

RAPPORTAGE PILOT KORTCYCLISCHE BIOBRANDSTOF UIT TOMATENSTENGELS EN BERMGRAS

Openbaar eindrapport

DATUM | 29 september 2021
OPDRACHTGEVER | WAC Lexmond Beheer BV
STATUS | DEFINITIEF

RAPPORTAGE PILOT KORTCYCLISCHE BIOBRANDSTOF UIT TOMATENSTENGELS EN BERMGRAS

Openbaar eindrapport

Website

www.blueterra.nl

E-mail

info@blueterra.nl

Telefoon

+31 88 520 04 00

DATUM

29 september 2021

KENMERK

18749JLAR2866250

UITGEVOERD DOOR

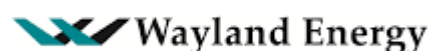
J.M. Larrivee MSc

CO-LEZER

P. E. van Dijk MSc



WAGRO®



IN OPDRACHT VAN

WAC Lexmond Beheer BV

CONTACTPERSOON

Wim Lexmond

Inhoudsopgave

1	Samenvatting en conclusies	4
2	Inleiding	6
2.1	Achtergrond	6
2.2	Doelstelling	6
2.3	Leeswijzer	7
3	Theoretisch kader	8
3.1	Beschikbaarheid van reststromen	8
3.2	Verwerking reststromen door inkuilen en persen	8
3.3	Verbrandingstechniek biobrandstoffen	9
4	Deelonderzoek ontzouting	12
4.1	Onderzoeksopzet en onderzoeksvragen	12
4.2	Methode	12
4.3	Resultaten	13
4.4	Discussie	14
5	Deelonderzoek inkuilen en persen	15
5.1	Onderzoeksopzet en onderzoeksvragen	15
5.2	Methode	16
5.3	Resultaten	18
5.3.1	Ontzouten door persen	18
5.3.2	Energie en massabalans	19
5.4	Discussie	20
6	Deelonderzoek herwinning voedingszouten	21
6.1	Onderzoeksopzet en onderzoeksvragen	21
6.2	Methode	21
6.3	Resultaten	22
6.4	Discussie	24
Bijlage A	Eindrapport LeAF – Validatie energieopbrengst plantenreststromen	25
Bijlage B	Resultaten Eurofins – analyse gras samples	26

1 Samenvatting en conclusies

De resultaten van de pilot 'biobrandstof uit bermgras en tomatenstengels' zijn positief. Het consortium Wagro, WAC Lexmond Beheer, Wayland Energy en SIGN is erin geslaagd om de processtappen van inkuilen, spoelen en persen in de praktijk ten uitvoer te brengen. Met lage arbeid- machine- en energiekosten lukt het om twee energieproducten te maken: perskoek en perssap. Voor dit project is een Topsector Energiesubsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat verstrekt.

De perskoek bestaat uit vezels en kan worden ingezet als brandstof, met als karakteristiek een drogestofgehalte van circa 45% en een gehalte anorganische stof (asgehalte, ook wel gloeirest genoemd) van rond de 10% bij gebruik van een mengsel van bermgras en tomatenstengels. De verwachting is dat met een betere persinstallatie het drogestofgehalte toe zal nemen tot minimaal 50% en het asgehalte verder zal afnemen. Opvallende uitkomst is dat bij het verwerken van uitsluitend bermgras de concentratie stikstofverbindingen in de perskoek zo laag was dat deze onder de detectiegrens van de meetapparatuur kwam. Dat is gunstig, want met een stikstofarme brandstof dalen de NO_x-emissies van een stookinstallatie. Bij de verwerking van tomatenstengels waren stikstofverbindingen in beperkte mate maar wel meetbaar in de perskoek aanwezig.

Het procedé is aanzienlijk verbeterd door na het persen een shredder te gebruiken en vervolgens opnieuw te spoelen en te persen. Door nogmaals te persen na het verkleinen wordt veel extra water uit de vezels geperst. Daarnaast verdwijnt met de tweede persing bijna de helft van de drogestof uit de perskoek. Het drogestofgehalte van de perskoek zelf neemt met enkele procentpunten toe en het asgehalte neemt met enkele procentpunten af. Wel moet geconcludeerd worden dat er grote verschillen zijn in de uitkomsten van de diverse onderzoeken. Daaruit blijkt niet alleen dat de samenstelling van het materiaal verschilt, maar ook dat verschillen in bemonstering- en analysetechnieken leiden tot variërende uitkomsten.

Het perssap kent goede vergistingskarakteristieken: het blijkt dat circa 85% van de in het perssap opgeloste organische stof kan worden omgezet in methaan. Daarmee wordt het perssap waardevol. Het blijkt dat per ton "natte" ingekuild materiaal circa 160-200 Nm³ methaan geproduceerd kan worden. Ter vergelijking: uit een ton GFT afval kan 75 Nm³ biogas worden gewonnen, ofwel ongeveer 53 Nm³ methaan. Het perssap heeft vermoedelijk een hogere economische waarde dan de perskoek. De energetische waarde van de perskoek en het perssap gezamenlijk bedraagt circa 10 GJ/ton ingekuild materiaal. De benodigde energie om 1 ton ingekuild materiaal te verwerken is ingeschat op 0,1 GJ.

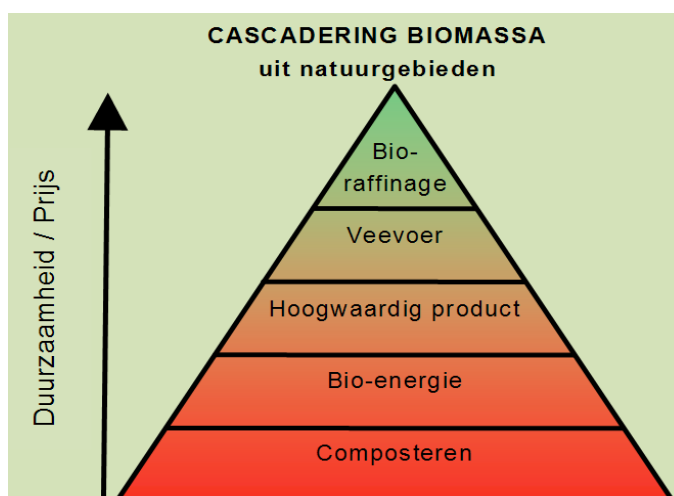
De inzet van het perssap voor biogas is op dit moment de meest logische route. Het perssap kan behalve voor biogasproductie ook worden ingezet voor herwinning van voedingszouten. Dit gaat in het kader van de circulaire economie steeds belangrijker worden. De meest logische locatie hiervoor is om het perssap bij de groenverwerker te maken. Het herwinnen van voedingszouten na verbranding of vergisting is niet kansrijk gebleken. Afzet van het perssap als grondstof voor (vloeibare) meststoffen of (met toevoeging van microflora) als biostimulant vraagt nog veel afstemming van processen. Op dit moment is afzet van het perssap als laagwaardige kalimeststof richting akkerbouw het meest voor de hand liggend als alternatief voor de vergisting van perssap. Een alternatief is dat een marktpartij het perssap ophaalt als grondstof voor vloeibare meststof t.b.v. biologische teelten(niche).

Een vervolgstap na dit onderzoek kan zijn om een demonstratieproject te doen. Te denken valt dan aan een de bouw van een demonstratie-installatie op het terrein van een groenverwerker met een verwerkingscapaciteit van ordegrrootte 50 ton bronmateriaal per dag. Er is dan een afnemer nodig van het perssap en/of de perskoek. Het demonstratieproject moet leiden tot een meer geautomatiseerd proces, betere persresultaten en de validatie van de gehele keten, van bronmateriaal tot groen gas en perskoek als brandstof.

2 Inleiding

2.1 Achtergrond

Er zijn in Nederland zachte groene reststromen waaronder bermgras beschikbaar die laagwaardig omgezet worden in een 'mindere' kwaliteit compost, of worden ondergeploegd. In het verleden is er veel onderzoek geweest naar het hoogwaardig inzetten van biomassa reststromen, bijvoorbeeld in cosmetica, chemicaliën, papier et cetera. Deze toepassingen staan hoger op de zogenaamde cascaderingsladder dan de energietoepassing. De ontwikkeling van conversie naar hoogwaardig gebruik heeft echter tot nu toe weinig opgeleverd.



Figuur 2.1- Cascadering biomassa

Dit project richt zich daarom op omzetting naar energie. De inzet als brandstof is overigens eveneens uitdagend. Redenen hiervoor zijn onder andere te hoge concentraties zouten en stikstof in het materiaal.

In Nederland is in het kader van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO) het project Meer Uit Groen (MUG) uitgevoerd. Dit project liep van 2014 tot 2016, waarin een consortium van zes bedrijven, waaronder Wagro, de mogelijkheden heeft onderzocht om laagwaardige biomassa te verwaarden. Een belangrijk inzicht was dat de combinatie van inkuilen, spoelen en persen van reststromen de kwaliteit sterk kon vergroten. Op basis van deze beginselen is een pilot project gestart om deze technieken op grotere schaal toe te passen.

2.2 Doelstelling

Het overkoepelende doel van het project is om de huidige inzichten in de manier waarop bermgras en tomatenstengels kunnen worden opgewerkt tot een betaalbare biobrandstof door te ontwikkelen en op te schalen en dit te demonstreren en valideren. Dankzij deze ontwikkeling komt meer lokale en betaalbare biomassa beschikbaar. Hiermee stijgt enerzijds de hoeveelheid duurzame energie en kan anderzijds bespaard worden op brandstofkosten. Dit vertaalt zich door in een lagere onrendabele top en daardoor een lager SDE++-basisbedrag. Dit resulteert in een besparing van subsidiegeld. Dankzij dit project wordt het procedé verder onderzocht en wordt voldoende inzicht opgedaan om een full scale gemechaniseerde demo-installatie te kunnen bouwen in een vervolgproject.

2.3 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de drie deelonderzoeken die gezamenlijk leiden tot de conclusies en aanbevelingen in Hoofdstuk 1. Hoofdstuk 3 beschrijft het theoretisch kader waarin het verwerkingsprocedé en de uitdagingen rondom energieopwekking nader worden toegelicht. Vervolgens worden de drie deelonderzoeken behandeld in afzonderlijke hoofdstukken. Hoofdstuk 4 gaat in op het deelonderzoek rondom ontzouting. Hoofdstuk 5 beschrijft het deelonderzoek rondom het inkuilen en persen bij de Wagro. Deelonderzoek 6 beschrijft het deelonderzoek naar de herwinning van voedingszouten. Bij deze rapportage zijn twee bijlagen toegevoegd; het eindrapport van LeAF en de resultaten van Eurofins over de analyse van de gras samples. Overige gebruikte literatuur is op aanvraag beschikbaar.

3 Theoretisch kader

3.1 Beschikbaarheid van reststromen

Er zijn in Nederland jaarlijks grote hoeveelheden laagwaardige biomassa beschikbaar, waaronder naar schatting 1.000.000 ton bermgras en 220.000 ton gewasresten uit de tuinbouw waaronder tomatenstengels. Daarnaast komt nog ongeveer 800.000 ton gewasresten uit de akkerbouw vrij (bron: S2Biom). Hierbij wordt niet gestuurd op kwaliteit, maar op kostprijs, veiligheid en efficiëntie. Deze reststromen worden omgezet in een lage kwaliteit compost of ondergeploegd. Omdat deze compost geringe financiële toegevoegde waarde heeft, moet de ontdoener van biomassa de kosten van het proces om van biomassa compost te maken volledig betalen.

Tegelijkertijd is helder dat de beschikbaarheid van houtige biomassa in Nederland beperkt is¹. Naar verwachting zal de prijs van houtige biomassa met de groeiende vraag verder toenemen in de nabije toekomst. In plaats van een kostendaling lopen toekomstige biomassaprojecten het risico juist duurder worden. Naast beschikbaarheid speelt ook de publieke opinie aangaande houtverbranding een rol. De verbranding van houtige biomassa heeft een negatief imago gekregen. Dit kan een negatief effect hebben op de versnelling van de energietransitie. In ieder geval kan de SDE+ voor nieuwe biomassa projecten niet worden verlaagd en lopen ondernemers risico op een onrendabele case door plotselinge prijsstijgingen.

Er zijn kansen om laagwaardige biomassa in te zetten voor energietoepassingen. Deze reststromen zijn goedkoper dan houtsnippers of houtshreds, maar kunnen in de huidige vorm niet worden verbrand. Met een procedé gebaseerd op inkuilen, hydrolyse en persen kan een betaalbare perskoek worden gemaakt die wel kan worden verbrand. Het product noemen we kortcyclische biobrandstoffen. Dit is biomassa met de kortst mogelijke CO₂-kringloop. De CO₂-kringloop van kortcyclische biobrandstoffen is slechts één jaar, terwijl deze bij hout 10-100 jaar bedraagt.

3.2 Verwerking reststromen door inkuilen en persen

Tijdens het inkuilen worden door melkzuurbacteriën melkzuren geproduceerd die zorg dragen voor een afname van de pH. Verzuuring maakt dat de cellen van plantaardig materiaal openbarsten en het celvocht en het structuurvocht vrijkomt. Tijdens dit proces zal ook de zoutfractie in de vaste stof van de tomaten snippers afnemen, omdat een deel van de zouten is vrijgekomen en met het sap wegvloeit. Dit wordt versterkt indien er wordt geperst. De koolhydraten en eiwitten worden door bacteriën geconsumeerd. Omdat er al na enkele uren melkzuur ontstaat zal de pH snel dalen tot een pH niveau van 4,5 tot 5,5. Dit is voor melkzuurbacteriën te zuur om actief te blijven. Het proces stopt en het materiaal is geconserveerd en kan er op een gewenst moment weer uitgehaald worden. Vervolgens kan het materiaal worden gespoeld en geperst.

Er is gebleken dat er een vergelijkbare techniek ontwikkeld werd in Duitsland onder noemer Integrated Generation of Solid Fuel and Biogas from Biomass (IFBB). De ervaringen van het EFRO onderzoek zijn de aanleiding geweest voor een vervolgproject met het huidige consortium. De belangrijkste stappen van het proces worden hieronder in het schema

¹ RVO/ProBos (2018), Beschikbaarheid van Nederlandse verse houtige biomassa in 2030 en 2050. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/07/Beschikbaarheid-van-Nederlandse-verse-houtige-biomassa-in-2030-en-2050.PDF>

weergegeven. Het hoofdproduct is hierbij de press cake, ofwel perskoek. In tegenstelling tot IFBB is bij dit project geen droogstap benodigd en kan de press cake direct worden gebruikt.

Doel van de voorbewerking is om het vochtgehalte te verminderen, het organische stofgehalte van de perskoek te verhogen en het perssap te gebruiken voor vergisting. Organische stof is een overkoepelende term voor het koolstofbevattende deel van de droge stof. Binnen dat deel wordt dan ook weer verder onderscheid gemaakt. De afbreekbaarheid van de organische stof door microbiële activiteit kan echter sterk verschillen en daarmee de gasopbrengst per eenheid ingebracht materiaal. Suikers, vetten en eiwitten zijn snel beschikbaar voor afbraak terwijl cellulose een veel lagere afbraaksnelheid heeft. Tenslotte wordt lignine nauwelijks aangetast door microbiële leven en zal daarom ook geen bijdrage leveren aan de gasopbrengst. Echter is lignine wel geschikt voor verbranding.²

Met het inkuilen en uitwassen van bermgras is al veel ervaring opgedaan in de EU onderzoeksprojecten COMBINE en DANUBENERGY. Na deze onderzoeken is in Baden-Baden (Duitsland) een commerciële demo-installatie gebouwd die nu al een paar jaar draait.³ Tomatenstengels, daarentegen, zijn voor zover bekend in Europese testen nog niet onderzocht. De initiatiefnemers Wagro en Beijerinck hadden echter na het EFRO-project voldoende aangetoond en derhalve voldoende vertrouwen dat tomatenstengels ook op vergelijkbare wijze verwerkt kunnen worden.

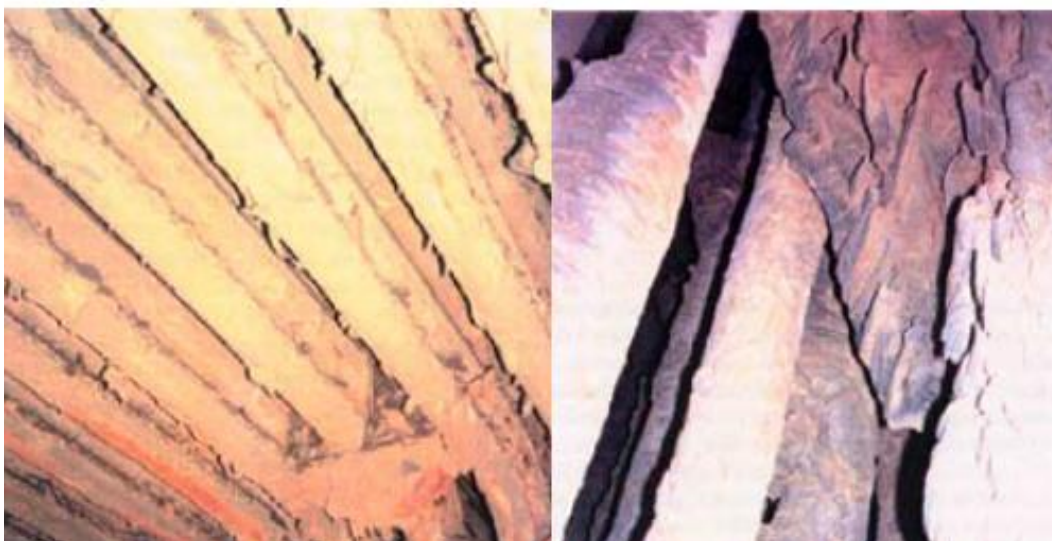
3.3 Verbrandingstechniek biobrandstoffen

Vanuit de praktijk is al bekend dat het stoken van laagwaardige biomassa voor diverse uitdagingen zorgt.⁴ Het hoge zand- en asgehalte zorgen voor slakvorming in de vuurhaard en de lagere dichtheid en nattere brandstof zorgen ervoor dat de meeste componenten van de stookinstallatie moeten worden overgedimensioneerd. Door de hoge zoutlasten komt meer chloride vrij, wat voor corrosie zorgt. Daarnaast zorgt chloride ook voor een verlaging van de smeltemperatuur van het as waardoor verslakking toeneemt. Daarnaast bevat gras en tomatenstengels meer stikstof dan houtsnippers, wat resulteert in verhoogde NO_x-emissies.

² WUR, 2005. Vergisting van gras uit natuurgebieden in combinatie met runderdrijfmest. p. 11
<https://edepot.wur.nl/23442>

³ Hensgen et al., 2018. Solid Fuel Production from semi-natural grassland biomass.

⁴ Thermalnet, 2006. Ash related issues in biomass combustion.



Figuur 3.1 - slakvorming op de buizen van de ketel.⁵

Dergelijke brandstoffen vereisen daarom zowel upstream als downstream maatregelen om zodoende aan de garantiewaarden van stookinstallaties en geldende emissie-eisen te kunnen voldoen. Er zal uiteindelijk een balans gevonden moeten worden tussen de inspanningen upstream bij de brandstofbewerking en downstream in de ketel.

De brandstof zal aan enkele specificaties moeten voldoen. Vanwege variërende concentraties en complexe chemische verbrandingsinteracties is het niet mogelijk om vanuit fysisch oogpunt heldere grenswaarden aan te geven. In literatuur konden geen duidelijke grenswaarden worden gevonden. Met Wayland Energy en een ketelbouwer is gekeken naar de mogelijke vereisten voor de beoogde brandstof.

De indicatieve brandstofvereisten voor een roosterbed vuurhaard die is ontworpen voor 'lastige biomassa' zijn dan als volgt:

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| • Bereik vochtgehalte | : 28-55 gew% |
| • Calorische waarde brandstof | : 6,4-14 GJ/ton |
| • Asgehalte (droog) continue | : 12,5 gew% |
| • Stikstof | : 1,5 gew% |
| • Chloor | : 0,3 gew% |
| • Zwavel | : 0,3 gew% |
| • Natrium + Kalium | : 2,5 gew% |

Naast een schone brandstof zijn volgens de ketelbouwer en exploitant de volgende aanpassingen nodig aan stookinstallaties om de bovenstaande brandstof te kunnen verwerken:

- overdimensionering vuurhaard en verbrandingsrooster vanwege lagere brandstofdichtheid;
- overdimensionering warmtewisselend oppervlak in verband met vervuilingscompensatie;
- slakafwerend beton;
- additieven toevoegen (bicarbonaatinjectie) ter compensatie van corrosie;
- corrosiebestendige rookgascondensor;

⁵ Obernberger, I., 2010. The present state and future development of industrial biomass combustion for heat and power generation.

- geavanceerd de-NO_x systeem;
- hoger ketelhuis in verband met hogere ketel;
- grotere brandstofbunker vanwege lagere energiedichtheid.

Tijdens het EFRO MUG project zijn enkele verbrandingsproeven gedaan met een testinstallatie op basis van ingekuilde en geperste tomatenstengels. Daaruit bleek dat de tomatenstengels succesvol verbrand konden worden. In het demonstratieproject in Baden-Baden zijn onderzoeken gedaan naar de verbranding van bermgrasbriketten in een testinstallatie van 120 kW. De resultaten toonden dat de briketten van voldoende kwaliteit waren en de verbranding egaal verliep: *“Hence, the IFBB solid fuel can be considered an appropriate fuel for industrial application.”*.⁶ Dit waren echter wel gedroogde briketten, waarbij in het huidige project is gewerkt met een nattere brandstof.

De volgende hoofdstukken beschrijven onderzoekopzetten en resultaten van de deelonderzoeken. Als eerste wordt de ontzouting beschreven, gevolgd door het inkuilen en persen. Hoofdstuk 6 beschrijft de herwinning van voedingszouten.

⁶ Hensgen et al., 2018. Solid Fuel Production from semi-natural grassland biomass. p 102

4 Deelonderzoek ontzouting

4.1 Onderzoeksopzet en onderzoeksvragen

In dit deelonderzoek is gebruik gemaakt van de expertise van onderzoeksinstituut LeAF uit Wageningen. Er heeft een uitgebreide literatuurstudie plaatsgevonden in combinatie met praktijkproeven.

In het onderzoek is gekozen te starten met tomatenstengels. Deze stengels worden vanaf september tot november aangevoerd, zodat er vers materiaal voorradig was. In dit onderzoek is het uitgangspunt dat het vrijkomen van zouten optimaal is als de cellen openbarsten. De nadruk van het deelproject is het onderzoeken van de procescondities rondom inkuilen, leachen, broeien en spoelen. De volgende onderzoeksvragen zijn vooraf gesteld.

Onderzoeksvragen

- Hoe kan het procedé worden verbeterd zodat meer zouten vrijkomen?
- Welk procedé is nodig voor bermgras om voldoende ontzouting te bereiken?
- Welk procedé is nodig voor tomatenstengels om voldoende ontzouting te bereiken?
- Heeft het gecontroleerd aanwenden van organische zuren meerwaarde?
- Wat zijn de brandstofsspecificaties na bewerking?

4.2 Methode

De gekozen werkmethode van de praktijkproeven is als volgt; verse tomatensnippers zijn op 27 november 2019 aangeleverd en door zeven ontdaan van de “touwtjes” en zijn voordat de broei is ingetreden onderzocht. De aangevoerde en gezeefde tomatenstengels zijn ten behoeve van de onderzoeksopzet met een volume van 10 m³ en een aanvoertemperatuur van circa 15°C opgeslagen in een vloeistofdichte container. De container is geplaatst onder een afdak zodat er geen regen (extra vocht) in de container kon vallen. De snippers zijn onder wisselende omstandigheden opgeslagen in bewerkte zuurkoolvaatjes.



Figuur 4.1: zuurkoolvaatje met ingekuilde tomatensnippers

De vaatjes zijn opgeslagen in een temperatuur gestuurde kamer bij een temperatuur van circa 20°C en door onderzoeksinstituut LeAF gelogd. De anaerobie en vloeistofdichtheid is hierdoor in de vaatjes gewaarborgd.

In het onderzoek zijn de volgende parameters analytisch gevolgd:

- gewicht van de tomatensnippers;
- vochtgehalte van de tomatensnippers
- temperatuur van de tomatensnippers
- as-gehalte van de tomatensnippers
- pH van de tomatensnippers
- chemisch zuurstofverbruik (CZV) van de tomatensnippers.

De analyse is grotendeels uitgevoerd door onderzoeksorganisatie LeAF uit Wageningen. In het onderzoek is door LeAF vooral de kwaliteit, kwantiteit en percentages van biogasvorming uit de sapstromen onderzocht en gerapporteerd. In totaal zijn 30 onderzoeksmaatjes gevuld en onderzocht. (zie Bijlage A). Daarnaast is de afname van de concentraties kalium, fosfor, natrium en stikstof analytisch bepaald door Eurofins, alsmede het uitgelopen as. Hiervan is een en ander opgenomen in Bijlage B.

4.3 Resultaten

In dit onderzoek is gebleken dat voldoende ontzouting gerealiseerd kan worden door heel veel te spoelen met water. Dit is echter niet optimaal. Voorafgaand aan het onderzoek was de verwachting dat het persen van de tomatensnippers ten opzichte van het uitlekken van de snippers een veel grotere opbrengst levert voor biogas-sap en ontzouting. Het biogas-sap is geconcentreerder waardoor deze nuttiger gebruikt kan worden. Het persen zorgt voor een betere ontzouting dan alleen spoelen en uitlekken. Na het spoelen en uitlekken, zoals mede in het LeAF rapport is samengevat, zijn in samenwerking met Wagro diverse onderzoeken uitgevoerd met tomatensnippers en bermgras en met combinaties hiervan, waarbij de biomassa na het bevochtigen wordt uitgeperst. Een en ander is beschreven in Hoofdstuk 5 en in het LeAF rapport (Bijlage A).

Wat zijn de brandstofsspecificaties na bewerking?

Voor tomatenstengels geldt dat de perskoek (bestaande uit voornamelijk vezels) voldoet aan de criteria die de ketelbouwers opleggen qua energie-inhoud (minimaal 6,4 GJ/ton) en aspercentage (maximaal 15%). De zoutlast is sterk verlaagd, maar blijft hoog. Het gehalte natrium en kalium blijft onder de 2,5 gewichtsprocent, maar fosfaat, chloride en zwavel liggen nog boven de richtwaarden (zie Bijlage A, p. 28). De verwachting is dat een met een betere persinstallatie de zoutlast voldoet.

De analysesresultaten van de bermgrasproef geven het volgende beeld. Het gaat om vier analyses: ruw materiaal, perskoek na eerste persing, perskoek na persing en spoeling en perskoek na tweede persing. Het asgehalte in de perskoek daalt van 29% naar 22%.

Analyse	Eenheid	1	2	3	4
Bodemkundige analyses					
Droge stof	% (m/m)	23.4	41.3	22.3	43.8
Organische stof	% (m/m) ds	70.4 ¹⁾	79.1 ¹⁾	75.5 ¹⁾	78.0 ¹⁾
Gloeirest	% (m/m) ds	29	20	24	22
Metalen					
Kalium (K)	mg/kg ds	4000	2500	1700	1500
Natrium (Na)	mg/kg ds	530	340	510	300
Fosfaat totaal (P)	g/kg ds	2.5	2.2	2.4	1.9
Fosfaat totaal (P04)	g/kg ds	7.8	6.7	7.3	5.7
Fosfaat totaal (P205)	g/kg ds	5.8	5.0	5.4	4.3
Zwavel (S)	g/kg ds	2.0	1.5	1.7	1.3
Zwavel als sulfaat (S04)	g/kg ds	6.1	4.4	5.0	4.0
Anorganische verbindingen					
Nitriet (N02-N)	mg/kg ds	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Nitriet (N02)	mg/kg ds	<0.60	<0.60	<0.60	<0.60
Nitraat (N03-N)	mg/kg ds	2.6	<2.0	3.0	<2.0
Nitraat (N03)	mg/kg ds	12	<9.0	13	<9.0
Chloride	mg/kg ds	1900	880	810	380

Figuur 4.2 - Resultaten analyse perskoek uit bermgras. Enkele stikstofverbindingen komen onder de detectiegrens (<).

Uit de analyse van bermgras blijkt dat na inkuilen, spoelen en persen de zoutlast is verlaagd en stikstofconcentratie onder de detectiegrens van de meetapparatuur is gekomen (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Dat is een zeer positieve bijkomstigheid. Hoe hoger de stikstofconcentratie in een brandstof, hoe meer NO_x wordt gevormd bij de verbranding. Met een stikstofarme brandstof worden de NO_x en ammoniakemissies gereduceerd en kan bespaard worden op de inzet van ureum. Hiermee dalen de kosten en milieu impact.

In het spoelwater van de tomatenstengels werd een CZV van 12.000 mg per liter gemeten. Dit is voldoende om in een reguliere UASB om te zetten naar biogas. Met een betere pers is de verwachting dat veel hogere CZV waarden zullen optreden. Dit kon echter niet worden gekwantificeerd. Het blijkt dat wanneer na het persen een verkleiningsstap plaatsvindt (via een shredder) en er daarna opnieuw gespoeld en geperst wordt dit leidt tot een forse extra uitpersing van anorganische deeltjes (c.q. as, zie Hoofdstuk 5).

Uit het perssap kan een normale biogas opbrengst gehaald worden tot circa 400 – 450 m³ per 1000 kg drogestof. Uit het onderzoek van LeAF bleek dat 80-90% van de opgeloste CZV in het spoelwater kan worden omgezet naar methaan. Het hoge potentiële methaangehalte betekent dat het perssap ingezet kan worden om een hoge kwaliteit biogas te maken.

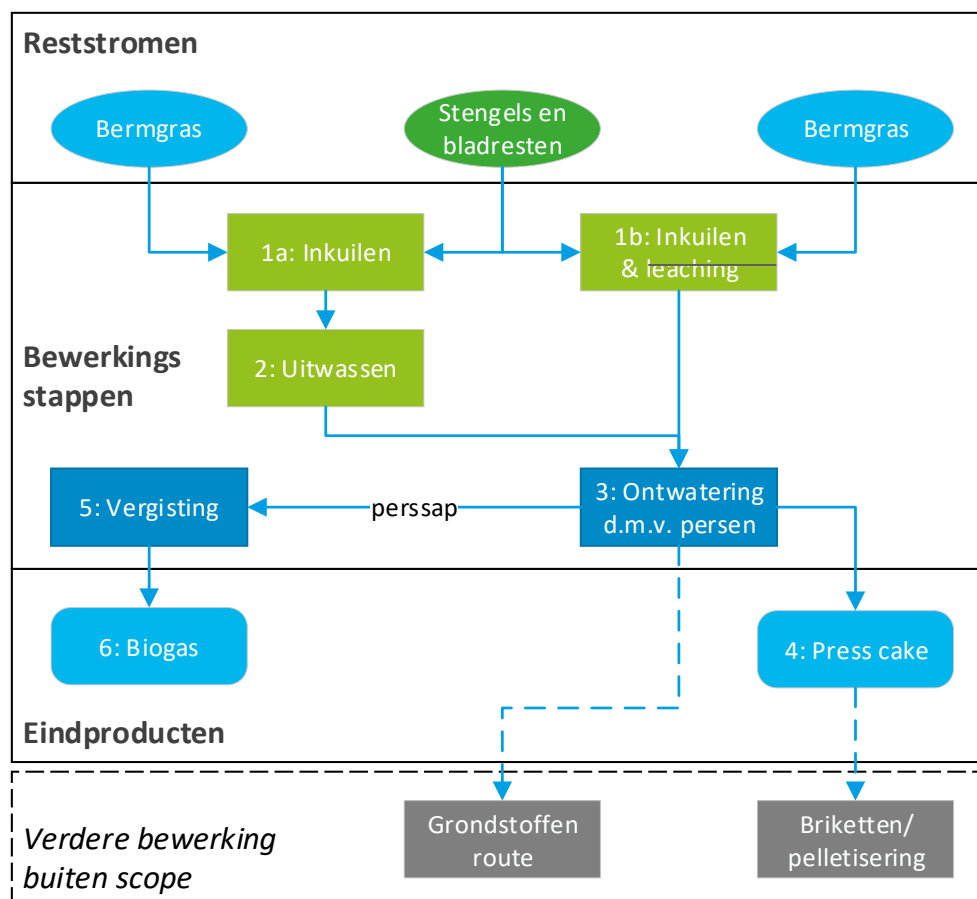
4.4 Discussie

Bij de proeven met tomatenstengels is een duidelijke toename van het organische stofgehalte en een afname van het asgehalte zichtbaar (LeAF onderzoek p. 28). Vreemd genoeg was dit niet het geval bij de batch bermgras die in dit onderzoek is gebruikt, daar bleef het asgehalte (gloeirest) hoog. Er kon niet achterhaald worden waarom dit zo was, maar het vermoeden bestaat dat dit door aanhangend zand komt. In de analyse van Eurofins is niet gekeken naar zand.

5 Deelonderzoek inkuilen en persen

5.1 Onderzoeksofzet en onderzoeksvragen

Dit deelonderzoek bestaat uit experimentele ontwikkeling in de vorm van mechanisch onderzoek. Er moet worden geëxperimenteerd met spoelen, eventueel broeien, persen, briketteren en snijden om te onderzoeken welke stappen technisch, economisch en energetisch optimaal zijn. De verwerkingsstappen zijn in onderstaand schema weergegeven.



Figuur 5.1 - Schematische beschrijving procedé

Extra literatuurstudie

Uit de onderzoeken uit werkpakket 1, waarvan de resultaten in het LeAF rapport zijn ondergebracht, is af te leiden dat spoelen (leaching, uitwassen) onvoldoende is om een adequate ontzouting te realiseren. Uit een extra literatuur studie zijn de volgende conclusies getrokken:

- vezels bestaan onder andere uit cellulose, lignine en hemicellulose;
- vezels zijn daarnaast opgebouwd met eiwitten en koolhydraten waarvan ook suikers;
- vezels bevatten transportkanalen voor vocht en voedingsstoffen in de plant;
- die transportkanalen bevatten veel meer nutriënten en zouten dan de bodem;
- zowel aerob als anaerob worden vezels afgebroken. Bij aerobe afbraak ontstaat CO₂, slib en geringe hoeveelheden stikstof- en zwaveloxiden. Bij anaerobe afbraak (inkuilen)

ontstaan met name organische zuren. Als het proces zich voortzet tot vergisting ontstaan CO_2 , CH_4 en geringe hoeveelheden stikstof- en zwaveloxiden, et cetera;

- de afbraak van lignine, cellulose en hemicellulose is dusdanig traag dat aerobe- en anaerobe afbraak in compostering of inkuilen nagenoeg niet plaatsvindt;
- het RIZA heeft hierover verschillende onderzoeken gepresenteerd met als doel om de cellulose uit het actief slib te winnen om recycling te stimuleren;
- zouten zijn voornamelijk geadsorbeerd/geabsorbeerd aan de vezelstructuur;
- zouten en nutriënten zijn vaak ionisch en dus geladen;
- de ontzouting van vaste stof is sterk afhankelijk van persen. De mate waarin persen slaagt is ook afhankelijk van de mate waarin deeltjes zijn verkleind;
- nutriëntenconcentraties zijn afhankelijk van de afstand tot de “vezels/vaste stof”. Dit wordt in de chemie de concentratiegradiënt genoemd. Met name de concentratie gradiënt is aanleiding om het proces van ontzouting uit te voeren door met veel druk te persen. Vervolgens wordt het materiaal verkleind met een shredder, waarna opnieuw gespoeld en geperst kan worden.

5.2 Methode

Voor Wagro zijn twee sporen van onderzoek uitgevoerd:

- ontzouten gedreven door persen;
- energie en massa-balans onderzoeken en opstellen.

Feitelijk zijn extra handelingen die zijn uitgevoerd ten opzichte van reguliere groenverwerking te omschrijven als bevochtigen en persen van zowel het bermgras als tomatensnippers:

- na verkleinen wordt de biomassa in water geplaatst;
- na ontwatering (leachen) wordt de biomassa met een hydraulische kraan in het pers/shredder-apparaat geschept;
- zowel perssap als vezelmasa worden opgevangen;
- hierna wordt de biomassa wederom bevochtigd;
- na de ontwatering wordt de biomassa wederom in de pers/shredder geschept.

Na persen en shredderen en nog eens persen ontstaan waardevolle vezels en perssap

Inkuilen

Het bermgras en de tomatenstengels ondergaan na ontvangst diverse scheidings- en verkleiningsstappen. Zo dient vervuiling eruit gehaald te worden en wordt het materiaal verkleind. Bij de tomatenstengels worden met een zeefinstallatie de touwtjes verwijderd. Vervolgens wordt het materiaal luchtdicht ingekuild. Hiervoor is op het terrein van Wagro een grote rijkuil gemaakt, waar het materiaal met een shovel in- en uitgereden kan worden.



Figuur 5.2 - impressie van de rijkuil en stortbak

Spoelen/uitwassen

Na minimaal twee weken inkuilen wordt het materiaal gespoeld en geperst. In het pilotproject is dat als volgt uitgevoerd. Eerst wordt de vloeistofdichte container gewogen. Het materiaal wordt vervolgens uit de rijkuil gehaald en in de vloeistofdichte container geschept. Na weging wordt slootwater toegevoegd totdat de container helemaal vol is. Vervolgens wordt na een dag de plug eruit gehaald waardoor het water uit de container loopt en de massa achterblijft. Tussendoor wordt de container diverse malen gewogen en worden samples genomen.



Figuur 5.3 - impressie van de spoelcontainer

Persen

Daarna wordt het materiaal in een stortbak geschept, waarna het met een lopende band naar de persinstallatie wordt gevoerd. Daar wordt het geperst met een schroefpers. Tijdens de proef is er meerdere malen achterelkaar met dezelfde batch gespoeld, gewogen en geperst om verschillende samples te creëren voor analyse in het lab.

Uit de vooronderzoeken is al gebleken dat persen een belangrijke component van het proces is. Er zijn diverse routes om tot hogere drogestofpercentages te komen. Doel van het persen is om tot hoge drogestofpercentages te komen zonder dat dit veel energie kost. Hierdoor vallen technieken met toevoeging van warmte af, bijvoorbeeld banddrogers of trommeldrogers. In het onderzoek is gekozen voor de toepassing van de schroefpers van de Wagro.



Figuur 5.4 - Impressie van de perskoek

Na het persen ontstaat de perskoek: een vezelachtige substantie. De perskoek is vervolgens geanalyseerd. De resultaten hiervan staan nader beschreven in Hoofdstuk 4.

5.3 Resultaten

5.3.1 Ontzouten door persen

Het onderzoeken van ontzouting door persen is uitgevoerd met zowel ingekuilde tomatenplantsnippers als een combinatie van ingekuild bermgras en tomatenplantsnippers. In beide experimenten zijn analyses verricht op de volgende monsters:

- uitgangsmateriaal afkomstig uit de "kuil";
- natte fractie na inwatering en uitlekken;
- droge fractie na persing;
- monsters uitgangsmateriaal en samples verzameld voor en na persing 1, 2 en 3.

Van de samples is het drogestofgehalte (d.s.), organische stofgehalte (o.s.) en het anorganische stofgehalte (as) bepaald. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 - Resultaten monsters drogestofgehalte (d.s.), organische stofgehalte (o.s.) en het anorganische stofgehalte (as)

Monsters	Type	Datum	d.s.	o.s.	as
AM 006	kuilhooi onbehandeld	18-12	56,4%	79,5%	20%
AM 007	gemengd niet geperst	24-12	22,6%	74,6%	25%
AM 001	gemengd wel geperst	24-12	38,8%	85,8%	14%
AM 004	gemengd niet geperst	30-12	19,9%	72,6%	27%
AM 002	gemengd wel geperst	30-12	23,1%	75,2%	24%
AM 005	gemengd niet geperst	04-01	24,1%	97,2%	2%*
AM 003	gemengd wel geperst	04-01	32,7%	86,7%	13%
AM 015	snippers niet geperst	18-12	19,5%	69,8%	30%
AM 011	snippers wel geperst	18-12	36,2%	85,1%	15%
AM 012	snippers niet geperst	24-12	18,7%	89,5%	10%
AM 008	snippers wel geperst	24-12	37,4%	88,7%	11%
AM 013	snippers niet geperst	30-12	24,5%	77,1%	22%
AM 009	snippers wel geperst	30-12	33,2%	90,9%	9%
AM 014	snippers niet geperst	04-01	19,1%	86,9%	13%
AM 010	snippers wel geperst	04-01	35,3%	91,3%	8%

Opmerking 1; de nummering in de aangeboden monsters zijn helaas niet overgenomen door Eurofins

Opmerking 2; op advies van Eurofins zijn deze monsters geanalyseerd in de matrix; compost

Opmerking 3; in overleg met Eurofins is in het aansluitend onderzoek de matrix; hout aangehouden

Opmerking 4; met name de vergruizing van organisch materiaal in een kruisslagmolen volgens de matrix compost levert een wisselende kwaliteit monster om te analyseren

Opmerking 5; vergruizen volgens het protocol matrix hout levert nauwkeuriger/eenduidiger monsters om te analyseren

Opmerking 6; de verschillen in analyses van de verschillende matrixen compost en hout in kwaliteit en betrouwbaarheid van de resultaten wordt binnenkort met Eurofins besproken met delegatie van BVOR.

Naast de ontzoutingsresultaten is ook gekeken naar de uitvoeringsstappen en bijbehorende arbeid- en energiekosten. De verschillende uitvoeringsstappen kunnen goed worden afgestemd met een aantal uitvoeringshandelingen die ook worden uitgevoerd in aansluitende

bestaande productieprocessen bij een groenverwerker. Hieronder worden de belangrijkste handelingen beschreven:

- inkuilen van zowel bermgras als de snippers van tomatenplanten wordt standaard uitgevoerd, omdat de aanvoer slechts in weken plaatsvindt en de bulk gedurende acht maanden wordt verwerkt/gecomposteerd;
- verkleinen van bermgras als het uit de kuil wordt gehaald is ook voor het composteren noodzakelijk omdat zonder verkleining niet afdoende kan worden omgezet om stankvorming te voorkomen;
- deze verkleining van bermgras wordt uitgevoerd met een snel draaiende verkleiner
- verkleinen van de tomatensnippers is ook noodzakelijk om een tweede afzeefstap uit te voeren om plastics te verwijderen;
- de verkleining van tomatensnippers wordt uitgevoerd met shredders
- persen wordt onder normale omstandigheden voor bermgras niet uitgevoerd in het compostingsproces te verbeteren;
- bermgras wordt in het compostingsproces in veel gevallen berekend, omdat het aangevoerde bermgras te droog is om de compostering voldoende snel te laten verlopen
- persen van tomatensnippers vindt plaats als de overblijvende vezelstructuur wordt toegepast als “biobedding”.

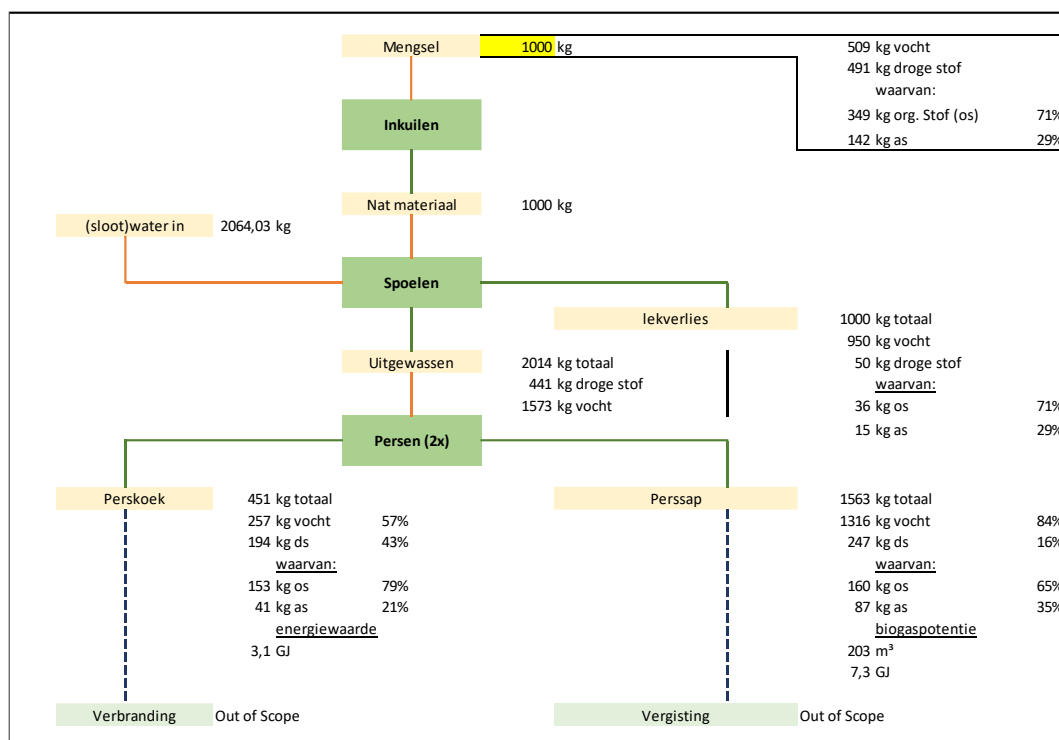
5.3.2 Energie en massabalans

Massabalansen opstellen van de reststromen is niet eenvoudig en niet eenduidig. De meeste biomassastromen zijn “vervuild”; steen, zand en grind, plastic en metaal (blik). Dit is met name bij bermgras een uitdaging.

Vorbewerken van bermgras houdt ook in dat zoveel als mogelijk vervuilingen wordt afgezeefd en verwijderd. Het afzeven, afscheiden d.m.v. magneetbanden en afzuigsystemen levert een goed rendement van reinigen op, met name van de vervuilingen die groter zijn dan 2 cm. Vervuilingen met kleinere diameters zijn niet gericht te verwijderen. Voor bermgras is met name de zandachtige fractie een te verwachten vervuiling. Dit zorgt voor hoge aspercentages in de analyse.

Het onderzoek naar energie en massa-balans is uitgevoerd met ingekuild bermgras. Dit omdat bij de bermgras proef er containermetingen hebben plaatsgevonden om steeds het gewicht te bepalen. De test om een massabalans op te stellen is uitgevoerd met een aanvangsgewicht van het ingekuilde bermgras van ca. 6000 kg. Er wordt twee gespoeld en geperst. Uiteindelijk ontstaat een perskoek met een drogestofgehalte van circa 43%. De waarden zijn omgerekend naar een startwaarde van 1000 kg ruw materiaal.

Vereenvoudigde massabalans verwerking laagwaardige biomassa



Figuur 5.5 - Vereenvoudigde massabalans op basis van bermgras.

Het asgehalte van de perskoek o.b.v. bermgras was tijdens de pilot 21%. Voor ingekuilde tomatenstengels en een mengsel van bermgras en tomatenstengels blijkt dat het aspercentage na twee keer persen op 8-13% ligt (zie Paragraaf 5.3.1). Uit de vereenvoudigde massabalans blijkt dat na twee keer persen circa 44 % van de organische stof in de perskoek beland. De rest belandt in het perssap. In deze vereenvoudigde massabalans is de aanname gedaan dat er onderweg geen massa verloren gaat. In de praktijk zal een klein deel 'in de machines' blijven hangen' of weglekken. Dit kon echter niet worden gekwantificeerd. Aangenomen is een verlies van ongeveer 10% van de drogestof.

De energetische waarde per ton ruw product is als volgt bepaald. Voor de perskoek geldt een gemiddelde calorische waarde van ongeveer 16 GJ per ton d.s.. Per ton ruw (nat) product is de calorische waarde van de perskoek circa 3,1 GJ. De energieopbrengst van het perssap is als volgt bepaald. Uit het onderzoek van LeAF blijkt dat circa 85% van het CZV wordt omgezet in methaan. Als 1000 kg ruw materiaal resulteert in 160 kg organische stof in het perssap dan word dit omgezet in circa 136 kg methaan, ofwel ongeveer 203 m³ methaan (= 7,3GJ). De energetische waarde van het perssap is dus hoger dan van de perskoek.

5.4 Discussie

De resultaten zijn niet overal eenduidig en er zitten enkele vreemde waarden tussen. Uit Figuur 4.2 blijkt bijvoorbeeld dat tussen analyse 2 en 3 er organische stof verdwenen lijkt te zijn. Dat verklaart dan mogelijk waarom tussen analyse 2 en 3 de concentratie natrium toeneemt, waar deze eigenlijk af zou moeten nemen. Verschillen worden deels veroorzaakt door keuze van bemonsterings- en analysetechnieken. Hierover wordt met de Brancheorganisatie Organische Reststromen (BVOR) nader gesproken met Eurofins. Het is tot slot wenselijk om nog nadere proeven te doen met een betere persinstallatie.

6 Deelonderzoek herwinning voedingszouten

6.1 Onderzoekopzet en onderzoeksvragen

In reststromen zitten nog veel voedingszouten en mineralen die vanwege de verduurzamingsopgave relevant zijn om terug te winnen. SIGN heeft diverse activiteiten verricht in verband met werkpakket 3, namelijk hoe kunnen voedingszouten en mineralen worden gewonnen uit de restproducten van kortcyclische biobrandstoffen. De restproducten bestaan onder andere uit:

- as uit de houtketel;
- digestaat uit de vergister;
- perssap.

6.2 Methode

De onderzoeksvragen die vooraf zijn opgesteld:

- hoe kunnen zouten en mineralen worden teruggewonnen uit perssap, digestaat en as?
- wat is de economische haalbaarheid?

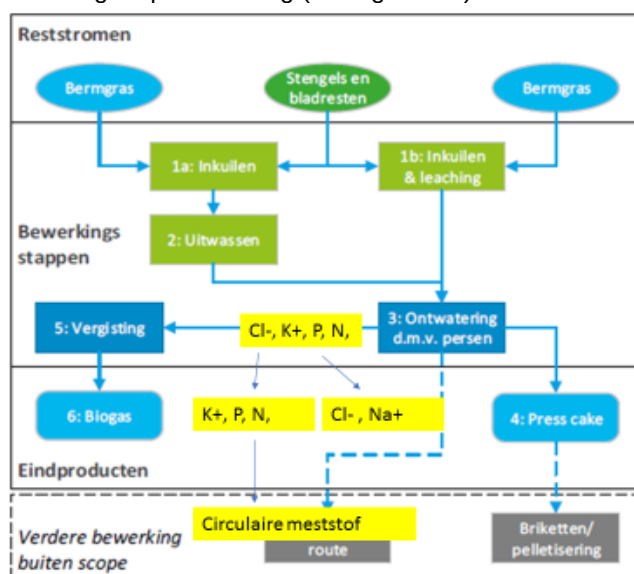
Het onderzoek bestond uit drie delen:

- literatuuronderzoek;
- marktconsultatie;
- praktijkproeven.

Het verbrandingsas is een lastig te scheiden mengsel van soms tientallen verschillende vaste stoffen. Het bestaat voor een groot deel uit kalk en zand, maar bevat ook zwavelverbindingen en zware metalen. Vanuit praktisch, technisch, economisch en wetgevingstechnisch perspectief lijkt de herwinning van voedingszouten uit verbrandingsas niet interessant. Na het literatuuronderzoek is er daarom voor gekozen om de focus te leggen op het onderzoeken van het perssap als grondstof voor bemesting en plantvoeding (zie Figuur 6.1).

Ideale situatie

- Ontsluiten vezel: hoog persrendement
- Voedingszouten en chloride zoveel mogelijk uit vezel (chloride i.v.m. corrosie, voedingszouten i.v.m. asgehalte)
- Chloride uit vloeistof -> tegengaan verzilting
- Voedingszouten -> circulaire meststof
- MRL niveau < norm
- Geen pathogenen



Figuur 6.1 - Overzicht herwinning voedingszouten als onderdeel van het verwerkingsproces

Na de keuze om te richten op winning van voedingszouten uit het perssap bestond het vervolg van het onderzoek uit het opzetten van praktijkproeven voor meststoffen en meststof plus (biostimulanten). Voor de aanwending van perssap als meststof is het ook van belang na te gaan welke gewasbeschermingsmiddelen in het sap aanwezig zijn en hoe deze worden afgebroken door microflora. Hiertoe is ook een literatuurscan verricht. Naar aanleiding van marktconsultaties en de literatuurscans zijn offertes opgevraagd en zijn diverse praktijkproeven opgezet.

6.3 Resultaten

Uit het literatuuronderzoek en marktconsultatie bleek dat de herwinning uit as niet haalbaar is en dat herwinning uit digestaat ook niet interessant is. Stoffen blijven in te lage concentratie over in het digestaat en transportkosten maken het te kostbaar. Voor het perssap is er meer potentie. Dus is de keuze gemaakt om herwinning te onderzoeken ná de persstap. De verschillende processtappen voor de herwinning van meststoffen uit perssap zijn in kaart gebracht en de voor- en nadelen geschetst. Er is een map met deelonderzoeken beschikbaar. Naar aanleiding van de literatuuronderzoeken en marktconsultaties is een artikel geschreven en gepubliceerd in het vakblad Vork⁷.



Figuur 6.2 - Illustratie verschillende processtappen voor de winning van voedingszouten uit reststromen als grondstof voor meststof.

Technische mogelijkheden

Uit literatuuronderzoek en gesprekken met marktpartijen ontstaat het volgende beeld aangaande de technische mogelijkheden voor inzet van perssap als grondstof voor meststoffen en meststof+ (biostimulanten):

- de voorbereiding van reststromen – het inkuilen- en vervolgens aansluiten van verwerkingsstappen vraagt een nauwkeurige organisatie. Het is nodig daarvoor een goede processingstraat op te zetten (diverse praktijkproeven zoals Orvion en Harmsano);
- er zitten voldoende voedingsstoffen in het perssap om af te zetten als nitraatmeststof, kalimeststof of biostimulant. Hoe geconcentreerder hoe beter (praktijkproeven en

⁷ Hartkamp, D., 2021. Kringlopen Sluiten. Vakblad Vork, jaargang 8, februari 2021

marktconsultaties). Hier zit echter een strijdig belang met werkpakket 1, want beter spoelen en persen leidt tot betere ontzouting maar ook tot een hogere verdunning van de zouten. Het optimum t.b.v. ontzouting ligt op twee keer spoelen (zie 5.3.1). Als een concentratiestap met membranen wordt gevolgd is lagere verdunning niet erg.

Kostenaspect van meer spoelen en concentratiestap duur;

- de groei van microflora als biostimulant op gepasteuriseerde perssap is een technisch haalbare route.
- bij de opwerking van perssap tot biostimulant met bacteriën is het voordeel dat schimmelvorming wordt tegengegaan. Bij toediening van biostimulanten moet worden voorkomen dat irrigatiesystemen verstopt raken, bijvoorbeeld vanwege biofilmvorming. In een onderzoek dat buiten dit project om liep blijkt, dat bij inzet van *Bacillus spp.*, dit niet te gebeuren;
- concentratie is mogelijk door geavanceerde membraantechnologie, in de proeven hier uitgevoerd tot wel een factor 3 á 4. Dit dient te gebeuren op locatie van de groenverwerkers om transport van water te beperken. Het gehalte organische stof in het perssap maakt ondanks voorfiltratie met een trilzeef opschaling tot meststof moeilijk;
- bij concentratie van vloeibaar perssap met voedingszouten en mineralen is er een risico dat bij een concentratiestap de mineralen Ca en Mg kunnen neerslaan in de leidingen,

Economische mogelijkheden

Uit literatuuronderzoek en gesprekken met marktpartijen ontstaat het volgende beeld aangaande de economische mogelijkheden voor de inzet van perssap.

- Afzet van perssap in vloeibare (voor de plant beschikbare) vorm is het meest interessant. De logistieke kosten zijn echter hoog gezien de relatief lage concentraties.
- Voor bepaalde niches (biologische teelt buiten Europa) is afzet van organisch nitraat in vloeibare vorm kansrijk.
- De starre definitie van en verplichtingen voor de biologische teelt (certificatie SKAL) - zijnde teelt in de grond en de beperkingen van toegestane productietechnologie om meststoffen te maken (zoals membranen of elektrolyse) - verhinderen afzet van perssap als organische meststof voor de biologische sector in Europa.
- Voor de afzet van voedingszouten in hoogwaardige niches is het nodig de zouten te kunnen scheiden. Op deze manier is het mogelijk de samenstelling te optimaliseren door het toevoegen van vloeibare kunstmest voor de juiste verhoudingen (fijnregeling). Door deze stap verliest het wel de status "biologische meststof".
- Vooral de concentratie kalium is economisch interessant
- Afzet van het perswater in de *omgeving* als kali meststof richting akkerbouw is economisch haalbaar. De overige voedingszouten en mineralen zijn dan 'mooi meegenomen'.
- Andere sectoren waar vloeibare meststoffen afgezet kunnen worden zoals gemeentelijke groen of sportvelden zijn gewend aan strooi-meststof. Slechts 1% van deze markt betreft meststoffen in vloeibare vorm.
- De kosten voor de ontwikkeling van een nieuw mestproduct van plantaardige oorsprong op basis van reststromen met variabele gehalten aan voedingszouten en mineralen zijn relatief hoog.
- De waterzuiveringsinstallatie op het bedrijf van de groenbewerker kan waterig perssap zuiveren; daardoor zijn de afvoerkosten van perssap gering. Alternatieve afzet van het perswater als grondstof voor meststof of biostimulant moet kunnen concurreren met deze schaduwprijs, m.a.w. de afnemer moet minimaal de logistieke kosten voor zijn rekening nemen (ophalen van het perssap bij de groenverwerker).

- De productie van biostimulanten met als grondstof perssap is technisch haalbaar. Om de nodige marges te bereiken is een hoge investering in marketing en ondernemerschap nodig.
- De route met biostimulanten zou in de toekomst kunnen leiden tot een Europees gecertificeerde meststof, die in de hele EU vrij verhandeld zou kunnen worden.

6.4 Discussie

Afzet van het perssap als grondstof voor (vloeibare) meststoffen vraagt nog onderzoek. Op dit moment is afzet van het perssap als laagwaardige kalimeststof richting akkerbouw het meest voor de hand liggend als alternatief voor de vergisting van perssap. Dit is binnen de looptijd van het project ook op commerciële schaal gestart (onder andere tuinbouwloofsap van Circulair Centrum Zuid in Limburg). Een alternatief is dat een marktpartij als Biota het perssap ophaalt als grondstof voor vloeibare meststof t.b.v. biologische teelten(niche). Afzet van voedingszouten en mineralen in perssap als nitraatmeststof voor biologische teelt buiten Europa is beperkt mogelijk.

Afzet van perssap als biostimulant (microflora voor ontwikkeling naar weerbare teelt) vraagt verder onderzoek en ondernemerschap (marketing). Het prepareren van het perssap en het enten met microflora vraagt ook weer energie. Perssap is nu vooral te beschouwen als halffabricaat. Kunstmest is nu nog te goedkoop om als circulaire meststof mee te kunnen concurreren in de intensieve glastuinbouw teelten. Aanwending in open teelten is wel al economisch haalbaar.

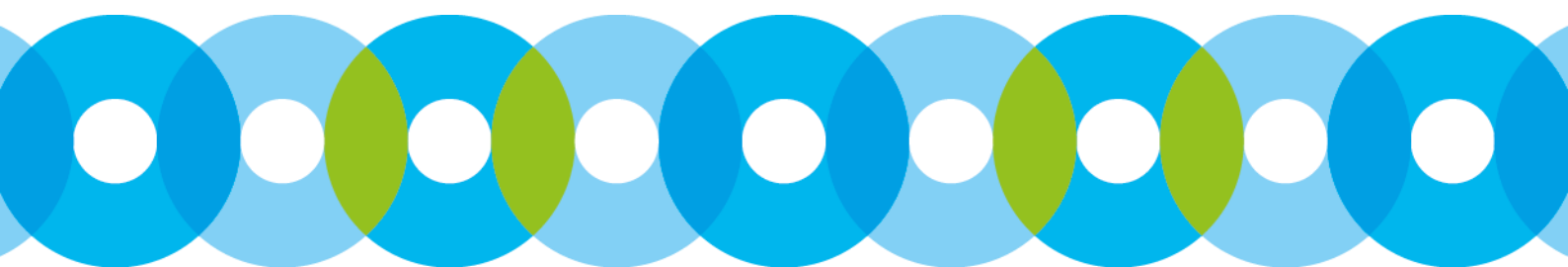
Bijlage A Eindrapport LeAF – Validatie energieopbrengst plantenreststromen

Bijlage B Resultaten Eurofins – analyse gras samples

Bijlage C Artikel in vakblad Vork

Het artikel is in de [online editie van vakblad Vork editie februari 2021](#) te vinden op pagina 54.

Empowering Sustainability



Lunet 5 | 3905 NW Veenendaal | Postbus 1094 | 3900 BB Veenendaal
T +31 (0)88 - 520 04 00 | E info@blueterra.nl | I www.blueterra.nl