge per geproduceerde eenheid warmte en stroom daalde daardoor aanzienlijk (zie hierover bijvoorbeeld Timmerman *et al.*, 2013).

Bij een inventarisatie van alternatieve routes kan de zogenoemde waardepiramide als instrument dienen om systematisch de verschillende mogelijkheden te verkennen (figuur 1).³ Deze piramide toont 12 verschillende grondstofftypen voor in totaal 4 toepassingsgebieden: energie, chemicaliën en materialen, voeding en gezondheid. Van onderen naar boven neemt de hoeveelheid beschikbare massa af en de toegevoegde waarde toe. Vanuit economisch perspectief is het dus het meest aantrekkelijk om bij een bepaalde grondstof te zoeken naar de toepassing met de hoogste toegevoegde waarde. Meestal zal er dan nog 'restmateriaal' over zijn, waarvoor opnieuw een zo groot mogelijk deel verwerkt wordt met een maximale toegevoegde waarde. Uiteindelijk kan er nog enige biomassa resteren die niet geschikt is voor een andere toepassing dan energie, maar ook met het laatste restant wordt een bijdrage aan het verdienmodel van de betreffende grondstof geleverd.

In de volgende paragraaf is vanuit het concept van de waardepiramide en met criteria op het gebied van duurzaamheidswinst, technologische en economische haalbaarheid, de benodigde kennis en eventueel het te verwachten sociale/politieke draagvlak een kwalitatieve beoordeling van een aantal alternatieve routes gegeven.⁴



Figuur 1 De waardepiramide van groene grondstoffen

Bron: Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de Biobased Economy, 2013.

Algemene strategie van Suiker Unie rond verwaarding van reststromen

Suiker Unie is begonnen om via biovergisting afvalstromen op te werken tot zuiver methaan, dat direct in het gasnet wordt ingevoerd. Dit vindt inmiddels plaats op alle drie locaties: Dinteloord, Vierverlaten en Anklam (Duitsland).

'Met de huidige marktprijzen van suiker en energie is vergisting van de hele biet tot energiedragers niet rendabel. Maar we verwerken wel afvalstromen. Als de Europese marktordening voor suikerbieten wordt stopgezet, verandert de suikerwereld, en zelfs dan denken we een goede businesscase te hebben voor productie van bio-

³ Er zijn verschillende versies van de waardepiramide in omloop, maar in grote lijnen gaat het om meer technisch gerichte 'ladders' (zoals hier weergegeven) en meer economisch ingestoken versies ('Ladder van Moerman'). Het bedrijfsleven zal allereerst geïnteresseerd zijn in goede verdienmodellen, maar die zijn niet per definitie optimaal vanuit het 'planet-aspect' van duurzaamheid.

⁴ Een goed verdienmodel kan bijvoorbeeld gepaard gaan met een hoog energiegebruik.
⁴ Deze werkwijze vertoont gelijkenis met die van Research Guidance (Smit *et al.*, 2006).

methaan. Zeker als de prijs van ruwe olie boven de 100 dollar per vat blijft' (Citaat uit *Chemie Magazine*, 11 december 2013).

Naast de mogelijkheden voor bio-methaanproductie zoekt Suiker Unie tegelijkertijd naar mogelijkheden om de biet of delen daarvan aan te wenden voor de productie van chemische bouwstenen, groene speciale chemicaliën en groene materialen. Zo is suiker als molecuul (sucrose) interessant voor het vervaardigen van allerlei stoffen.

'Je kunt er de autobrandstof bio-ethanol mee maken, maar ook bouwstenen voor de productie van bioplastics. Het gaat om chemicaliën zoals ABE (aceton, butanol, ethanol) en materialen ter vervanging van producten die nu nog uit aardolie moeten komen' (Citaat uit *Chemie Magazine*, 11 december 2013).

Dit maak dat de biet in de toekomst een 'multipurpose gewas' kan worden, waarbij de haalbaarheid van verschillende verwaardingsroutes mede afhankelijk is van marktomstandigheden zoals de olieprijs en de suikermarkt.

Naast de huidige centrale verwerking van suikerbieten zou de verwerkingscapaciteit uitgebreid kunnen worden met kleine decentrale verwerkingsunits. Decentrale (voor)bewerking van bieten levert verschillende voordelen op, met name dat er aanzienlijk bespaard kan worden op het transport van water (als hoofdbestanddeel van de bieten) en van grondtarra, die samen 80 à 85% van het transportgewicht in de suikercampagne uitmaken. Voor de kostenefficiëntie van de verwerking en de opslag van restproducten kan decentrale verwerking echter ongunstig zijn. Nadere berekeningen zouden het netto duurzaamheidseffect van decentrale verwerking moeten aangeven.

In een innovatieproject van Cosun, 'The Unbeatable Beet', gesubsidieerd door het ministerie van Economische Zaken, blijkt de raffinage van bietenpulp en -blad te leiden tot onder meer waardevolle halffabricaten voor de chemische sector. Deze twee nieuwe toepassingen zijn hieronder uitgewerkt. Een dergelijke innovatie biedt de suikerbietensector mogelijkheden haar internationale concurrentiepositie te behouden. Bovendien past deze verwaarding van reststromen bij de ambitie van het Nederlandse kabinet: 'leidend worden en blijven in Europa in de biobased economy'. Dat is reden voor de overheid om innovatie op dit gebied te versnellen en 17 miljoen euro beschikbaar te stellen aan bedrijven voor het ontwikkelen van duurzame, innovatieve oplossingen. Edith Engelen, ingenieur en als senior adviseur biobased economy bij Agentschap NL en begeleider betrokken bij het innovatieonderzoek van Cosun, zegt hierover:

'Het toenmalige ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit wilde vooral bedrijven ondersteunen in 'the valley of death', het moeilijke stadium tussen het laboratorium en de commerciële start van een fabriek, en stelde in 2010 een TERM-subsidie (Tijdelijke Energieregeling Markt en Innovatie) van 10 miljoen ter beschikking. Cosun scoorde op het gebied van het verwaarden van reststromen hoog qua economisch en technisch potentieel, en kwaliteit van organisatie. Het is een partij die heel veel kennis in huis heeft om de stap te zetten richting chemische bouwstenen.'

Harry Raaijmakers, manager Research van Cosun:

'Onze kracht ligt in de bioraffinage en het tot op zekere hoogte verrichten van eenvoudige modificaties aan suikers. We richten ons daarin aanvankelijk vooral op de gespecialiseerde chemicaliën, zoals een aantal bouwstenen voor polymeren. Ook kijken we naar de waarde van enkele tussenproducten, zoals de monosacchariden zelf en bepaalde oligosaccharidefracties die je uit biomassastromen kunt halen. Wij denken trouwens dat de groene chemie zich zal ontwikkelen op de bagagedrager van groene energie. Zo ging het ook bij ons. Vergisting tot methaan is de basis van

ons bio-raffinageconcept. Bovendien, zelfs als je tien procent van je biomassastroom kunt opwaarderen tot waardevolle producten, moet je de overblijvende negentig procent goed gebruiken, en energieproductie is een uitstekende manier om dat te doen. In de loop van de tijd kun je een grotere fractie nuttige en waardevolle stoffen isoleren. Bij chemische bouwstenen uit onze eigen grondstof denken we dan aan furanen, en aan nieuwe biopolymeren als PLA (polymelkzuur). De Nederlandse coöperatie Dutch Grown Polymers waarin ons bedrijf Suiker Unie deelneemt, ontwikkelt grondstoffen, vergistingstechnologie, eindproducten, en toepassingen' (*Chemie Magazine*, 11 december 2013, www.biobasedeconomy.nl).

Bietenblad

Bietenblad wordt normaal gesproken bij de bietenoogst op het land achtergelaten en ondergeploegd voor de organischestofvoorziening van de grond. Een consortium van ondernemers, waaronder Den Ouden Groenrecycling uit Schijndel, CSV Covas uit Asten en Bodec uit Helmond, heeft onderzoek gedaan naar kleinschalige bioraffinage van bietenblad. Deze verwaarding is gericht op twee typen product (De Wolf *et al.*, 2013):

- eiwitten voor toepassing in voeding (food)
- pulp (feed, energie).

Ook kunnen mineralen uit bietenblad worden gewonnen.

Via bioraffinage kunnen de waardevolle componenten uit bietenblad gewonnen worden. Zo kan in het blad aanwezige eiwit (Rubisco) vrijgemaakt worden dat als vleesvervanger of in ijsco's kan worden gebruikt (eiwitvervanger). Rubisco bevat alle essentiële aminozuren die het menselijk lichaam gebruikt. Het komt in bijna alle plantenbladeren voor. Dit eiwit kan alleen uit verse bladeren geoogst worden, dus direct na de oogst van de bladeren zelf. Om de technologie economisch haalbaar te maken is ook door ProLeaf en TNO geëxperimenteerd met bermgras en luzerne, die hiervoor ook geschikt bleken (Engelen en Westenbroek, 2013). Hiermee kan de 'eiwitcampagne' namelijk aanzienlijk verlengd worden.

Een rekenvoorbeeld kan het potentieel van bioraffinage van bietenblad verduidelijken. Stel dat de bietenbladopbrengst per hectare 40 ton versgewicht bedraagt, met een drogestofpercentage van 8%⁵. Het eiwitpercentage bedraagt 18,75% op drogestofbasis. Daardoor komt de eiwitopbrengst uit bietenblad op 600 kg per hectare (daarnaast bevat bietenblad 2,3 ton vezels en 400 kg suiker per ha; De Ruijter *et al.*, 2009). Een probleem van groene reststromen zoals bietenblad is dat het erg veel water bevat en weinig eiwit. In de praktijk variëren de aangenomen waarden, afhankelijk van het oogsttijdstip, de kophoogte en de lokale groeiomstandigheden. Het verzamelen en afvoeren van bietenblad kost energie en de afvoer van bietenblad heeft een (beperkt) nadelig effect op het organischestofgehalte van het bouwland, dat dan dus gerepareerd moet worden. Er zitten dus ook negatieve duurzaamheidseffecten aan de bioraffinage van bietenblad. De uitdaging is om het proces te optimaliseren en deze negatieve effecten te minimaliseren (www.kleinschaligebioraffinage.nl). Er is getoetst of raffinage van bietenblad meer oplevert dan onderploegen. Op pilotschaal is blad geoogst, gewassen, verkleind, geperst, gedecanteerd en geaguleerd. Dit levert diverse fracties op met vezels, eiwitten en opgeloste componenten. De opbrengstwaarden bleken echter bij de huidige techniek niet hoger te liggen dan de waarde voor bodemverbetering door onderploegen. Ondanks de goede bruikbaarheid van bietenblad voor bioraffinage is deze alternatieve route bij de huidige prijsverhoudingen economisch niet aantrekkelijk. Als redenen daarvoor worden genoemd (De Wolf *et al.*, 2013):

- De kosten zijn hoog door de grote hoeveelheid verse massa per hectare. Ook bij kleinschalige opties zonder lange transportafstanden moet er veel massa worden verplaatst en verwerkt. Het verwarmen van grote volumes perssap (in een optie met coaguleren) of zelfs alle verse blad (andere optie) kost veel energie.

⁵ Dit percentage wordt in het rekenvoorbeeld door De Ruijter *et al.* (2009) gehanteerd en wijkt af van het percentage in tabel 1. Voor de boodschap van deze alinea heeft dat verschil geen invloed.

-
- De hoeveelheid eiwit per ha bietenblad is relatief klein en is ook maar voor een deel winbaar met de gekozen technologie. Daardoor vallen de opbrengsten zowel fysiek als economisch tegen.
 - Bij vergisting is het lage organischestofpercentage debet aan de lage gasopbrengst per ton bietenblad, vergeleken met snijmais.

Aan de andere kant vragen de gekozen opties beperkte investeringen en een aantal opties biedt mogelijkheden voor verbetering (De Wolf *et al.*, 2013). Bij hogere eiwitprijzen en door verbetering van technologie en proces kan kleinschalige bioraffinage op termijn wel rendabel worden.

Onduidelijk is nog of het winnen van functioneel eiwit wel rendabel is. Hier wordt door TNO en Wageningen UR aan gewerkt in samenwerking met het bedrijfsleven. Een belangrijke vraag is hoeveel eiwitconcentraat er gemaakt kan worden en wat de kosten daarvan zijn. Voorlopig is dit nog geen praktijktoepassing.

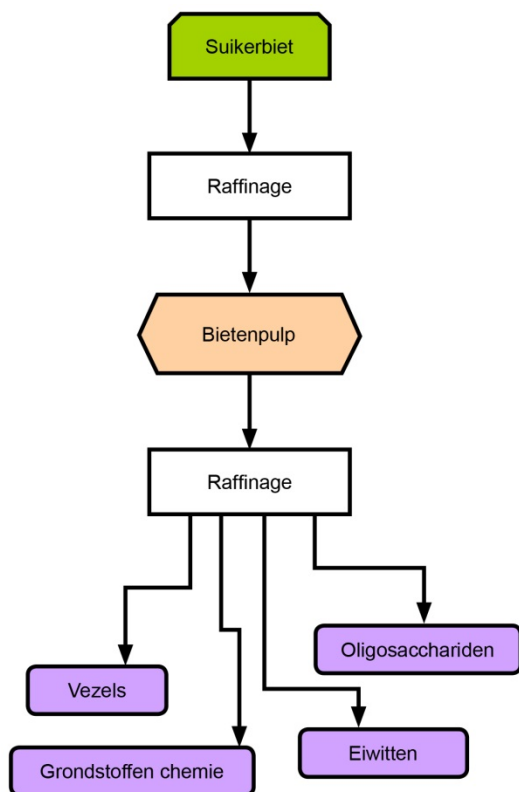
Bietenpulp

Suiker Unie denkt niet alleen na over de bioraffinage van bietenblad, ook bietenpulp zou op die manier opgewaardeerd kunnen worden. Tot nu toe is dit een grote reststroom die als veevoer voor de binnenlandse markt wordt verkocht (het merendeel van de 20 tot 26 ton drogestofproductie per ha verlaat de fabriek als pulp). 'De (micro-)cellulosevezels die we eruit winnen, kunnen worden toegepast in producten als papier, verf en wasmiddel. Hoe duurzaam is het als je voor papier geen bomen hoeft te kappen' schetst De Laat, medewerker van Cosun.

'Samen met Philips bekijkt Cosun of we uit die pulp zeer hoogwaardige biopolymeren kunnen maken. Philips wil biobased plastic toepassen in bijvoorbeeld koffiezetapparaten en strijkijzers. We maken voor dit soort projecten bijna altijd gebruik van de expertise van andere bedrijven of kennisinstellingen' (Citaat uit *Chemie Magazine*, 11 december 2013).

Cosun heeft een zogenaamde COBRA-pilotfabriek gebouwd in Roosendaal, een demonstratiefabriek op semi-industriële schaal (schaalgrootte: 100-1.000 kg natte biomassa/dag waaruit gelijktijdig 1-50 kg producten uit bietenpulp geproduceerd kunnen worden (Agentschap NL en ministerie van Economische Zaken, geraadpleegd op internet: www.rijksoverheid.nl). Producten zoals hoogwaardige vezels, speciale suikers, suikerzuren en oligosacchariden, ofwel halfproducten voor composieten, polymeren, cosmetica, detergenten, coatings en voedingsmiddelen. De resultaten waren zeer veelbelovend, waarna Cosun is gestart met de voorbereidingen voor conversie van de verkregen monosacchariden en suikerzuren in een speciale multipurpose reactor naar bouwstenen voor de chemische industrie zoals furaandicarbonzuur. Nadere informatie wordt gegeven op de website van het project 'Pulp2value' van Cosun en Wageningen UR (www.agro-chemie.nl).

Dit bioraffinageproces is in onderstaand schema (figuur 2) globaal weergegeven.



Figuur 2 Schematische weergave van de verwaarding van suikerbietenpulp
 Bron: www.kennisnetbiobased.nl (geraadpleegd 10-09-2015).

Duynie (een andere businessgroep van Cosun) ontwikkelde een proces voor het verbeteren van de feedkwaliteit van de bietenpulp door het deels af te breken tot een product dat geschikt is als brijvoer voor varkens. Bietenpulp zou dus ook als voedermiddel opgewaardeerd kunnen worden, maar dit is economisch niet haalbaar.

Grondtarra fabriek

De grond uit de tarra van suikerbieten kan gebruikt worden voor het ophogen van landbouwgrond en het aanleggen van grondwallen. Aangezien suikerbieten op verschillende grondsoorten worden geteeld (klei-, zand-, zavel-, dal- en lössgrond) zal dit product een gemengde en wisselende samenstelling hebben, afhankelijk van de binnenkomst van partijen bieten uit de diverse teeltgebieden in Nederland. Mogelijk is een deel van de grondtarra geschikt als tuinaarde en als zodanig af te zetten. Een dergelijke opwaardering zou wel een aangepaste coördinatie bij de aanvoer van bieten en/of de afvoer van de grondtarra naar bezinkingsvelden met zich meebrengen. De vraag is of deze extra inspanningen opwegen tegen de meeropbrengst van 'gesorteerde tuingrond'. Een nadere analyse en berekening zou nodig zijn welke verwachtingen hierover reëel zijn. Tuingrond zit evenwel tamelijk onderin de waardepiramide: groot volume, relatief lage toegevoegde waarde, zodat die verwachtingen op voorhand niet hoog zijn en zeer waarschijnlijk de meerkosten niet zullen dekken. Het ontleden van grond in deelcomponenten in hogere segmenten ligt niet voor de hand.

Meer voor de hand liggen pogingen om het grondtarragehalte van bieten verder te verlagen. In een impactstudie van Suiker Unie is gebleken dat reiniging op de boerderij niet haalbaar is. Een andere mogelijkheid zou zijn om via veredeling de bietvorm verder te optimaliseren door de wortellijsten aan te passen (G. Sikken, Suiker Unie, pers. med., 2015).

Bietenstaartjes

Opwaardering van bietenstaartjes, bladresten en dergelijke, die nu nog tot biogas verwerkt worden, is een aandachtspunt voor Suiker Unie. Over het algemeen zal de suiker in deze plantendelen in relatief lage gehalten aanwezig zijn en minder goed winbaar zijn dan uit de bietwortel zelf. Nadere analyse zou moeten uitwijzen of dat proces meer rendement oplevert dan de vergisting tot biogas.

Schuimaarde/Betacal

De goede beschikbaarheid van kalk, stikstof en fosfaat uit schuimaarde maakt deze reststof tot een geschikte meststof. De stikstof en fosfaat komen in principe weer terug op het bedrijf waarvan deze afkomstig waren, zodat de (terug)levering van schuimaarde aan de suikerbientelers een vorm van 'kringloopsluiting' is. In theorie zou hieraan een meerwaarde gegeven kunnen worden door de mineralen hieruit te isoleren en apart te verkopen. Of een dergelijke route technologisch en/of economisch mogelijk en haalbaar is, zou nader uitgezocht kunnen worden.

Melasse

Melasse wordt al veelvuldig gebruikt als waardevolle grondstof in de fermentatie-industrie. Het is dus de vraag of de toegevoegde waarde hiervan of van het restproduct vinasse nog vergroot kan worden.

Was- en proceswater

De waterkringloop op de suikerfabrieken is zo goed als gesloten. Reststoffen worden via vergisting tot waarde gebracht. Op het eerste gezicht lijkt daarin weinig aan duurzaamheidsslagen mogelijk. Het winnen van reststoffen uit water is energetisch en economisch onaantrekkelijk, tenzij de meerwaarde van die reststoffen erg groot is. Dat zal bij de suikerverwerking naar verwachting niet het geval zijn.

Literatuur

Baltussen, W.H.M., M.A. Dolman, R. Hoste, S.R.M. Janssens, J.W. Reijs en A.B. Smit, 2016. *Grondstoffefficiëntie in de zuivel-, varkensvlees-, aardappel- en suikerketen*. Wageningen, LEI Wageningen UR (University & Research centre), LEI Nota 2016-013.

Corré, W.J., Langeveld, J.W.A., 2008. *Energie- en broeikasgasbalans voor enkele opties van energieproductie uit suikerbiet en bietenblad*, Rapportage in opdracht van IRS, Plant Research International (Wageningen UR), rapport 197, augustus 2008

Cosun, 2013. MVO verslag 2013.

Elbersen, W. (Wageningen UR Food & Biobased Research), B. Janssens (Wageningen UR LEI) en J. Koppejan (Procedé Biomass BV), 2011. *De beschikbaarheid van biomassa voor energie in de agro-industrie*, Wageningen UR Food & Biobased Research, Rapport 1200.

Engelen, E., en A. Westenbroek, 2013. Overzicht 'Valorisatie van eiwithoudende gewassen en reststromen'. Platform Agro-Papier-Chemie.

Harmsen, P., S. Lips, H. Bos (Wageningen UR-Food and Biobased Research), B. Smit, S. van Berkum, J. Helming en R. Jongeneel (LEI Wageningen UR), 2014. *Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie; gewassen, proces, beleid*, Wageningen, FBR-rapport Nummer 1494

Huijsmans, A., 2014. 'Proef bieten reinigen'. In: *COSUNMAGAZINE*, oktober 2014, nummer 5, pag. 10.

IRS, 2014. *Teelthandleiding; 4.8 kalkbemesting*, geraadpleegd op www.irs.nl/userfiles/testhandleiding_render/4.8-kalkbemesting.pdf

Koppejan, J., W. Elbersen, M. Meeusen, P. Bindraban, 2009. *Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020*. *Procedé Biomass*, rapportage in opdracht van SenterNovem.

OPNV, 2014. *Droge stofgehalte van vochtrijke diervoeders is toegenomen; Afzet van vochtrijke voedermiddelen in 2013*; Overleggroep Producenten Natte Veevoeders, www.opnv.nl/attachments/217_Afzetcijfers%202013.pdf

Ruijter, F.J. de, P.W.A.M. Brooijmans, P. Wilting, A.W.M. Huijbregts, J.F.M. Raap en W.J. Corré, 2009. *Afvoer en vergisting van bietenloof; bureaustudie naar effecten op nutriënten, emissies en energie*. Wageningen UR Plant Research International, publicatie 241.

Smit, A.B., H. Prins en P. Ravensbergen, 2006. *Maatschappelijk draagvlak en relevantie van innovatief onderzoek. Hoe onderzoeks- en ontwikkelingsprojecten belangrijk aan kracht kunnen winnen door Research Guidance*. Scheppen van Ruimte. Wageningen, PRI Nota 417.

Suiker Unie, 2014. *Kalk verbetert de grond in de volle breedte; Betacal Dé Kalkmeststof*. Oud Gastel, folder.

Timmerman, T. (WLR), M.H.A. van Eekert (LeAF), J.W. van Riel (WLR) en E. Schuman (LeAF), 2013. *Mestvergisting bij korte verblijftijden*, Wageningen, WLR, Rapport 729.

Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de biobased economy; 2013. *Strategie voor een groen samenleving; biomaterialen, drijfveer voor de Biobased Economy*.

Wolf, de, P.L. en Chr. de Visser (PPO-AGV), E. Keijsers en K. Meesters (FBR), J.W. Heesakkers en M. Aerts (BODEC), 2013. *Kleinschalige raffinage van bietenblad; Eerste verkenning van de mogelijkheden*. Lelystad, PPO-AGV, Rapport nr. 3250264400.

Contact

LEI Wageningen UR
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
www.wageningenUR.nl/lei

Bert Smit
Onderzoeker
T +31 (0)32 0293528
E bertb.smit@wur.nl

Bas Janssens
Onderzoeker
T +31 (0)32 0293529
E bas.janssens@wur.nl

Lei.library.nl
2016-013b