



## De grondstoffenbank als nieuw concept voor decentrale bioraffinage

Drs. G.J.J. Smakman



© 2012 Wageningen, ACRRES – Wageningen UR

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, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van ACRRES- Wageningen UR.

ACRRES – Wageningen UR is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit rapport is tot stand gekomen met steun van het ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie



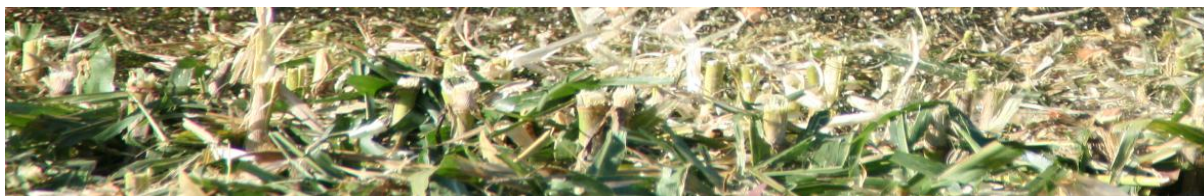
Rijksoverheid

Programma Kennisbasis

KB2011:13-003-009

### ACRRES – Wageningen UR

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad  
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
Tel. : 0320 - 29 11 11  
Fax : 0320 - 23 04 79  
E-mail : [info@acrres.nl](mailto:info@acrres.nl)  
Internet : [www.acrres.nl](http://www.acrres.nl)



## Inhoud

1	INLEIDING .....	5
1.1	Probleemstelling .....	5
1.2	Toelichting .....	5
1.3	Keuze voor agrarische residuen als grondstof .....	6
1.4	Kansen vanuit de techniek .....	6
1.5	Kansen vanuit regelgeving .....	7
1.6	Kansen vanuit de markt .....	7
1.7	Kansen vanuit de teelt van energiegewassen .....	7
2	RANDVOORWAARDEN VANUIT REGELGEVING .....	9
2.1	Regelgeving m.b.t. begrip afvalstof .....	9
2.2	Regelgeving m.b.t. toelating co-vergisting met mest .....	9
2.3	Regelgeving m.b.t. toelating als diervoer .....	10
2.4	Onderscheid toepassing als diervoer of als covergistingsproduct .....	11
3	BESCHIKBAARHEID VAN AGRARISCHE RESIDUEN .....	13
3.1	Afbakening en focus .....	13
3.2	Gewasresten volle grond .....	14
3.3	Sorteerafval, afgekeurde partijen en overschotten .....	15
3.4	Bijproducten van eerste bewerking op het agrarisch bedrijf .....	18
3.5	Gewasresten glastuinbouw .....	19
3.6	Evaluatie kwantitatieve gegevens .....	20
3.7	Vergelijking met andere biomassa residustromen .....	20
3.8	Hoogwaardige toepassingen / verwaarding van plantaardig restmateriaal .....	22
3.9	Veredeling .....	23
4	TOEPASSINGEN VAN AGRORESIDUEN VOOR ENERGIE .....	25
4.1	Inleiding .....	25
4.2	Eisen en wensen in relatie tot de inkoopprijs .....	26
4.3	Keuze voor een passende vergistingstechniek .....	27
4.4	Schaalgrootte in relatie tot regionale beschikbaarheid .....	27
4.5	Grondstoffenbank om discontinuïteit in beschikbaarheid op te vangen .....	28
4.6	Meevergisten met andere vergistbare stromen .....	28
4.7	Kringloop van organische stof en mineralen .....	29
5	BEWAREN EN BEWERKEN ALGEMEEN .....	31
5.1	Bewaren algemeen .....	31
5.1.1	Voorbeelden van bewaren uit de agro – food keten. ....	31
5.2	Opties voor bewaren: de grondstoffenbank .....	32
5.2.1	Eisen en wensen .....	32
5.2.2	Bewaaropties .....	32
5.2.3	Gemengde bewaring in de vorm van een concentraat .....	33
5.2.4	Voorbeelden van een concentraat .....	33
5.3	Bewaren in combinatie met winning van inhoudsstoffen .....	34
5.3.1	Gras .....	34
5.3.2	Bietenblad .....	34
5.3.3	Glasgroenten .....	34
6	INVULLING VAN HET CONCEPT 'GRONDSTOFFENBANK' .....	35



6.1	Economische haalbaarheid .....	35
6.2	Vormgeving van een grondstoffenbank .....	35
6.3	Organisatie van een grondstoffenbank .....	36
6.4	Technische invulling van een grondstoffenbank .....	37
6.4.1	Op- en overslag .....	37
6.4.2	Bewaren .....	37
6.4.3	Bewerken .....	37
7	BELANGRIJKSTE CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR VERVOLG .....	39
8	REFERENTIES .....	43



# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemstelling

Er is veel biomassa in omloop, waarvan de verwaarding op dit moment suboptimaal is. Inmiddels wordt op verschillende plaatsen onderzoek verricht naar mogelijkheden om voor deze reststromen een hoogwaardiger verwerkingsroute te ontwikkelen.

In dit rapport wordt ingegaan op de mogelijkheden voor verwaarding van reststromen die bij de primaire sector vrijkomen, zoals loof, bewaaroverschotten, sorteerafval en andere stromen, die niet voor menselijke consumptie in aanmerking komen. Voor de toepassing van dergelijke stromen ligt de nadruk op productie van energie middels vergisting. De suikers, die vaak in de genoemde stromen voorkomen lenen zich goed voor deze route. De uitdaging is vooral gelegen in de bioraffinage van deze stromen, waardoor bijvoorbeeld eiwitrijke deelstromen worden afgesplitst, die geschikt zijn voor diervoeders of vezelrijke deelstromen, die geschikt zijn voor de kartonproductie. In dit rapport wordt ingegaan op de mogelijkheden en beperkingen die door de techniek, de regelgeving en de markt worden aangedragen om te komen tot optimale verwerkingsketens. De nadruk ligt daarbij op activiteiten, die bij de agrarische ondernemer (of coöperaties, loonbedrijven e.d.) kunnen worden ondernomen om daarmee een bijdrage te leveren aan het bedrijfsinkomen van de agrarische ondernemer.

In het onderzoek heeft de nadruk gelegen op het verzamelen van inzichten bij stakeholders en het in beeld brengen van recente marktontwikkelingen. Deze inzichten zijn getoetst aan de wetenschappelijke inzichten bij de Wageningen Universiteit. Vanuit de waarnemingen van recente ontwikkelingen en inzichten heeft een extrapolatie plaatsgevonden naar kansen die zich (mogelijk) in de toekomst zullen voordoen en zijn aanbevelingen gegeven voor nader onderzoek naar verwerkingsketens en technieken, die in deze ontwikkeling een belangrijke rol kunnen spelen.

In het rapport wordt o.a. ingegaan op de mogelijkheid om een verzamelplaats op te zetten, die tot doel heeft om discontinue stromen, die bij boeren vrijkomen in de vorm van bewaaroverschotten, sorteerafval, blad, stronken, stengels, pennen etc. om te vormen in een hoogwaardige verhandelbare halffabricaten, dat zich lenen voor de inzet in een diversiteit van toepassingen en eventueel als cosubstraat voor vergistingsinstallaties. Vanuit de techniek ligt de nadruk daarbij op een geïntegreerde keten van technieken als oogsten, bewaren, ontwateren, mengen en bewerken. Voor zowel de verschillende technieken als de logistiek kan veel worden geleerd van de werkwijze in de agro- en foodindustrie en de recyclingindustrie. Ook wordt daarbij ingegaan op de betekenis van certificering.

In beperkte mate wordt ingegaan op de mogelijkheid om in de verwerkingsketen technieken op te nemen, die gericht zijn op afscheiding van eiwitrijke deelstromen, die ingezet kunnen worden voor diervoeder voor koeien en/of zetmeelrijke deelstromen, die specifiek gebruikt kunnen worden als varkensvoer. Ook wordt daarbij gekeken naar de winning van eventuele andere inhoudsstoffen.

## 1.2 Toelichting

In de wereld van de afvalrecycling is een voortgaande trend zichtbaar naar het beter op orde krijgen van de inkomende stromen, met meer aandacht voor gesloten kringlopen, het bouwen van supply chains en het gebruik van grondstoffenbanken. Dit alles is primair gericht op continuïteit van de beschikbaarheid, een grotere homogeniteit en een betere kwaliteit van de inputstromen (vaak ondersteund door middel van





certificaten). Dit alles dient te leiden tot een beter management, betere omzettingsrendementen en het vermijden van overcapaciteit in de verwerkingsketen.

Een andere trend, die zichtbaar wordt in de verwerking van biologisch materiaal is die van schaalvergroting. Zowel voor gft-vergistingsinstallaties als voor covergistingsinstallaties is de trend van schaalvergroting duidelijk waarneembaar. In het kader van strategisch voorraadbeheer worden ook nu al door industriële bedrijven als Cosun en Farmfrites grootschalige vergistingsinstallaties opgericht, die het mogelijk maken om suikerrijke stromen uit de verwerking om te zetten in energie.

Al met al kan worden gesteld, dat de vergisting van biologisch materiaal onderwerp is van voortgaande professionalisering. Een onderwerp dat daarin nog onvoldoende aandacht heeft gekregen is de stap, die vooraf gaat aan vergisting, kortweg de stap van bewaren en bewerken. Juist bij deze stap ligt de sleutel voor beter supply chain management en hogere energetische en economische rendementen.

We moeten ons realiseren dat de toepassing van de genoemde stromen als cosubstraat voor vergisting vooral wordt ingegeven door de relatief aantrekkelijke subsidie, die middels de SDE+ regeling wordt verstrekt voor de elektriciteit, die aan het net geleverd wordt of voor groen gas dat in het aardgasnet wordt bijgemengd. De inzet van de genoemde stromen in de vergistingsroute is daarmee voor de korte termijn aantrekkelijk, maar wellicht op termijn niet houdbaar. Daarom is behoefte aan voortgaande inspanningen om de genoemde stromen hoogwaardiger te benutten door vormen van decentrale bioraffinage.

### 1.3 Keuze voor agrarische residuen als grondstof

De stromen, waar het onderzoek zich op richt zijn:

- loof, blad, stronken, pennen en schillen (niet eetbare delen) van akkerbouw- en groenteproducten als biet, kool, witlof, peen, peulvruchten, bloembollen e.d. ;
- overschotten en sorteerafval van bewaarproducten als aardappelen, uien, peen en hardfruit;
- bijproducten van eerste bewerking als wortels, vellen, schillen e.d.;
- klasse 3 glasgroenten als tomaat, paprika, courgette, komkommer e.d. , incl. veilingafval, doordraai e.d.

### 1.4 Kansen vanuit de techniek

De technische mogelijkheden voor bioraffinage ontwikkelen zich op dit moment in een rap tempo. Dit geldt o.a. voor technieken als ontwatering, ontsluiting/voorbewerking en scheidingstechnieken. Hieronder zijn een aantal voorbeelden genoemd van recente ontwikkelingen op het gebied van decentrale bioraffinage m.b.v. nieuwe scheidingstechnieken:

- winning van zeïne uit maiskorrels in de procesketen van mais naar bioethanol;
- winning van eiwitfracties en aminozuren uit gras via een mobiel grasraffinageconcept;
- gebruik van aardappelschillen voor productie van polymelkzuur;
- winning van galanthamine en andere inhoudsstoffen uit bloembollen.

Mogelijke nieuwe kansen liggen bij:

- bietenloof voor diervoeder, vezels voor papierindustrie, building blocks voor biopolymeren, biogas;
- koolblad voor eiwitrijke restfractie.

Over het algemeen bevinden de technieken zich nog in een vroeg stadium van ontwikkeling en hebben nog geen brede toepassing.



## 1.5 Kansen vanuit regelgeving

### *Versoepeling van het begrip afvalstof voor reststoffen uit de landbouw*

Het begrip afval is van toepassing op alle producten, die bij een bepaald proces ontstaan, zonder dat dit vooraf was beoogd. Per 3 februari 2011 is de Wet Milieubeheer, hoofdstuk Afvalstoffen gewijzigd. Bij het gebruik van reststoffen rechtstreeks uit de landbouw of bosbouw voor de productie van energie is het afvalstoffencriterium niet langer van toepassing. Daarnaast is ook de begripsbepaling over afvalstoffen aangepast: zodra afvalstoffen een nuttige toepassing hebben ondergaan kan de minister besluiten dat deze afvalstof niet meer als afvalstof wordt aangemerkt. Deze stoffen worden vermeld op een ministeriele regeling. Dit biedt kansen voor de productie van hoogwaardige concentraten uit agrarische reststromen, die niet langer onder het begrip afval vallen. Hierdoor wordt het transport en de toepassing van co-producten in vergistingsinstallaties waarschijnlijk aanzienlijk vereenvoudigd.

### *Verruiming van de toepassingsmogelijkheid van reststoffen als cosubstraat voor vergisting*

Op dit moment bestaat er een zgn. positieve lijst van producten, die zijn toegelaten als cosubstraat voor vergisting met mest. Op deze lijst zijn ook een groot aantal agrarische residuen opgenomen. Recent is deze lijst met een aantal producten uitgebreid. Onlangs is gestart met de uitwerking van een certificeringssysteem voor co-vergistingsproducten.

## 1.6 Kansen vanuit de markt

Agrarische residuen vertegenwoordigen een bepaalde positieve waarde op grond van de biogasproductie, die ze kunnen behalen. Deze waarde is op dit moment vergelijkbaar met de waarde die wordt toegekend aan het gebruik van deze residuen als diervoeder.

Momenteel hebben de exploitanten van vergistingsinstallaties te maken met hoge prijzen voor cosubstraten als maissilage en andere covergistingsproducten. Door gebruik te maken van agrarische residuen in een hoogwaardige vorm kan wellicht een hoogwaardig alternatief worden geboden voor de huidige dure grondstoffen.

Door de agrarische residuen op te werken tot een hoogwaardig verhandelbaar concentraat kan een nieuwe markt ontstaan voor de agrarische residuen, die voor de akkerbouwer/groenteteler tot nu toe slechts een beperkte waarde vertegenwoordigden. Door bepaalde agrarische residuen te splitsen in suikerrijke vergistingsproducten en eiwitrijke diervoerproducten kunnen deze stromen een hogere financiële opbrengst krijgen. In bepaalde gevallen kunnen ook andere hoogwaardige inhoudsstoffen worden gewonnen.

## 1.7 Kansen vanuit de teelt van energiegewassen

Onlangs is het project De Energieboerderij afgerond. In dit project is men tot de conclusie gekomen dat de teelt van energiemais, bieten en koolzaad op een duurzame manier kunnen worden ingezet voor groene energie. De gewassen voldoen ruimschoots aan de criteria van de RED-richtlijn (Renewable Energy Directive) van de EU. Voor de haalbaarheid van dergelijke teelten is wezenlijk te weten welke financiële opbrengst dergelijke teelten per ha kunnen halen en of dit voldoende aantrekkelijk is voor de akkerbouwer.

Eind 2011 is door het bedrijf Harvestagg het initiatief genomen voor het opzetten van meerdere zgn. Energyfarms. Het eerste bedrijf zal worden gevestigd in Swifterbant. Een deel van de voeding van de vergisters (geen mest) zal bestaan uit geteeld gras. Per vergister wordt gemikt op 2.000 ha grasteelt. Dit gras wordt gezaaid in het najaar, na vroege teelten als pootgoed en plantuien. Er wordt een minimaal saldo



van € 1.100 per ha in het vooruitzicht gesteld. Aanvullend worden producten als bietenblad en erwtenloof gebruikt voor vergisting.

Een ander voorbeeld van energieteelt is de teelt van zonnebloemen als grondstof voor de co-vergister. De teelt vindt plaats van juli – november na de oogst van bloembollen. Er zijn meerdere van dergelijke tussenteelten in ontwikkeling.

De teelt van energiegewassen voor vergisting is in het kader van dit onderzoek relevant, met name waar het gaat om de overlap met de aanwezigheid van zgn. surplusbieten. De vergelijking dringt zich op met de productie van rietsuiker in landen als Brazilië, Australië en India. Hiervan wordt aanzienlijk deel gebruikt voor de productie van bio-ethanol. De prijzen van bio-ethanol zijn daardoor gekoppeld aan de prijs van rietsuiker.





## 2 Randvoorwaarden vanuit regelgeving

### 2.1 Regelgeving m.b.t. begrip afvalstof

Om eenduidige karakterisering van afvalstoffen binnen de lidstaten van de Europese Unie mogelijk te maken is door de Europese Commissie een lijst met afvalstoffen aangenomen, de zgn. EURAL-lijst. Voor alle afval van plantaardige weefsels is de code 02.01.03 van toepassing.

Volgens de Wet Milieubeheer wordt onder een afvalstof verstaan: “Elke stof of voorwerp waarvan de houder zich ontdoet, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen”.

Artikel 10 1a 1. Van de Wet Milieubeheer is in 2011 als volgt aangepast:

*f. Uitwerpselen (voor zover niet vallend onder h, onder 1), stro en ander natuurlijk, niet gevaarlijk materiaal rechtstreeks afkomstig uit de land- en bosbouw dat wordt gebruikt in de landbouw, de bosbouw of de productie van energie uit die biomassa door middel van processen of methoden die onschadelijk zijn voor het milieu en die de menselijke gezondheid niet in gevaar brengen.*

De wijziging van artikel 10 1a houdt in dat reststromen afkomstig van land- en bosbouw de afvalstatus zijn kwijtgeraakt. Voor deze wijziging was het voorheen noodzakelijk om over een vergunning in het kader van de Wet Milieubeheer te beschikken als men deze reststromen wilde opslaan, vervoeren, importeren of exporteren of zelf wilde gebruiken.

In de Kaderrichtlijn Afvalstoffen 2008/98/EG is de mogelijkheid opgenomen om stoffen onder bepaalde voorwaarden aan te merken als bijproduct dan wel als einde-afval materiaal. Voor stoffen die aan de voorwaarden voldoen is de status afval niet (meer) van toepassing. Door AgentschapNL is een protocol opgesteld voor de beoordeling van de status bijproduct of einde-afval van een materiaal op basis van de Kaderrichtlijn afvalstoffen (KRA). De beoordeling kan door het bedrijf zelf gedaan worden. Verzoeken om een beoordeling te toetsen waarbij het gaat om opslag, binnenlands transport, of (her)gebruik van een materiaal (en waarbij afvalregelgeving van toepassing kan zijn in relatie tot een bestaande of toekomstige milieuvergunning) moeten worden voorgelegd aan de bevoegde lokale/regionale autoriteit. Nadere informatie kan worden verkregen bij [afvalbeheer@agentschapnl.nl](mailto:afvalbeheer@agentschapnl.nl).

Concluderend: over het algemeen zijn reststoffen, afkomstig van agrarische bedrijven, vrijgesteld van de status afvalstof. In specifieke gevallen waarin niet volledig duidelijk is of dit voor een bepaalde reststroom van toepassing is kan gebruik gemaakt worden op de mogelijkheid om deze stroom te laten aanmerken als bijproduct of einde-afval materiaal.

### 2.2 Regelgeving m.b.t. toelating co-vergisting met mest

In de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet is onder bijlage Aa, behorende bij artikel 4 van de wet, een lijst opgenomen van eindproducten van bewerkingsprocedures, die als meststof kunnen worden verhandeld. Alleen de stoffen die specifiek genoemd zijn in de lijst mogen worden covergist tot covergiste mest. Met betrekking tot reststoffen die vrijkomen in de land- en tuinbouw zijn een aantal subcategorieën van belang:

*A Stoffen van plantaardige oorsprong afkomstig van een landbouwbedrijf:*

A1: Gewas (-producten) voor humane consumptie of diervoeders:

Weidegras, op het veld gedroogd weidegras, weidekuilgras, snijmais, kuilmais/maissilage, korrelmais, corn cob mix (CCM), gerstkorrels, haverkorrels, roggekorrels, tarwekorrels, aardappelen, suikerbieten,



voederbieten, uien, witlofpennen, zaad van erwten, gehele plantsilage van erwten, zaad van lupinen, bonen/peulen van veldbonen, zonnebloempitten, zaad van kool- of raapzaad, stro van koolzaad, zaad van olievlas, zaad van vezelvlas, groente en fruit behorend tot de in bijlage A opgenomen bladgewassen, koolgewassen, kruiden, vruchtgewassen, stengel-/knol-/wortelgewassen en fruitteeltgewassen.

A2: Gewas(-producten) voor de biogasproductie:  
Energimaïs.

*B Stoffen plantaardige herkomst afkomstig van natuurterreinen*

*C Stoffen afkomstig uit de voeding- en genotmiddelenindustrie (31 reststromen benoemd van plantaardige oorsprong, 8 reststromen benoemd van dierlijke herkomst, al dan niet gecombineerd met stoffen van plantaardige herkomst)*

*D Stoffen afkomstig uit de diervoederindustrie (in de praktijk geen stoffen toegestaan)*

*E Stoffen afkomstig uit andere industrieën (i.c. glycerine)*

*F Hulpstoffen of toevoegmiddelen (i.c. ijzerwater)*

Verder zijn ook de volgende categorieën toegestaan: digestaat van plantaardig covergistingsmateriaal, dan wel dunne of dikke fractie uit dit digestaat.

Aanvullend op deze positieve lijst wordt binnenkort de mogelijkheid geïntroduceerd om restproducten zelf te testen op veiligheid en zuiverheid, zodat die onder voorwaarden ook in de co-vergistingsinstallatie kunnen worden meevertigd. De voorwaarden hebben met name betrekking op het voorkomen van verontreiniging tot een bepaalde maximumconcentratie. Uitgangspunt daarbij is dat risico's voor besmetting in de keten zoveel mogelijk dienen te worden voorkomen. Specifiek voor co-vergisting met mest gaat het om het voorkomen van het risico van verspreiding van dierziekten en milieuverontreinigende componenten via het digestaat.

De toelatingsprocedure heeft veel gelijkenis met een certificeringssysteem, waarbij aan bepaalde producten een certificaat van goedkeuring kan worden verleend op basis van een risico-evaluatie. Deze risico-evaluatie wordt bepaald op grond van hoeveelheid verontreiniging x kans op voorkomen. Uitgangspunt voor certificering is dat de ondernemer zelf verantwoordelijk is voor het geleverde product en dat het certificaat ophoudt bij de feitelijke toepassing als covergistingsproduct. Het certificatieschema is in ontwikkeling en zal worden voorgelegd aan het college van deskundigen Meststoffenwet (mondelijke mededeling Molhoek, NAK Agro, sept. 2011)

Bij het opmengen van restproducten tot een bepaald hoofdproduct zal elk van de reststromen aan de certificeringsvoorwaarden moeten voldoen.

## 2.3 Regelgeving m.b.t. toelating als diervoer

In GMP+:2006 (GMP+ certificatieschema diervoedersector 2006) geldt voor een deelnemer sinds 2000 als basisvoorwaarde dat hij diervoeders (mengvoeders, voedermiddelen, toevoegingsmiddelen en voormengsels) en bepaalde diensten (transport, opslag) alleen mag kopen van leveranciers die deze diervoeders of diensten leveren onder GMP+ certificaat. Deze basisvoorwaarde heeft ertoe geleid dat inmiddels vele bedrijven in de diervoederketen (GMP+) gecertificeerd zijn. Bedrijven zien het belang om zich tegen een of meerdere GMP+ standaarden te laten certificeren om zich in de markt te onderscheiden en als hulpmiddel om de bedrijfsvoering te optimaliseren.

De veehouder, die het diervoer ontvangt, geeft over het algemeen de voorkeur aan vaste stromen, die op continubasis worden geleverd. Voor deze stromen kunnen afspraken worden gemaakt over de kwaliteit op



basis van een systeem van integraal ketenbeheer. Daarnaast is sprake van de levering van partijen die zich onttrekken aan het GMP+ certificatiesysteem. Voor regionaal transport van leverancier naar ontvanger geldt over het algemeen geen aanvullende regelgeving en is registratie niet verplicht. In dit geval is sprake van vrij verkeer. (Gort, Productschap diervoeders, sept. 2011).

In de GMP+ database is een lijst met toegestane voedermiddelen opgenomen. Voor producten, die zijn geteeld onder veiligheidscertificaat VVA (Voedselveiligheid akkerbouw), geldt automatisch dat ze voldoen aan de criteria volgens GMP+. Een handelaar in diervoederproducten zal over het algemeen GMP+ gecertificeerd zijn. Voor deze handelaar geldt ook een registratieverplichting.

## 2.4 Onderscheid toepassing als diervoer of als covergistingsproduct

De handelaar in diervoederproducten kan ten alle tijden zelf bepalen of hij een restproduct, afkomstig van een agrarisch bedrijf zal aanbieden als diervoer of als co-vergistingsproduct. Hij maakt daarbij gebruik van de CVB tabel om te bepalen of het restproduct op de lijst voorkomt als diervoer. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen diervoer voor dieren of dierproducten die worden toegepast in de voedselketen en diervoer voor dieren, waarvoor dit niet geldt (pelsdieren, huisdieren e.d.)

Voor de keuze van de bestemming is de financiële opbrengst uiteraard in hoge mate bepalend. Per product zal de opbrengst verschillen. Voor diervoeder is daarbij de voederwaarde van belang en voor vergisting de vergistingswaarde (opbrengst biogas per ton vers product). (mondelijke mededeling Dantuma 19 sept. 2011)

Een onbekend aantal handelaren bemiddelt wel bij de afvoer van overschotten of sorteerafval bij agrarische ondernemers maar bemoeit zich niet met de bestemming van het materiaal. Dit wordt beschouwd als de verantwoordelijkheid van de transporteur.

In de praktijk worden regelmatig reststoffen aangeboden aan covergisters, die niet zijn opgenomen in de positieve lijst. Dit geldt o.a. voor bollenafval. Verder is niet bekend in hoeverre de geleverde reststoffen en het transport daarvan voor de toepassing als diervoer altijd onder de regels van GMP+ worden uitgevoerd. De omvang van dergelijke ongeoorloofde transacties is waarschijnlijk klein ten opzichte van de grote stromen, maar kunnen voor bepaalde stromen substantieel zijn.







## 3 Beschikbaarheid van agrarische residuen

### 3.1 Afbakening en focus

Er wordt gewoonlijk onderscheid gemaakt tussen primaire bijproducten, secundaire bijproducten en tertiaire bijproducten. Primaire bijproducten hebben met name betrekking op gewasresten, die nu vaak op het veld achterblijven, onbedoeld productuitval/sorteerafval, resten van opslag en transport. Vanaf het moment dat het product wordt aangeleverd bij de voedings- en genotmiddelenindustrie is sprake van het vrijkomen van secundaire bijproducten. Het gaat hier om een veelheid aan bijproducten. Vooral de residuen die vrijkomen bij eerste (industriële) verwerking zijn omvangrijk en vinden hun weg op dit moment vooral in het diervoederircuit. Ook bij latere verwerking kunnen er bijproducten vrijkomen, evenals productuitval. Tertiaire bijproducten komen vrij als productuitval in supermarkten (o.a. over de datum materiaal) en als Swill (afkomstig van restaurants) of als GFT (afkomstig van consumenten).

Door Elbersen et al (2011) is onlangs een onderzoek uitgevoerd naar de beschikbaarheid van biomassa voor energie in de agrosector. Dit onderzoek richt zich vooral op stromen, die vrijkomen bij de eerste verwerking van voedingsproducten bij de industrie. In het rapport wordt zijdelings ook ingegaan op bijproducten, die upstream, dus bij de agrarische ondernemer vrijkomen. In onderhavig onderzoek is van deze gegevens gebruik gemaakt bij het maken van een schatting van de hoeveelheden. In het genoemde onderzoek wordt grotendeels voorbijgegaan aan bijproducten van eerste verwerking, die **bij de agrarisch ondernemer** plaatsvindt. Het gaat daarbij om bijproducten van koolteelt, witlofteelt, bloembollenteelt etc. In onderhavig onderzoek worden deze residuen wel meegenomen.

Onderhavig onderzoek richt zich vooral op de primaire bijproducten. Daaronder wordt in dit verband verstaan:

- gewasresten, die op het veld vrijkomen en daar meestal worden achtergelaten. Voorbeelden van deze gewasresten zijn: bietenloof, aardappelloof, koolblad, erwtenloof, gewasresten van uienteelt;
- sorteerafval, afgekeurde partijen, tarra, overschotten van akkerbouw- en tuinbouwproducten, die veelal bij de agrarische ondernemer zelf worden opgeslagen. Het gaat hier vooral om residuen van het bewaren en afleveren van aardappelen, uien, peen, appels en bloembollen;
- bijproducten van eerste verwerking op het agrarisch bedrijf. Het gaat hier vooral om verwerkingsresiduen als blad, stronken, pennen, schillen, wortels, pelafval van producten als kool, witlof, bloembollen;
- gewasresten afkomstig van de glastuinbouw. Het gaat hier om blad en stengels van tomaten- en paprikaplanten en andere glastuinbouwproducten. Een bijzondere categorie bestaat uit het bollenafval dat vrijkomt bij de broei van tulpen, lelies, etc.

Behalve bij agrarische ondernemer zelf komen er ook residuen vrij bij lokale of regionale spoelerijen, koelhuizen, sorteerbedrijven e.d., die dichtbij de agrarische ondernemer functioneren en feitelijk tot de primaire sector gerekend kunnen worden. Deze tussencategorie is voor dit onderzoek relevant vanwege het lokaal beschikbaar komen van agrarische bijproducten, die qua aard en hoeveelheid vergelijkbaar zijn met die van agrarische ondernemers. Een stapje verder in de keten zijn we aangekomen bij de lokale/regionale verwerkingsbedrijven, waar akker- en tuinbouwproducten alleen worden bewaard, bewerkt (zuiveren, sorteren) en verpakt. Voorbeelden hiervan zijn bedrijven als Luctor, Van Liere en Flevo Trade voor uien en Polder Fresh voor peen in de provincie Flevoland. Soms kunnen bepaalde bedrijven in deze categorie tot de primaire sector gerekend worden. Over het algemeen worden deze bedrijven gerekend tot de secundaire sector.





Er is al jaren een trend waar te nemen om het sorteerproces zoveel mogelijk in de keten naar voren te halen en onder te brengen bij de boer. Dit betekent dat er een verschuiving optreedt van het vrijkomen van residuen van de industrie naar de boer.

In feite zijn alle residuen die zich lenen voor gebruik als halffabricaat voor hoogwaardige toepassing interessant. Aan de kant van de (down stream) toepassingen gaat het daarbij om opwerking tot halffabricaten met economisch interessante gehalten aan cellulose, hemicellulose, lignine, eiwitten en/of suikers. Behalve om toepassingen in de sfeer van diervoeders en biogas gaat het om specifieke inhoudsstoffen (aan de bovenkant van de waarde piramide) en eindproducten als papier en karton, vezelversterkte materialen, biopolymeren en brandstoffen.

In het overzicht dat hierna volgt ligt de nadruk op de toepassing als co-vergistingsproduct, omdat deze toepassing doorgaans als eerste in aanmerking komt. Men dient zich echter te realiseren dat ook andere halffabricaten uit deze stromen economisch interessant kunnen zijn.

## 3.2 Gewasresten volle grond

Hieronder wordt voor een aantal gewasresten een schatting gegeven van de hoeveelheden die jaarlijks in Nederland vrijkomen bij de teelt van akkerbouwgewassen, vollegrondsgroenten en bloembollen. Het gaat over het algemeen om residuen, die bij de oogst worden gescheiden van het hoofdproduct en daarna op het land achterblijven en worden ondergewerkt. Soms worden er ook producten als geheel ondergewerkt, bijv. als partijen zijn afgekeurd of onverkoopbaar zijn. Deze stroom wordt meegenomen bij de categorie sorteerafval, afgekeurde partijen en overschotten. Volgens (Zwart et al., 2004) komen in principe alle gewasresten, behalve de zeer strorijke in aanmerking voor co-vergisting, maar door de lage droge stofgehalten en/of de lage gehalten aan afbreekbare organische stof valt een groot deel van de groentegewassen af.

### *Aardappelloof*

Naar schatting komt ca. 3,1 ton ds/ha aan aardappelloof vrij (Meesters et al., 2010). Dit is ca. 15 ton vers per ha. Het loof van pootaardappelen wordt op voorgeschreven data als groen loof vernietigd. Bij zetmeel- en consumptieaardappelen laat men het loof grotendeels afsterven. Het totale areaal aardappelen in Nederland bedroeg in 2011 ca. 160.000 ha. Door het loof in een vroeg stadium te oogsten komt een grote hoeveelheid vergistbaar materiaal vrij: ca. 2.250.000 ton vers (ca. 470.000 ton ds). Het oogsten van loof vraagt om een forse aanpassing van de huidige praktijk en komt mogelijk in conflict met de oogst van de aardappelen zelf.

### *Koolstronken en koolblad*

Bij de oogst van kool blijven een deel van de stronk en het blad achter op het land. Bij sluitkool gaat het om ca. 45 ton/ha en bij spruitkool om ca. 30 ton/ha (de Rooij, 2011). Het teeltareaal van koolteelt in Nederland bedraagt ca. 12.000 ha. De hoeveelheid restafval wordt geschat op ca. 400.000 ton vers. Bij 15% ds staat dit gelijk met 60.000 ton ds. De gewasresten, die vrijkomen op het land worden doorgaans ondergewerkt. De vergistingswaarde bedraagt ca. 75 m<sup>3</sup> biogas per ton vers.

### *Industriegroenten*

Vollegrondsgroenten bestaan uit een grote variëteit aan gewassen met ieder hun eigen areaal, oogstmethoden, bijproducten e.d. Hoeveelheden gewasresten per ha. zijn vaak niet bekend. Peulvruchten worden machinaal op het land gedorst. Het loof en de andere gewasresten blijven op het land achter. De hoeveelheid erwtenloof wordt voorlopig geschat op ca. 20.000 ton vers per jaar.



#### *Suikerbietenloof*

Naar schatting komt aan loof ca. 40 ton vers materiaal vrij (ca. 4,5 ton ds/ha). Het loof blijft nu achter op het land en wordt ondergewerkt. Er zijn echter oogstechnieken in ontwikkeling, die het mogelijk maken het loof tezamen met de bieten of in een aparte werkgang te oogsten. Het areaal suikerbieten in Nederland bedraagt ca. 72.000 ha. Door het loof te oogsten komt ca. 320.000 ton ds. vergistbaar materiaal vrij.

Per ha komt ca. 40 ton blad vrij met een opbrengst van ca. 45 m<sup>3</sup> methaan per ton vers (mondelijke mededeling Paul A'Campo). Dit levert een potentiële groen gas opbrengst van 1.800 m<sup>3</sup> per ha ofwel een totale productie van 130 miljoen m<sup>3</sup> methaangas uit bietenloof.

#### *Uienloof*

Naar schatting komt ca. 4,0 ton ds/ha vrij aan gewasresten (Meesters et al, 2010). De gewasresten blijven achter op het land en worden nu ondergewerkt. Het gaat in totaal om ca. 100.000 ton ds en 700.000 ton vers aan uienloof.

#### *Bloembollenloof*

Bij bloembollen komen op twee momenten tijdens het seizoen gewasresten vrij: bij het kappen en bij het rooien. Volgens (van der Voort, 2006) ontstaat 22 ton/ha aan gewasresten voor tulpen en 17 ton/ha voor lelies. Het is niet bekend welk deel hiervan kopafval is. Volgens (CBS, 2011) bedraagt het areaal bloembollen (tulpen, gladiolen en lelies) in Nederland ca. 23.000 ha. Voor gladiolen wordt de hoeveelheid loofresten geschat op 53 ton/ha. (vers), voor lelies op 10 ton/ha en voor tulpen op 13 ton/ha. De gewasresten die vrijkomen bij het rooien blijven normaal gesproken op het land achter. Het kopafval zou apart ingezameld kunnen worden, maar is qua gewichtshoeveelheid beperkt.

#### *Totaal*

In totaal kan er potentieel ca. 1 miljoen ton ds aan organisch materiaal gewonnen worden door het benutten van vooral aardappelloof, bietenloof en uienloof. Dit staat gelijk met een hoeveelheid van ca. 6,5 miljoen ton vers materiaal.

<i>Gewasrest</i>	<i>Beschikbare hoeveelheid (ton vers)</i>	<i>Oogstbaar</i>	<i>Huidige toepassing</i>
Aardappelloof	2.250.000	Deels	Blijft achter op het land
Koolstronken en koolblad	400.000	Ja	Blijft achter op het land
Industriegroenten w.o. peulen	20.000?	Peulstro goed oogstbaar	Blijft achter op het land
Suikerbietenloof	2.880.000	Ja, oogstmachines in ontwikkeling	Blijft achter op het land
Uienloof	700.000	ntb	Blijft achter op het land
Bloembollenloof	340.000	Deels	Blijft achter op het land
Totaal (geschat) gewasrest	Vers: 6.500.000 Ds: 1.000.000		

### 3.3 Sorteerafval, afgekeurde partijen en overschotten

Hieronder worden een aantal gewasproducten genoemd, waarvan bekend is dat er regelmatig sprake is van het voorkomen van sorteerafval, afgekeurde partijen en overschotten, die vrijkomen bij de agrarische ondernemer of daarmee gelieerde verwerkingsbedrijven.



### *Aardappelen*

Uitgesorteerd product en afgekeurde partijen wordt toegepast als veevoer. Bij pootaardappelen is dat meer dan bij consumptieaardappelen. Tijdens de teelt en na de oogst worden pootaardappelen gekeurd door de NAK. Bij een ernstige besmetting wordt een partij pootaardappelen geheel afgekeurd. De meeste pootaardappelen worden op agrarische bedrijven gesorteerd en afzet klaar gemaakt. Uitgesorteerde en afgekeurde pootaardappelen worden als consumptie- of voeraardappelen afgezet. Van de pootaardappelen is in 2008 ruim 2% (880 ha) afgekeurd (Elberse et al, 2010). In Nederland wordt ca. 0,9 miljoen ton pootaardappelen geteeld.

Ook voor consumptieaardappelen geldt dat partijen kunnen worden afgekeurd, omdat ze niet voldoen aan de gestelde productspecificaties. Ook komt er een residu stroom vrij als sorteerafval. Deze aardappelen worden afgezet als voeraardappel. Er wordt gezocht naar alternatieve toepassingen van deze stroom, zoals vergisten. In Nederland wordt jaarlijks ca. 3,5 miljoen ton consumptieaardappelen geteeld.

In sommige teeltjaren is sprake van een overschotsituatie: aardappelen worden verkocht voor een lage prijs of zijn, vaak na een lange bewaarperiode, niet verkoopbaar. De bewaaroverschotten worden in dat geval meegenomen door fouragehandelaren voor toepassing als veevoer. De ondernemer ontvang ca. € 10 per ton (€ 1 per 100 kg.) Deze stroom is ook voor vergisting te gebruiken en levert daarvoor waarschijnlijk een hogere vergoeding op.

In de veenkolonien wordt jaarlijks ca. 2,1 miljoen ton zetmeelaardappelen verbouwd. Bij zetmeelaardappelen is sprake van een quotum. In bepaalde gevallen is het aantrekkelijk om aardappelen boven het quotum te rooien. Verder komt het voor dat aardappelen niet geoogst worden omdat er een groot deel rot is geconstateerd (bijvoorbeeld als gevolg van nat weer). In dergelijke situaties wordt genoeg genomen met slechts enkele honderden euro's opbrengst per ha.

In totaal wordt in Nederland ca. 6,5 miljoen ton aardappelen geteeld. Als sorteerafval komt naar schatting van (Elberse et al, 2010) ca. 1% vrij, d.w.z. ca. 65.000 ton. In overschotjaren zijn de beschikbare hoeveelheden aanzienlijk groter. Aardappelrestproducten hebben een vergistingswaarde van ca. 150 m<sup>3</sup> per ton vers.

### *Suikerbieten*

Suikerbieten wordt na oogst over het algemeen opgeslagen op het terrein van de teler en zonder verdere bewerking getransporteerd naar de suikerfabriek in Dinteloord of Hoogkerk/Vierverlaten. Van deze stroom komt dus geen reststroom vrij bij de agrarisch ondernemer. Onlangs heeft Suikerunie in Dinteloord een vergistingsinstallatie gebouwd, waarin jaarlijks 100.000 ton plantaardig restmateriaal uit de suikerproductie wordt vergist. Ook in Hoogkerk/Vierverlaten wordt een dergelijke vergister gebouwd, die in de loop van 2012 in bedrijf zal komen. De twee vergisters zijn samen goed voor een groen gasproductie van 25 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. Tot op zeker hoogte is deze situatie een bijzondere vorm van omgaan met overschotten en strategische inzet voor energie. Logistiek ligt een dergelijke schaalgrootte voor de hand, omdat deze rechtstreeks is verbonden met het centraal vrijkomen van restmateriaal bij de suikerfabrieken. Op termijn wordt eraan gedacht niet alleen suikerbietresten te vergisten maar ook in te zetten op het benutten van bietenloof in de vergister (mondelijke mededeling Frank van Oord, dir. R&D Suikerunie 18 nov. 2011).

### *Uien*

Na oogst worden uien gedroogd en bewaard op het bedrijf. Tijdens de opslag kan tot enkele procenten uitval optreden. Deze uitval, ook wel 'tarra-uien' genoemd, die ontstaat door problemen bij de oogst of bewaring, kan aanzienlijk zijn, vooral in overschotjaren. De Nederlandse uienketen verwerkt jaarlijks ca. 1,3 miljoen ton plant- en zaaiuien. Door (Elberse et al, 2010) wordt een gemiddelde van 5 – 10% als voorzichtige schatting genoemd. Dit betekent dat ca. 100.000 ton uien per jaar als uitval of overschot vrijkomt. In 2011 bedraagt het uienoverschot naar schatting zelfs ca. 500.000 ton met als gevolg een zeer



lage marktprijs (€ 1 per 100 kg, ofwel € 10 per ton). Er bestaat echter een zekere weerstand bij de uientelers om goede voedselproductie naar de vergister te brengen.

Tijdens het uienbewerkingproces komt een continue reststroom vrij van wortel(resten), pellen (de buitenste droge rokken van de ui), staarten en ondermaatse uien (<20mm) in de orde van grootte van 12.000 tot 13.500 ton per jaar bij alle uienbewerkingbedrijven tezamen (Meeusen et al., 2008). Tot nu toe zijn er twee manieren waarop de gemengde reststroom wordt afgevoerd: uitrijden en onderwerken op het land of composteren bij het bedrijf. Vanaf 2010 is er wat eerste ervaring gedaan met het co-vergisten van uienpellen met mest. Daarbij bleek in eerste instantie de continuïteit van de aanvoer een probleem. Door samenwerking tussen collega-bedrijven kon voldoende kritische massa worden bereikt om voldoende interessant te zijn voor de co-vergisters. De structurele afzet ondervindt nog met regelmaat stagnatie als gevolg van een teveel aan aanhangende grond en kluiten. Er wordt nu gewerkt aan een oplossing om de uienpellen te kunnen leveren met een kwaliteit, die voldoet aan de gestelde eisen.

Bij de uienverwerking (eerste industriële verwerking) is sprake van de winning van uienolie. Hierbij ontstaat o.a. uienpulp en perssap. Beide producten zijn recent toegevoegd aan de positieve lijst. Op dit moment wordt het perssap vooral gevoerd aan runderen. Tarra-uien worden ook wel gebruikt als schapenvoer.

#### *Groenten en fruit*

Tuinbouw omvat een grote variatie aan gewassen en teeltwijzen: teelt in de open grond en teelt onder glas. Glastuinbouw omvat sierteelt (bloemen en potplanten) en voedingstuinbouw.

De opengrondstuinbouw omvat o.a. de teelt van fruit en groenten in de open grond. In totaal wordt ca. 1,5 miljoen ton aan opengrondsgroenten geteelt (excl. uien), waarvan ca. 0,5 miljoen ton aan peen. Tussen 15 en 20% van het geproduceerde volume aan peen (max. 100.000 ton) wordt gebruikt als voerpeen. Een ander groentegewas waar sprake is van sorteerafval is spruiten. Deze worden nu vooral ingezet als diervoer. De hoeveelheden zijn niet bekend. Provalor benut reststromen uit de agrarische sector voor de productie van wortelsap en bietensap.

Verder wordt ca. 0,5 miljoen ton hardfruit (appels en peren) geproduceerd. Een deel van het geproduceerde fruit komt niet bij de consument terecht. De derving ergens in de keten bedraagt ca. 16%. Dit komt overeen met ca. 80.000 ton. Welk deel hiervan bij de fruitteler beschikbaar komt is niet bekend. Een deel van het fruit komt vrij als valfruit of als overschot. Dit fruit wordt uitgeperst tot sap en krijgt daarmee een bestemming in de humane voeding.

Het landelijk areaal aan glasgroenten (vooral tomaat, paprika en komkommer) in Nederland bedraagt ca. 5.000 ha. Dit levert een jaarlijkse productie op van ca. 1,6 miljoen ton glasgroenten. Ongeveer 2,5% daarvan wordt uitgesorteerd en niet geconsumeerd. Een groot deel van deze 40.000 ton wordt momenteel verwerkt tot compost. Huidige dervingcijfers voor verse groenten variëren van 5 tot 30%, waarvan een deel in de retail. Provalor heeft apparatuur ontwikkeld waarmee klasse III tomaten en paprika's machinaal kunnen worden gescheiden van de aanhangende groene delen. Deze vruchten kunnen worden verwerkt tot hoogwaardige sappen. Als gevolg van de EHEC crisis is in 2011 een groot deel van deze groenten niet op de markt gekomen. Het LEI schat dat in Nederland 500 ha. groente niet is geoogst of na oogst is vernietigd. Dit staat gelijk met een hoeveelheid van 160.000 ton, het viervoudige van het gemiddelde. Een onbekend deel daarvan is ingezet voor vergisting.

#### *Bloembollen*

Bij bloembollen wordt de hoeveelheid uitval/overschot geschat op 1 ton/ha (van de Voort et al. 2006). Dit levert een hoeveelheid op van ca. 20.000 ton per jaar.





#### Totaal

In totaal komt jaarlijks ca. 400.000 ton aan sorteerafval, afgekeurde partijen en overschot vrij op agrarische bedrijven. In echte overschotjaren is deze hoeveelheid aanzienlijk groter. Van deze residuen is het droge stof gehalte en het suikergehalte doorgaans aanzienlijk hoger dan dat van loof, waardoor het als co-vergistingmateriaal aantrekkelijker is.

#### Overzicht:

<i>Sorteerafval, afgekeurde partijen en overschot</i>	<i>Beschikbare hoeveelheid (ton vers)</i>	<i>Vergistingswaarde (M<sup>3</sup> biogas per ton vers)</i>	<i>Huidige toepassing</i>
Aardappelen	65.000	150	Diervoeders
Uien	100.000		Compostering/diervoer
Groenten en fruit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peen</li> <li>• spruiten</li> <li>• Hardfruit</li> </ul>	100.000 ntb 80.000		Diervoer Diervoer Sapproductie, diervoer
Bloembollen	20.000		Compostering
Glasgroenten	40.000		Compostering
Totaal (schatting) sorteerafval, afgekeurde partijen en overschot	400.000		

### 3.4 Bijproducten van eerste bewerking op het agrarisch bedrijf

Hieronder worden een aantal producten genoemd, waarvan bekend is dat er bijproducten ontstaan bij eerste verwerking op het agrarisch bedrijf. Het gaat daarbij doorgaans om bewerkingen als het schoonmaken, verwijderen van oneetbare delen, pellen en schillen. Bijproducten, die daarbij ontstaan zijn blad, stonken, pennen, schillen, wortels, pelafval van producten als blad- en stengelgroenten en koolsoorten. De totale productie van dergelijke groenten in Nederland bedraagt ca. 700.000 ton. Hieronder worden een aantal groenten nader toegelicht. Verder wordt ingegaan op pelafval dat vrijkomt bij de bewerking van bloembollen.

#### Kool

Koolteelt betreft 144.000 ton en een teeltoppervlak van ca. 1.700 ha. Het grootste deel van de bladen en stonken blijven tijdens de oogst achter op het land. Een deel wordt echter verwijderd tijdens het afzet klaar maken van de producten. Het is niet bekend om welke hoeveelheden het gaat.

#### Witlof

Bij de teelt van witlofpennen gaat het om een oogst van 60.000 ton en een teeltoppervlak van ca. 3.100 ha. De pen die overblijft na de trek is geschikt als veevoer, maar kan ook worden gebruikt voor vergisting. Het gaat bij een witlofteler gemiddeld om 30 ton afval per ha. De hoeveelheid afgewerkte witlofpennen die jaarlijks vrijkomt wordt geschat op  $3.100 \times 30 = 93.000$  ton vers.

Om de pennen als veevoer te kunnen afzetten maken de witloftelers kosten om de pennen te wassen en deze af te voeren naar veehouderijbedrijven. De kosten voor het afvoeren van de pennen komt uit op ca. € 500 per ha. De vergistingswaarde van witlofpennen ligt op hetzelfde niveau als dat van mais. Mais brengt ca. € 30 per ton als co-vergistingmateriaal. (artikel in gfactueel 11 april 2007). Het droge stof gehalte van witlofpennen ligt tussen 27 en 36%.

#### Bloembollen

Het areaal bloembollen bedroeg in 2010 ca. 23.000 ha., waarvan ongeveer de helft tulpen. Er ontstaat bij tulpen ca. 3 ton pelafval per ha., bij lelies 5 ton/ha. en bij gladiolen 1 ton/ha. De totale hoeveelheid pelafval





wordt geschat op 70.000 ton. Een groot deel van het pelafval dat bij bollenkwekers vrijkomt wordt op dit moment op het bedrijf gecomposteerd of wordt centraal gecomposteerd.

#### *Totaal*

De totale hoeveelheid bijproducten van eerste bewerking van vooral groenten en bloembollen bedraagt ca. 150.000 ton. Het overzicht over deze stromen is echter beperkt. Opgemerkt moet worden dat in dit overzicht niet de residuen zijn meegenomen, die vrijkomen bij regionale verwerkingsbedrijven van uien en andere gewassen.

<i>Bijproducten van eerste bewerking op het bedrijf</i>	<i>Beschikbare hoeveelheid (ton vers)</i>	<i>Bruikbaar voor vergisting</i>	<i>Huidige toepassing</i>
koolblad	?	Zeer geschikt	
witlofpennen	93.000	Zeer geschikt	Voorals diervoer
Pelafval bloembollen Tulpen Gladiolen Lelies	70.000	Geschikt	Compostering
div. w.o. prei	ntb	Zeer geschikt	
Totaal (schatting) bijproducten eerste bewerking op bedrijf	200.000		

### 3.5 Gewasresten glastuinbouw

Bij de telers van glasgroenten (tomaat, paprika en komkommer) wordt de kas na het seizoen leeggeruimd. De productie van glasgroenten bedraagt ca. 1,6 miljoen ton op 5000 ha, d.w.z. 320 ton/ha. In de gemeente Westland bedraagt de hoeveelheid restmateriaal ca. 120.000 ton. De hoeveelheid die vrijkomt per ha wordt daarom geschat op ca. 100 ton/ha. De landelijke hoeveelheid restmateriaal uit de teelt van glasgroenten wordt daarmee geschat op  $5.000 \times 100 = 500.000$  ton per jaar. Deze gewasresten worden momenteel veelal gecomposteerd. In het Westland is een project opgezet, dat is gericht op het grootschalig vergisten van deze residuen. Daarbij wordt tevens gekeken naar de mogelijkheid om hoogwaardige inhoudsstoffen zoals kleurstoffen en biociden uit dit plantmateriaal te produceren. Ook zijn er mogelijkheden voor de productie van biopolymeren uit plantresten van tomaten en paprika.

Milieu Service Zuid in Maasbracht kiest voor het drogen van paprika-stengels en tomatenafval om er biobrandstof van te maken. Paprikaplanten vormen een houtachtig vezelrijk product en zijn in 6 tot 8 weken in droogtunnels te drogen tot een biobrandstof. Het gaat om een initiatief voor 10.000 ton paprika-afval.

Bij het broeien van bloembollen in kassen komt op basis van een voorlopige schatting in geheel Nederland ca. 20.000 ton broeiafval vrij.

<i>Gewasresten glastuinbouw</i>	<i>Beschikbare hoeveelheid (ton vers)</i>	<i>Bruikbaar voor vergisting?</i>	<i>Huidige toepassing</i>
Planten van tomaten, paprika en komkommer	500.000	Zeer geschikt	Compostering
Afgebroeide bollen	20.000	Zeer geschikt	Compostering
Totaal (schatting) gewasresten glastuinbouw	500.000		



### 3.6 Evaluatie kwantitatieve gegevens

Hieronder is een overzicht gegeven van de hoeveelheden residustromen, die bij agrarische bedrijven vrijkomen volgens de eerder gegeven indeling. Verder is een schatting gegeven van de potentiële biogasproductie. Voor de biogaswaarde is uitgegaan van de hoeveelheid groen gas die per ton geproduceerd zou kunnen worden. Omdat hier weinig specifieke gegevens van bestaan is gebruik gemaakt van een schatting in drie categorieën, nl. loofmateriaal, bijproducten en sorteerafval. Voor loofmateriaal is gebruik gemaakt van de beschikbare gegevens over bietenloof. Voor sorteerafval e.d. is eenzelfde biogasproductie verondersteld als van mais.

<i>residu</i>	<i>Ton vers per jaar</i>	<i>M<sup>3</sup> groen gas per ton vers (ruwe schatting)</i>	<i>M<sup>3</sup> biogas per jaar (x10<sup>6</sup>)</i>
Gewasresten, loof e.d.	6.500.000	50	325
Sorteerafval, afgekeurde partijen, overschotten	400.000	150	60
Bijproducten van eerste bewerking	200.000	100	20
Gewasresten glastuinbouw	500.000	50	25
Totaal	7.600.000		430

De hoeveelheid gewasresten van akkerbouwgewassen maakt het grootste deel uit van het geheel, maar vormt tevens de residustroom, waarvoor nog een grote omslag moet worden gemaakt. Vooral voor de stromen, die op dit moment op het land achterblijven is nog een grote onzekerheid over de vraag of deze stromen in de toekomst werkelijk geoogst gaan worden. Daarbij zal een afweging gemaakt worden tussen kosten en opbrengsten, waarbij elementen als organische stof gehalte van de bodem en extra werkgangen bepalend zullen zijn. Veel van de techniek om deze relatief natte stromen te oogsten en vervolgens in te zetten als vergistingsmateriaal is nog in ontwikkeling.

De stroom sorteerafval, afgekeurde partijen en overschotten is een voorzichtige schatting. In jaren van grote overschotten of calamiteiten kan de genoemde hoeveelheid van 400.000 ton gemakkelijk oplopen tot 1 miljoen ton. Een groot deel van deze residuen zijn vanwege hun voedingswaarde ook aantrekkelijk voor gebruik als diervoer. Dit betekent dat voor een groot deel van deze stromen al sprake is van een bestaande bestemming. Als de prijs voldoende aantrekkelijk is zal ombuiging naar energietoepassing kunnen plaatsvinden.

De bijproducten van eerste bewerking en gewasresten van glasgroenteteelt zijn interessant, omdat deze stromen vooral via compostering worden verwerkt. Er zijn meerdere initiatieven gaande om deze stromen te benutten voor vergisting.

### 3.7 Vergelijking met andere biomassa residustromen

In de diervoedersector wordt jaarlijks een hoeveelheid van 16 miljoen ton materiaal omgezet. Een aanzienlijk deel daarvan (5,75 miljoen ton) bestaat uit vochtrijke veevoerders (3,35 miljoen ton naar de varkenssector, 2,4 miljoen naar de rundveehouderijen). De residustromen, die daarvoor worden ingezet zijn over het algemeen afkomstig van de verwerkende industrie. Het gaat daarbij vooral om stromen als tarwezetmeel, aardappelstoomschillen, weiprodukten en tarwegistconcentraat voor varkens en bierbostel, perspulp en aardappelvezels, maisglutenvoer, tarwegistconcentraat. De OPNV (Overleggroep Producten



Natte Veevoerders) is een vereniging die de afzet van vochtrijke voedermiddelen voor de veehouderij stimuleert en de belangen behartigt van de betrokken producenten.

In de branche van de groenaanemers en composteerders gaat een hoeveelheid om van ca. 2 miljoen ton. De BVOR (Branche Vereniging Organische Reststoffen) behartigt de belangen van deze groep.

In Nederland wordt jaarlijks 1,6 miljoen ton GFT (groente-, fruit- en tuinafval) ingezameld en verwerkt tot compost via een proces van (anaerobe) vergisting en/of (aerobe) compostering.

<i>Residu</i>	<i>Hoeveelheid (ton vers per jaar)</i>	<i>Verwerking</i>
Agrarische residuen die bij de agrarische bedrijven vrijkomen	7.600.000	Blijft achter op land, wordt gebruikt als diervoer of wordt gecomposteerd
Agrarische residuen die vrijkomen bij eerste bewerking in de industrie	5.750.000	Wordt gebruikt als vochtrijke veevoerders
Residuen die vrijkomen uit landschapsonderhoud, parken e.d.	2.000.000	Nadruk op compostering, meer aandacht voor vergisting
Groente-, fruit- en tuinafval	1.600.000	Nadruk op compostering, meer aandacht voor vergisting

De conclusie is dat de hoeveelheid residu, die bij agrarische bedrijven vrijkomt of kan vrijkomen in dezelfde orde van grootte is als de hoeveelheden, die vrijkomen in de voedings- en genotmiddelenindustrie. Over het geheel genomen is er landelijk sprake van een opkomend belang van vergisting/energieproductie uit deze stromen, die voor een deel ten koste zal gaan van compostering. Of vergisting ook ten koste zal gaan van het gebruik als diervoeder heeft te maken met prijsvorming en toenemende kwaliteitseisen in deze sector. Door een hogere vergoeding voor de inzet als covergistingproduct zal de neiging ontstaan om een deel (vooral het kwalitatief mindere deel) van de stromen die nu als diervoeder worden ingezet om te buigen naar vergisting.

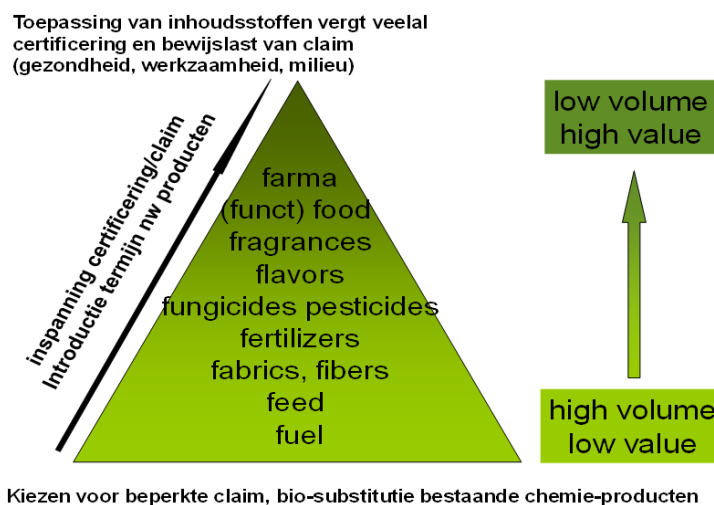
De HISFA staat voor Nederlandse Vereniging van handelaren in stro, fourages en aanverwante producten, ook wel genoemd de Nederlandse Vereniging voor de fouragehandel. In het voer-abc voor landbouwhuisdieren worden geen residustromen benoemd, die bij agrarische bedrijven vrijkomen. In de praktijk zorgt de fouragehandel voor de handel en het transport van agrarische residuen naar de veehouderijsector. Ook wordt een groot deel van de agrarische residuen gebruikt door mengvoederbedrijven voor brijvoerbereiding. Uit overleg met het productschap diervoeders en een aantal foeragehandelaren blijkt dat een groot deel van de handel niet wordt geregistreerd. Zeker wanneer het gaat om regionale afzet van een akkerbouwer naar een veehouder in de buurt dan is geen sprake van specifieke regelgeving. Zodra er sprake is van tussenkomst van een handelaar is er wel sprake van registratie. Deze handelaar dient tevens GMP erkend te zijn. Verder zal de handelaar te maken krijgen met integraal ketenbeheer en zullen er met de afnemer afspraken gemaakt moeten worden over borging van kwaliteit aan de hand van bepaalde hygiënecodes.

Door een foeragehandelaar in Flevoland wordt aangegeven dat er weinig zicht is op residuen. Als er iets overblijft dan betreft het meestal uitgesorteerde aardappelen, uien en spruiten. Als de prijs hoog is dan is het aanbod gering. Bij een keuze tussen afzet richting veevoer of vergisting wordt allereerst gekeken een bekend veevoedermiddel is op basis van de CVB tabel.



### 3.8 Hoogwaardige toepassingen / verwaarding van plantaardig restmateriaal

Hieronder wordt een kort overzicht gegeven van huidige inspanningen om plantaardig restmateriaal op een wijze te gebruiken, die hoogwaardiger is dan energiewinning, mede omdat de gewonnen producten een hogere opbrengst voor de agrarische ondernemer vertegenwoordigen. Meest aantrekkelijk zijn die toepassingen die veel waarde toevoegen zonder dat ze gepaard gaan met hoge investeringen. Toepassingen die laagwaardig zijn en veel investeringen (en risico's) vergen zijn niet aantrekkelijk.



Figuur 3.1. **Waardepyramide voor toepassing van biomassagrondstoffen.**

Een aantal projecten zijn gericht op de winning van producten in de sfeer van de **farmacie**:

#### *Aardappelen*

Bij Wageningen UR is onderzoek gaande naar de winning van kanker remmende en kankervoorkomende stoffen in aardappelloof.

#### *Uien:*

De ui bevat antioxidanten als quercitine en anthocyaan. De ui bevat 2,8 tot 4,9 gram quercitine per kg d.s. De droge pellen bevatten meer quercitine en derivaten daarvan. Quercitine is een natuurlijke gele kleurstof en biedt mogelijk een effect op het voorkomen van bepaalde typen kanker en het verminderen van hart- en vaatziekten. Er is nog geen onomstotelijk wetenschappelijk bewijs voor de werking van quercitine (onderzoek TNO).

Uienpellen hebben een potentiële toepassing als insecticide of fungicide. Ondermaatse uien (1,7% van de totale reststroom) zijn geschikt als grondstof voor de productie van uienolie. De uienolie wordt gewonnen door een proces van stoomdestillatie en is van hoge toegevoegde waarde door de toepassing als geur- en smaakstof in de levensmiddelenindustrie. Andere toepassingen betreffen reststromen uit uienbewerking: uienvezels en uien sap (na extractie). Uien zijn potentiële leveranciers van inuline, mineralen, vezels, suikers en vitaminen (Uienketen, 2011).

#### *Tomaten- en paprikaplanten:*

Er wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheid om plantaardige biociden te winnen uit tomaten- en paprikaplanten. Uit tomatenplanten is de stof licopeen te isoleren.





#### *Bloembollen:*

Uit narcissen is de stof galanthamine te winnen, dat als farmaceutisch product kan worden ingezet. De stof galanthamine heeft een remmende werking op de symptomen van de ziekte van Alzheimer. In Leiden bevindt zich het bedrijf Holland Biodiversity, dat zich richt op dergelijke inhoudsstoffen uit tuinbouwproducten en bloembollen. Onlangs is vanuit LTO tuinbouw het initiatief genomen voor het Kenniscentrum Inhoudsstoffen in relatie tot de tuinbouw. Of er ook hoogwaardige inhoudsstoffen kunnen worden gewonnen uit reststromen van de tulpenbroei is in onderzoek.

Er zijn verschillende onderzoeken gaande die zijn gericht op het winnen van **eiwitten** en **aminozuren** uit agrarische residuen, door deze middels een raffinageproces af te scheiden van de vezelfractie. Voorbeelden van deze vorm van eiwitraffinage zijn het project Grassa! (gericht op raffinage van gras en bietenloof) en het project Energierijk bij Acrres in Lelystad. Bij Energierijk wordt o.a. onderzoek gedaan naar de winning van zeïne uit maiskorrels als component voor een hoogwaardige coating.

Andere voorbeelden van hoogwaardige producten uit residuen zijn de winning van **bio-ethanol** uit koolhydraat of zetmeelhoudende residuen en de productie van polymelkzuur (PLA) als basisgrondstof voor **biopolymeren**. Een ander project betreft de productie van de stof polyhydroxybutaraat (PHB) als grondstof voor biopolymeren op basis van bietenloof. Ook kunnen plantresten van paprika en tomaat ingezet worden voor de productie van biopolymeren.

Een groot aantal van de genoemde residuen leent zich verder voor verschillende **vezeltoepassingen**, zoals de productie van papier en karton, vezelplaat e.d.

De toepassingen kunnen hoogwaardiger zijn, wanneer wordt gekozen voor eenduidige, goed gedefinieerde producten en het gebruik van meer geavanceerde scheidingstechnieken. Gemengde stromen komen voor dergelijke hoogwaardige toepassingen doorgaans niet in aanmerking. Afhankelijk van de toepassing zal in ieder geval gekozen moeten worden voor een 100% verwijdering van grondresten. Vaak is bij gecompliceerde scheidingstechnieken sprake van een combinatie van extractie en zuiveringstechnieken. De genoemde projecten met winning van hoogwaardige inhoudsstoffen uit agrarische residuen zijn voorbeelden van de biobased economy, die zich op dit moment sterk aan het ontwikkelen is.

## 3.9 Veredeling

De volgende stap in de winning van inhoudsstoffen is gelegen in veredeling van gewassen of aanpassing van het genetisch materiaal om de productie van bepaalde inhoudsstoffen tot expressie te brengen. Een voorbeeld hiervan is het veredelen van aardappelen richting een sterk verhoogde productie van het aminozuur lysine of itaconzuur door GMO technieken. In dergelijke gevallen spreken we niet meer over het benutten van residuen voor hoogwaardige toepassing, maar is eerder sprake van het tegenovergestelde: de inhoudsstof levert de meeste toegevoegde waarde op, het restproduct (dat een groot deel van het volume kan betreffen) kan worden ingezet voor bijvoorbeeld vergisting.







## 4 Toepassingen van agroresiduen voor energie

### 4.1 Inleiding

De toepassing van agroresiduen voor energie kent een overlappend veld met de volgende toepassingen:

- Gebruik als voedsel of grondstof voor voedingsmiddelen, met name waar het overschotten betreft of de teelt van extra gewassen (boven het quotum)
- Gebruik als diervoer (brijvoerbereiding e.d.)
- Gebruik als grondstof voor biobrandstof (thermische verwerking)
- Gebruik als grondstof voor compostproductie

Er is in deze toepassingen een cascade aan te brengen in de mate van hoogwaardigheid. In het overlappende veld loopt dit in de praktijk enigszins door elkaar, vooral vanwege de vergelijkbare prijsniveaus. Voor de verschillende toepassingen bestaan verder de nodige beperkingen in regelgeving. Door een stapje lager te gaan in de cascade worden doorgaans minder hoge eisen gesteld aan de kwaliteit van het materiaal en zijn de eisen die er vanuit de regelgeving worden opgelegd minder streng. Dit maakt de toepassing voor kwalitatief mindere stromen voor vergisting relatief aantrekkelijk.

De overlap in verwerkingsopties die ontstaat bij bepaalde prijsniveaus vraagt in feite om een zekere mate van flexibiliteit in de verwerkingskeuzes, die in de praktijk ook nu al wordt toegepast. Door foeragehandelaren wordt op deze manier een afweging gemaakt tussen gebruik van agroresiduen als diervoer of als co-vergistingsproduct. De winning van inhoudsstoffen, die voor bepaalde agroresiduen interessant kan zijn levert in de meeste gevallen een fors volume aan verwerkingsresiduen op, die zich waarschijnlijk goed lenen voor vergisting. Daarom is een combinatie van winning van inhoudsstoffen met vergisting potentieel aantrekkelijk. De winning van inhoudsstoffen dient steeds op zijn eigen merites te worden beoordeeld ten aanzien van prijs, technische ontwikkeling en regelgeving.

Onderhavig onderzoek richt zich op de vraag of er in de overlappende veld van toepassingen mogelijkheden zijn voor een meer professionele aanpak in de sfeer van de vergisting, waarmee de kosten worden verlaagd en de aantrekkelijkheid voor de toepassing van agroresiduen wordt verhoogd. Daarbij gaat het o.a. om de mogelijkheden om decentrale energyfarms of raffinageparken op te zetten, waarmee de regionaal beschikbare agroresiduen op een zo hoogwaardig mogelijke manier worden benut.

De professionalisering die moet leiden tot kostenverlaging in de vergistingsketen richt zich met name op het supply chain management met de nadruk op verzameling, transport en opslag.

In het supply chain management van de vergistingsketen doen zich de volgende vraagpunten voor:

1. welke eisen en wensen gelden er voor de kwaliteit van agroresiduen bij het gebruik als vergistingsproduct en welke inkoopprijs wordt hieraan verbonden (vergistingswaarde, watergehalte, vezelgehalte e.d.);
2. op welke manier kunnen de homogeniteit en de kwaliteit van de vergistingsproducten voldoende worden gewaarborgd;
3. welke vergistingstechniek (en eventueel voorbehandelingstechniek) past het beste bij de betreffende grondstof gezien de eigenschappen daarvan (gehalte aan water en lignocellulose);
4. welke hoeveelheden aan agroresiduen zijn in een regio beschikbaar en welke schaalgrootte is voor de vergisting van agroresiduen optimaal;
5. op welke manier kunnen de verschillende residuen, die ongelijkmatig in het seizoen vrijkomen, bij elkaar een min of meer continue stroom van vergistingsproducten opleveren;
6. heeft het voordelen om in de supply chain aan te sluiten bij andere vergistbare stromen en daarbij gebruik te maken van bestaande faciliteiten;



7. op welke manier kan de kringloop van organische stof en mineralen het beste worden vormgegeven.

Hieronder worden de verschillende aspecten achtereenvolgens behandeld.

## 4.2 Eisen en wensen in relatie tot de inkooprijis

Voor de toepassing van agroresiduen als grondstof voor vergisting is de vergistingswaarde (biogasopbrengst per m<sup>3</sup> vers) in hoge mate bepalend. De prijs kan enigszins worden afgeleid van die van energiemais. Dit product heeft een inkooprijis van € 30 per ton vers en levert ca. 180 m<sup>3</sup> biogas per ton op. De markt is dus bereid om € 0,15 te betalen voor iedere potentiële m<sup>3</sup> biogas. Voor gewasresten en loof bedraagt de vergistingswaarde ca. 50 m<sup>3</sup> biogas, hetgeen overeenkomt met een inkooprijis van € 7,50 per m<sup>3</sup> vers. Voor sorteerafval van aardappelen geldt een vergistingswaarde die vergelijkbaar is met die van energiemais en vertegenwoordigt dus een waarde van ca. € 30 per ton vers. Deze prijzen komen overeen met de prijzen die exploitanten van co-vergistingsinstallaties in Duitsland bereid zijn te betalen. De opbrengst voor een m<sup>3</sup> biogas ligt voor de exploitant globaal twee maal zo hoog als hetgeen de grondstofleverancier er voor betaald krijgt. M.a.w. voor de biogasproductie uit co-vergisting is ongeveer de helft van de financiële opbrengst beschikbaar voor de inkoop van grondstoffen.

Voor de leverancier is een opbrengst van € 0,15 per potentiële m<sup>3</sup> biogas een prijs die geldt voor de prijs geleverd aan de poort van de vergistingsinstallatie. De kosten die gemaakt moeten worden om het materiaal te verzamelen, transporteren en eventueel op te slaan in een tussenopslag zijn voor rekening van de leverancier.

Vooraf natte stromen als loof hebben, mede vanwege het watergehalte van ca. 90%, een beperkte vergistingswaarde (bietenloof ca. 50 m<sup>3</sup>/ton). Het is nog niet duidelijk op welke manier het loof het beste gedroogd kan worden. Drogen op het veld (zoals gras) is een optie, maar dit vraagt om een aantal extra werkgangen en mogelijk verontreiniging met grond. Als alternatief kan gedacht worden aan uitpersen van het blad tot een perskoek van 30% d.s. en een vergistingswaarde van ca. 150 m<sup>3</sup>/ton. Voorwaarde is dat de waterige fractie zonder problemen en extra kosten op het land kan achterblijven. Door A'Campo (mondelijke mededeling) wordt aangegeven dat bietenloof (als zodanig) op dit moment kan worden geleverd voor een prijs van € 20 per ton, rekening houdend met kosten voor verzamelen en transport. Voor deze prijs zijn de kosten dus hoger dan de opbrengst. Daarom wordt gezocht naar mogelijkheden om de opbrengst te verhogen, bijv. door eiwitten te winnen uit het loof alvorens het te vergisten.

Bepaalde vezelrijke, lignocellulose houdende (stroachtige) residuen kunnen zodanig behandeld worden, dat de biogasproductie wordt verhoogd. De behandeling is gericht op ontsluiting van moeilijk afbreekbare structuren met als doel daarmee suikers vrij te maken voor vergisting. Er bestaan vele verschillende voorbewerkingstechnieken, variërend van eenvoudige mechanische verkleining tot gecompliceerde voorbewerking als thermochemische voorbehandeling, die de biogasproductie doen toenemen. Van de meest technieken zal de komende jaren bekeken worden of de extra kosten opwegen tegen de extra opbrengsten.

Op voorhand lijken residustromen, die geen voorbehandeling behoeven in de vorm van ontwatering en/of ontsluiting in het voordeel ten opzichte van de stromen, die dat wel vragen. Daarmee zijn vooral de residuen in de sfeer van sorteerafval, afgekeurde partijen, overschotten het meest aantrekkelijk, gevolgd door residuen van eerste bewerking en daarna de gewasresten uit de glastuinbouw. Gewasresten in de vorm van loof van akkerbouwgewassen zijn alleen bruikbaar als de levering daarvan wordt gecombineerd met de winning van andere hoogwaardige inhoudsstoffen of als de kosten voor ontwatering sterk geoptimaliseerd worden.



## 4.3 Keuze voor een passende vergistingstechniek

Er zijn een groot aantal vergistingstechnieken in gebruik of in ontwikkeling. Over het algemeen zijn dit systemen, die speciaal voor een bepaald type residu zijn ontworpen. Er zijn specifieke vergistingssystemen voor o.a. industrieel afvalwater, zuiveringsslib, drijfmest, groente-, fruit- en tuinafval (GFT). Er grote lijnen kan er een onderscheid gemaakt worden tussen natte (geroerde) systemen en droge (ongeroerde) systemen. Agroresiduen kunnen in bestaande systemen worden meevergist of kunnen in een specifiek ontworpen (dedicated) systeem worden vergist.

Een veelgebruikte techniek voor agrarische residuen is de techniek van de geroerde drijfmestvergisters, waar agroresiduen in worden meevergist. De drijfmest (afkomstig van runderen of varkens) levert zelf betrekkelijk weinig biogas, maar doet dienst als dragermateriaal en stabilisator voor de mix aan co-vergistingsproducten, die worden toegevoegd. Een veel gebruikt co-vergistingsproduct is maissilage. Vooral de wat nattere agroresiduen lenen zich goed voor meevertigen in deze zgn. co-vergistingsinstallaties. Nadeel van deze vorm van vergisten met mest is dat het digestaat als mest wordt aangemerkt, met alle beperkende regelgeving van dien. De kwaliteit van de co-vergistingsproducten wordt steng bewaakt in verband met de mogelijke verontreiniging van de bodem. Hiervoor is een zgn. positieve lijst van co-vergistingsproducten opgesteld.

Een andere potentieel interessante techniek is de propstroomreactor, die nu vooral wordt gebruikt voor de vergisting van GFT. Waarschijnlijk kunnen agroresiduen vrij gemakkelijk in deze installaties worden meevertigen, vooral als ze een aanvulling betekenen op de biogasproductie, vooral in seizoenen, waarin GFT minder beschikbaar is. Deze installaties lenen zich waarschijnlijk ook goed voor het meevertigen van gras of gewasresten uit de glastuinbouw.

Een vergistingstechniek, die zich vooral goed leent voor droge residuen is de vergisting in zgn. garageboxen. Dit zijn ongeroerde cellen, waar de biogasproductie wordt ondersteund door recirculatie van percolaat. Dergelijke systemen worden o.a. toegepast voor vergisting van GFT. Er zijn plannen voor de toepassing van cellenvergisting voor gras.

## 4.4 Schaalgrootte in relatie tot regionale beschikbaarheid

Agroresiduen kunnen, net als veel voedingsproducten en afvalstoffen, over betrekkelijk grote afstanden worden getransporteerd, zonder dat de kosten daarvan beperkend worden voor een positieve exploitatie. Het heeft echter de voorkeur om deze residustromen enigszins op regionale schaal te verwerken. Dit is vooral voor waterrijke stromen van belang. Het verdient aanbeveling de keuze van het vergistingssysteem en de schaalgrootte daarvan te laten afhangen van het regionale voorkomen van bepaalde residuen. Het ligt bijvoorbeeld voor de hand om in Noord-Holland Noord rekening te houden met de beschikbaarheid van verschillende typen bollenafval en in het Westland met de aanwezigheid van grote hoeveelheden gewasresten uit de teelt van glasgroenten. Het verdient aanbeveling de leveranciers van deze stromen te laten participeren in de investering om het effect van wisselende inkooprijzen te kunnen opvangen.

Of een verwerking op boerderijschaal geschikt is of zelfs de voorkeur verdient, hangt af van de aard en de hoeveelheden van de residuen en de continuïteit van de beschikbaarheid op bedrijfsniveau. Door slim om te gaan met de residuen, bijvoorbeeld door een combinatie van bioraffinage en vergisting, een goede benutting van de restwarmte en de mineralen, kan een haalbaar concept ontstaan. Bij dergelijke concepten is de kringloop van organische stof en mineralen makkelijker te realiseren en wordt minder hinder ondervonden van knellende regelgeving. Een voorbeeld van en dergelijk concept is gerealiseerd bij Acrres (toepassingscentrum duurzame energie en groene grondstoffen) in Lelystad.





Door Suikerunie wordt in Dinteloord en Hoogkerk/Vierverlaten een tweetal vergisters gebouwd met een capaciteit van 100.000 ton perspulp en andere natte reststromen. Of de installaties zich lenen voor het meevergisten van bietenloof is waarschijnlijk alleen denkbaar als bijvoorbeeld het watergehalte van het bietenloof aanzienlijk kan worden teruggebracht. De Suikerunie streeft naar het terugbrengen van het digestaat op land in de omgeving van de suikerfabrieken.

Het is niet in zijn algemeenheid een uitspraak te doen over de optimale schaalgrootte. Er lijken goede mogelijkheden te bestaan voor regionale vergistingssystemen, al dan niet in combinatie met bepaalde vormen van bioraffinage en de winning van inhoudsstoffen. Er zijn echter ook mogelijkheden voor kleinschalige systemen, dicht bij de plaats van herkomst (boerderijschaal), maar ook voor grootschalige centrale systemen bij de industriële verwerking.

## 4.5 Grondstoffenbank om discontinuïteit in beschikbaarheid op te vangen

Een van de lastigste logistieke problemen betreft het onregelmatig vrijkomen van residuen in de loop van de seizoenen. Dit is om een tweetal redenen een probleem:

- door grote pieken en dalen in de aanvoer van grondstoffen kan de capaciteit van de vergistingsinstallatie niet goed worden benut;
- door een wisseling in voeding kan de biologische stabiliteit van de vergister in gevaar komen. Dit is vooral het geval bij grote wisselingen in voedingsmenu in korte tijd.

Om redenen van capaciteitsplanning is het aan te bevelen flexibel te zijn in de aankoop van co-vergistingproducten, waardoor over het jaar de hoeveelheid min of meer constant blijft. Met het oog op de vereiste biologische stabiliteit van de vergister (bacteriepopulatie) verdient het echter aanbeveling de variatie in input beperkt te houden en bijvoorbeeld niet meer dan 10% per keer te variëren.

Om bovengenoemde problemen het hoofd te bieden kan het interessant zijn om een grondstoffenbank aan te leggen, met daarin een voorraad van agroresiduen, die in gescheiden vorm of als optimale biogasmix wordt aangeboden. Het produceren van een geconcentreerde mix heeft voordelen als dit leidt tot producten met een hoge toegevoegde waarde, zoals een mix van constante kwaliteit en hoge vergistingswaarde, die gemakkelijk is te transporteren en op te slaan. Voorwaarde is dat de extra kosten voor opslag en eventueel bewerking worden terugverdiend in de opbrengst van het product verderop in de keten. Zowel bij gescheiden opslag als bij opslag van een mix, dient aandacht besteed te worden aan de noodzaak om bederfelijke grondstoffen voor langere tijd biologisch te inactiveren. In hoofdstuk 5 wordt nader ingegaan op de technieken, die hiervoor beschikbaar zijn.

Speciale aandacht gaat uit naar het benutten van overschotten in de vorm van meerjarige bewaring. Grote jaarlijkse schommelingen vragen om een uitvlakking van de beschikbaarheid en spreiding daarvan over meerdere jaren.

## 4.6 Meevergisten met andere vergistbare stromen

Zowel vanuit het oogpunt van capaciteitsplanning als biologische stabiliteit verdient het aanbeveling om aan te sluiten bij de vergisting van andere reguliere stromen. Daarbij ligt het voor de hand om aan te sluiten bij de vergisting van GFT of drijfmest. Beide stromen hebben een beperkte biogaswaarde. De exploitatie van de installaties is dus gebaat bij het meevergisten van producten, die meer biogas opleveren. De keuze voor meevergisten met drijfmest ligt voor de hand als gekozen wordt voor boerderijschaal vergisting en de afvoer van het digestaat als mest. Dit laatste brengt met zich mee, dat de aard van de residuen is beperkt





tot de stromen, die zijn genoemd in de zgn. positieve lijst van co-vergistingsproducten. De keuze voor meevergisten met GFT of ander groenafval ligt voor de hand als gekozen wordt voor de afzet van het digestaat als compost.

Co-vergisting met mest is op dit moment gangbaar, terwijl de co-vergisting met GFT nog niet wordt uitgevoerd of in een experimenteel stadium verkeert. Het verdient aanbeveling om bij de planning van GFT vergistingsinstallaties vooraf rekening te houden met de beschikbaarheid van residuen, die met GFT kunnen worden meevergist.

Een derde minder gangbare optie is het meevergisten met zuiveringsslib bij RWZI's. Dit ligt voor hand als het gaat om vloeibare residuen met een zekere verontreiniging, waardoor het niet wenselijk is dat het materiaal op de bodem wordt gebracht, zoals residuen in de sfeer van dierlijke restproducten. Deze verontreiniging wordt verderop in de keten geëlimineerd in de slibverbrandingsinstallatie.

## 4.7 Kringloop van organische stof en mineralen

Veel landbouwgronden, maar vooral de zandgronden, hebben te maken met een teruglopend organisch stof gehalte. Zowel vanuit het oogpunt van vochthuishouding als mineralenhuishouding als bodemstructuur is het belangrijk het organisch stofgehalte op pijl te houden. Volgens (Zwart et al. 2004) zal het volledig verwijderen van gewasresten leiden tot een daling van het organische stof gehalte in de bodem. Dit kan worden gecompenseerd door de toepassing van groenbemesting of door compost, die ontstaat bij vergisting terug te brengen op het land. Het verschil tussen organisch stof gehalte tussen achterlaten op het land en het weer terugbrengen ervan als compost lijkt echter gering te zijn, bij het gebruik van alleen kunstmest.

Het afvoeren van loof heeft geen groot nadelig effect op de beschikbaarheid van stikstof en door het afvoeren daalt het risico op uitspoelen van stikstof met ca. 25%. Afvoeren van loof kan daardoor juist bijdragen aan verruiming van de mogelijkheden om mest op het land te brengen. Loof dat achterblijft op het land zal als gevolg van verrotting kunnen leiden tot de uitstoot van methaangas en lachgas. Beide zijn sterke broeikasgassen. Uit de experimenten, die zijn uitgevoerd in het kader van de Energieboerderij, is gebleken dat bij de afvoer van bietenloof gemiddeld 48 kg. fosfaat, 145 kg. stikstof, 239 kg.  $K_2O$  en 4,9 ton organische stof per ha. wordt afgevoerd.

Door agrarische residuen te vergisten ontstaat min of meer stabiele (biologisch inactieve) mest of compost met een hoog gehalte aan vezels en moeilijk verteerbare componenten. Deze componenten dragen sterk bij aan structuurverbetering en langjarige verhoging van het organisch stof gehalte. Het is dus van groot belang om het digestaat daadwerkelijk terug te brengen op het land.

Voor fosfaat is een eindig en kostbaar mineraal, dat bij voorkeur teruggebracht zou moeten worden in de kringloop van de teelt van landbouwproducten. Door middel van innovatieve mestscheidingstechnieken kan fosfaat in bepaalde stromen worden geconcentreerd, waardoor het toegepast kan worden als kunstmestvervanger.





## 5 Bewaren en bewerken algemeen

### 5.1 Bewaren algemeen

Biomassastromen, die als reststroom vrijkomen zijn over het algemeen aan bederf onderhevig. De afbraak van celmateriaal vindt plaats onder invloed van enzymatische processen in het materiaal zelf en door inwerking van insecten, bacteriën en schimmels. Het ene materiaal bederft eerder dan het andere.

Factoren, die de snelheid van afbraak bepalen zijn:

- Mate van enzymatische omzetting in het materiaal (denk aan rijping van fruit, uitlopen van aardappelen). NB inwerking van hormoonachtige stoffen zoals ethyleen
- Toegankelijkheid van het biologische materiaal voor externe inwerking (mede afhankelijk van de celwandstructuur, de aanwezigheid van een intacte houtige beschermlaag in de vorm van een schil etc.)
- De vochtigheid van het materiaal
- De omgevingstemperatuur
- De zuurgraad

De aan- of afwezigheid van zuurstof bepaalt langs welke route de afbraak plaatsvindt: aerob of anaerob. Anaerobe afbraak zal in eerste instantie leiden tot de vorming van vetzuren, die in gecontroleerde omstandigheden kunnen bijdragen aan verzuring. Dit verzuringsproces vormt de basis voor het gecontroleerd bewaren van stromen als gras en mais in een eerste fase van biologische afbraak. Andere manieren om biologisch actieve stromen te deactiveren zijn het toevoegen van suiker, zout of zuur, zoals gebeurt bij het bewaren van vruchten (jam en sap), haring of augurken.

#### 5.1.1 Voorbeelden van bewaren uit de agro – food keten.

*Aardappelen, uien en peen:* Aardappel, uien en peen worden bewaard in schuren. Om rotting te voorkomen worden deze producten gedroogd tot een iets verhoogd droge stof gehalte. Per product verschilt het droge stof gehalte bij bewaring. Als de droging plaatselijk onvoldoende is kan rotting optreden. Na het drogen worden de akkerbouwproducten gekoeld bewaard. De bewaar temperatuur verschilt per gewas: voor uien is dit bijvoorbeeld 3-4°C, voor aardappelen 7°C.

*Suikerbieten:* Suikerbieten blijven enige tijd op het land liggen, maar worden meestal binnen enkele dagen of hoogstens weken afgevoerd naar de suikerfabriek. Tijdens bewaring kan suikerverlies optreden. Bij vorst moet de hoop goed beschermd worden met een winddichte afdekking. Als het niet vriest moet de hoop voldoende kunnen ventileren om ervoor te zorgen dat de temperatuur onder de 8°C blijft.

Normaal heeft een suikerbiet een droge stof gehalte van ca. 22%. Uit bieten wordt in de suikerfabriek een zgn. diksap geproduceerd met een hoog suikergehalte. Dit diksap kan langere tijd worden bewaard. Een ton bieten kan dan 500 kg sap opleveren met ca. 17% suiker (85 kg.) en 500 kg perspulp. Bij Suikerunie wordt de perspulp gebruikt voor vergisting. Het is niet bekend hoe deze perspulp wordt bewaard en of langdurige bewaring een optie is. Suikerbiet levert ca. 165 m<sup>3</sup> biogas per ton bieten (Cosun Magazine, dec 2011, nr. 6).

*Gras en mais:* Gras en mais worden bij de boer ingekuuld, waar ze gedurende het gehele seizoen worden gebruikt als ruwvoer voor koeien. De verzuringsreactie in de kuil zorgt voor biologische inactiviteit. Ook andere producten als aardappelen, bieten en peen kunnen langere tijd in een kuil bewaard worden, mits de kuil van goede kwaliteit is. De cruciale factor is het creëren van een anaerob milieu, waarin de zuurvormende bacteriën goed kunnen gedijen, zonder dat de methanogene bacteriën een kans krijgen. Een bijzondere vorm van inkuilen is het verpakken van gedroogd gras in plastic, waardoor binnen enkele dagen een anaerob milieu ontstaat.



*Hardfruit:* Appelen en ander hardfruit wordt gekoeld bewaard in schuren. Het uitpersen tot sap leidt tot een sap en een pulp. Het verse sap wordt gekoeld bewaard en is als consumentenproduct beperkt houdbaar. De pulp wordt niet bewaard.

*Gras en luzerne:* In grasdrogerijen wordt gras en luzerne in droogtrommels gedroogd en vervolgens geperst tot veebrokken. Deze brokken kunnen gedurende lange tijd worden bewaard. Bij gebruik door de koe worden de brokken verkleind en verteerd.

*Prei, kool, witlof:* Consumentenproducten, die gedurende een bepaald seizoen vrijkomen, worden vaak voor langere tijd bewaard door ze gekoeld op te slaan in koelschuren.

Resumerend: biologische inactiviteit is een voorwaarde voor langdurige bewaring. De meest gebruikte principes daarvoor zijn: verhogen van het droge stof gehalte (water verdampen, uitpersen, indikken), temperatuur verlagen (koelen), gecontroleerde verzuring (inkuilen) en hoge suikerconcentraties (inmaken). Voor deze technieken geldt dat bepaalde grenswaardes moeten worden aangehouden om effectief te zijn. Het in stand houden van een intacte schil (voorkomen van beschadiging) draagt bij aan de lengte van de bewaarperiode (bij drogen en koelen).

## 5.2 Opties voor bewaren: de grondstoffenbank

### 5.2.1 Eisen en wensen

Bovengenoemde opties voor het bewaren van biologisch materiaal zijn afgeleid van de ervaringen bij het bewaren van producten voor menselijke of dierlijke consumptie. Het bewaren van producten (residuen) voor biogasproductie maakt dat er andere keuzes kunnen worden gemaakt:

- er worden geen eisen gesteld aan de vorm, waarin producten worden opgeslagen;
- er worden geen eisen gesteld aan geur, smaak of visuele aantrekkelijkheid;
- er worden geen eisen gesteld aan voedingswaarde, eiwitgehalte e.d.;
- de producten hoeven niet vers of volledig schoon te zijn;
- de producten hoeven niet aan GMP+ eisen te voldoen;
- de producten mogen componenten bevatten, die niet zijn toegelaten voor menselijke of dierlijke consumptie.

De volgende eisen zijn van toepassing:

- de producten mogen geen stoffen bevatten, die het vergistingsproces kunnen remmen (zoals antibiotica, biociden e.d.) of die de afzet van het digestaat verstoren (denk aan dierlijke bijproducten);
- de producten moeten kunnen voldoen aan de duurzaamheidscriteria op basis van de Europese regelgeving voor biomassa-grondstoffen;
- de producten moeten opgenomen zijn in de positieve lijst of daar via een proces van certificering worden toegelaten (deze eis geldt alleen voor co-vergisting met mest).

### 5.2.2 Bewaaropties

Er zijn verschillende opties voor bewaring van te vergisten producten. Daarbij speelt beheersing van de kosten van handling en energie een belangrijke rol. Daar staat tegenover dat het suikergehalte van sommige agroresiduen kan teruglopen als gevolg van slechte bewaring. Dit heeft een rechtstreeks gevolg voor de biogasproductie. Het is niet bekend waar het optimum ligt in de bewaarcondities.

*Gewasresten, loof e.d.*

Dit zijn over het algemeen producten met een hoog watergehalte. Voor deze stromen ligt het inkuilen het meest voor de hand. Om tot een optimaal droge stof gehalte te komen is het aan te raden verschillende stromen gemengd in een kuil te brengen en daarmee het droge stofgehalte te sturen.





#### *Sorteerafval, afgekeurde partijen en overschotten*

Deze producten hebben vaak al enige maanden een bewaarregime gekend van drogen en koelen. Om de kosten van bewaring te beperken kunnen de producten worden toegevoegd in een kuil. Als het om grote hoeveelheden gaat kan bewaring in de open lucht een optie zijn, zolang de temperatuur niet te hoog oploopt. Daarbij kan aangesloten worden bij de wijze waarop suikerbieten in de open lucht worden opgeslagen. Als er een bewaarschuur beschikbaar is, kan deze worden ingezet voor bewaring onder milde bewaarcondities, waardoor de energiekosten worden beperkt. Bedorven partijen worden bij voorkeur niet bewaard, maar zo snel mogelijk vergist.

#### *Bijproducten van bewerking*

Sommige van deze bijproducten zijn relatief droog en vezelrijk. Ze lenen zich daardoor wellicht voor toepassing als vezel-versterkte materialen, papier en karton en brandstof. Ook zijn er mogelijkheden dergelijke stromen aan een kuil toe te voegen om het droge stof gehalte te verhogen.

### 5.2.3 Gemengde bewaring in de vorm van een concentraat

Voor toepassing in een co-vergistingsinstallatie is het aantrekkelijk om over een concentraat van gemengde residu stromen te beschikken, dat als geheel geen beperkingen heeft vanuit de positieve lijst. Een dergelijk concentraat kan door middel van een set van bewerkingsstappen worden samengesteld uit verschillende type residu met de nadruk op sorteerafval, afgekeurde partijen en overschotten. Een dergelijk concentraat zou een interessant handelsproduct kunnen zijn als aan de volgende criteria kan worden voldaan:

- geen of weinig biologische activiteit in opgeslagen vorm;
- relatief constante kwaliteit en homogeniteit door het jaar heen;
- goed transporteerbaar, snel leverbaar zonder geuroverlast;
- bekende kwaliteit binnen bepaalde marges;
- hoge vergistingswaarde, weinig water en weinig vezel;
- laag gehalte aan aanhangende grond en/of kluiten.

De inhoudelijke kwaliteit zou geborgd kunnen worden door een vorm van certificering, waarin de marges zijn vastgelegd. Snelle en geurloze levering zijn verkoopargumenten, die de waarde van het concentraat kunnen verhogen. Het streven zou erop gericht moeten zijn een product te produceren, dat als co-vergistingsproduct even aantrekkelijk is als glycerine uit biodieselproductie met een vergelijkbare marktwaarde. Om voldoende marge te creëren zouden de grondstoffen tegen een lage prijs moeten worden ingekocht en dienen de handlingskosten beperkt te blijven.

Omdat het pakket aan eisen en wensen aanzienlijk soepeler is dan die voor menselijke en dierlijke consumptie is het mogelijk de producten aan de onderkant van de agromarkt (als residu) voor een lage prijs in te kopen. De inkoop zou zich vooral kunnen richten op (omvangrijke) overschotten met een lage prijs. De voordelen van lage inkooprijzen (gelegenheidsinkoop) dient te worden afgewogen tegen hogere kosten voor bewaren en bewerken. De handelswijze komt enigszins overeen met die voor brijvoerbereiding voor diervoeders.

### 5.2.4 Voorbeelden van een concentraat

Hieronder worden een aantal voorbeelden genoemd van concentraat, zoals die voor menselijke of dierlijke consumptie wordt toegepast.

#### Perssap en pulp

Natte stromen als fruit, glasgroenten e.d. worden zo snel mogelijk geperst. Scheiding in perssap (70%) en pulp (30%). Het perssap wordt geconcentreerd tot sapconcentraat (factor 5 verdikken). De pulp kan worden gebruikt voor de productie van inhoudsstoffen, voedingsvezel, veevoederkoeken en vergistingsproduct.





### Brokken

De drogere reststromen als aardappelen, peen, uien, bloembollen, e.d. worden in droge vorm opgeslagen. Er zal nader bekeken moeten worden welk deel van deze stroom zich leent voor de productie van veevoerders. De stromen, die geschikt zijn als veevoer worden rechtstreeks afgevoerd naar de veevoederproducent. Reststromen, die zich daar niet voor lenen of die overblijven van de veevoederproductie worden versneden tot brokken en eventueel gemengd voordat ze geleverd worden. De brokken worden voor kortere tijd opgeslagen in sleufsilos bij de co-vergister.

### Slurry

Nattere stromen, die zich niet lenen voor sapproductie of veevoeder worden direct verpulpt tot een verpompbare slurry. De vraag is hoe een verpompbare en stabiele slurry kan worden geproduceerd.

In verband met de mogelijkheid van sturing (op specificatie brengen) verdient het aanbeveling voor ieder restproduct een aparte silo en kuil in stand te houden en de verschillende stromen niet te mengen. Uit het oogpunt van logistiek verdient het juist aanbeveling zo veel mogelijk naar combinaties te zoeken. Een mengvat kan worden gebruikt om ter plaatse meerdere stromen te mengen en daarmee de geleverde stroom op specificatie te brengen.

Concluderend: er zijn meerdere mogelijkheden voor de productie van een vergistings-concentraat. Deze is vooral afhankelijk van het droge stof gehalte. Voor veel van de residuen in de sfeer van overschotten, sorteerafval e.d. lijkt de productie van een bewaarbare slurry een van de meest interessante opties. Voor residuen met een hoger droge stof gehalte is te overwegen de stromen op een efficiënte manier te drogen.

## 5.3 Bewaren in combinatie met winning van inhoudsstoffen

Een van de mogelijk interessante opties is het extraheren van een inhoudsstof of eiwitfractie als het product nog in verse toestand verkeert en het vervolgens bewaren en bewerken van de restfractie voor vergisting: Oogsten – verkleinen - raffineren – bewaren – mengen – concentraat

└ inhoudsstoffen, eiwitten

Hieronder zijn een aantal voorbeelden genoemd van (residu)stromen, die zich daarvoor lenen:

### 5.3.1 Gras

Door uitpersen van gras ontstaat een eiwitrijke sapfractie en een vezelfractie. De sapfractie kan eventueel separaat worden afgevoerd voor de productie van eiwitconcentraat en een suiker- en mineralenrijk restsap. De vezelfractie kan worden opgeslagen voor latere co-vergisting.

### 5.3.2 Bietenblad

Bietenblad blijft nu vaak op het land achter, maar kan ook geogost worden. De fa. Thonen heeft een nieuwe techniek ontwikkeld waarmee bietenblad geogost kan worden zonder grond. Er wordt gezocht naar een geschikte manier van bewaren. Inkuilen ligt het meest voor de hand. Het lage droge stofgehalte vormt nog een probleem. Het hydrolyseproces is in de praktijk moeilijk stuurbaar.

### 5.3.3 Glasgroenten

Per jaar komt er in Nederland ca. 40.000 ton per jaar vrij aan klasse 3 glasgroenten als tomaten, paprika's, aubergines, komkommers, courgettes etc. dat vooral om esthetische redenen ongeschikt geacht wordt voor verkoop in de supermarkt. Provalor zoekt naar mogelijkheden voor een geïntegreerde aanpak op de plek waar de reststroom beschikbaar komt. Dit gebeurt door productie van een sapconcentraat (voor humane consumptie) en een pulpfractie. De pulpfractie kan worden ingezet voor inhoudsstoffen en voedingsvezel en eventueel vergisting.



## 6 Invulling van het concept 'grondstoffenbank'

### 6.1 Economische haalbaarheid

De levering van agrarische restproducten aan vergistingsinstallaties is haalbaar als er voldoende marge is tussen inkoop en verkoop en als de handlingskosten beperkt kunnen blijven. Verder dient rekening te worden gehouden met alternatieve toepassingen als veevoederproductie. Er kan wellicht een scheiding aangebracht worden tussen stromen die rechtstreeks als veevoer kunnen worden ingezet en stromen die zich daar niet voor lenen.

Hieronder zijn een aantal vragen geformuleerd die van belang zijn bij het bepalen van de haalbaarheid van de productie van een vergistingsconcentraat:

- wat is de marktwaarde van een continu beschikbaar concentraat bij toepassing in een co-vergister met mest, een gft-vergister, een monovergister;
- met welke huidige verwerking voor de betreffende stromen moet co-vergisting concurreren (denk aan gebruik als grondstof voor veevoeder of compostering) en in verband daarmee: welke verkoopprijzen/verwerkingskosten gelden er voor deze alternatieven;
- welke mogelijkheden zijn er voor een monovergister in combinatie met een dergelijke biomassabank;
- wie is eigenaar van deze stroom en wordt het aangemerkt als afval;
- hoe worden de ruwe stromen aangevoerd, opgeslagen, gemengd, voorbehandeld en als monostroom getransporteerd naar de vergister;
- bestaat er een mogelijkheid van een combinatie van de productie van sappen (voor humane voeding) ruwvoeder (voor diervoeders) en vergistingsmateriaal. Geldt dit voor alle stromen of alleen voor bepaalde stromen.

#### *Kosten:*

De kosten die moeten worden gemaakt zijn als volgt:

- inkoopkosten ruw materiaal (NB: veel reststromen zijn voor € 0 op te halen bij de producent);
- kosten voor op- en overslag en transport;
- kosten voor verkleining, voorbehandeling, mixen e.d.;
- kosten voor opslag;
- aanvullende kosten voor winning van inhoudsstoffen of andere handling.

#### *Opbrengsten:*

- eventueel: verwerkingstarief voor afvoer en verwerking reststoffen;
- verkoop op basis van biogasopbrengst;
- verkoop van eventuele inhoudsstoffen (eiwitten, aminozuren e.d.).

### 6.2 Vormgeving van een grondstoffenbank

Een grondstoffenbank van biomassagrondstoffen kan op verschillende manier worden vormgegeven, bij voorkeur op schakelpunten in de keten, waar toepassingen in de voedingsketen, de diervoederketen, de energieketen en de afvalketen (composteren) elkaar raken, en waar op grond van kwaliteit en prijs een scheiding kan worden aangebracht tussen verschillende toepassingen. Aanvullend kan gedacht worden aan nieuw op te zetten bioraffinage centra, waar inhoudsstoffen worden gewonnen en waar het slurryrestant wordt opgewerkt tot een concentraat. In dat verband zou het interessant kunnen zijn een of meerdere concentraten te produceren door middel van droging met behulp van restwarmte.



In figuur 6.1 is het idee van een grondstoffenbank in grote lijnen weergegeven. De specifieke invulling kan echter variëren, afhankelijk van de regionale beschikbaarheid en economische optimalisatie.

Figuur 6.1: Voorbeeld van een grondstoffenbank

De grondstoffenbank vervult op de schakelpunten de functie van een logistiek verzamel-, bewerking- en verdeelcentrum. Dergelijke centra kunnen op verschillende plekken tot stand komen:

- in de nabijheid van een plek waar grote stromen voor humane voeding vrijkomen of bewaard worden. Voorbeelden hiervan zijn decentrale agroparken nabij concentratiegebieden van glastuinbouw (Westland, Agriport A7) of opslag en bewerkingslocaties voor uien, aardappelen, peen e.d. (Luctor, van Liere, Flevotrade voor uien, Polderfresh voor peen). Een grondstoffenbank op dergelijke locaties kan worden gebruikt voor optimale inzet van residuen met maximale toegevoegde waarde. Een concentraat voor co-vergisting kan bijdragen tot een maximale opbrengst in de energiemarkt;
- in de nabijheid van een suikerfabriek en een grootschalige industriële vergister voor bietenpulp. Een dergelijke locatie is uit te breiden met faciliteiten voor de productie van bio-ethanol uit bagasse of andere laagwaardige restproducten van de suikerproductie. Verder kan op deze locatie een opslagfaciliteit voor een concentraat uit bietenloof en eventueel andere loofsoorten worden gerealiseerd, bijvoorbeeld in de vorm van een slurry, nadat inhoudsstoffen (bijvoorbeeld PHA's) zijn geëxtraheerd;
- in de nabijheid van een vergistingsinstallatie voor gft (propstroomreactor). Een grondstoffenbank kan bijdragen aan een optimale exploitatie van de gft vergister door materialen jaarrond beschikbaar te stellen o.a. als aanvulling op de verlaagde hoeveelheden ingezameld gft gedurende de winter. Vanwege het prijsniveau wordt in eerste instantie gedacht aan een combinatie met gras of loofsoorten, die kunnen worden ingekuuld. Ook hierbij kan gedacht worden aan de combinatie met de extractie van inhoudsstoffen;
- in de nabijheid van een regionale co-vergistingsinstallatie, waar drijfmest gecombineerd wordt vergist met diverse co-producten. Bij veel van dergelijke vergisters is nu al sprake van opslagfaciliteiten voor meerdere covergistingen-producten in een groot aantal sleufsilo's. Het is denkbaar dat in de plaats daarvan een concentraat wordt geleverd, dat wordt opgeslagen in silo's. Dit concentraat kan afkomstig zijn na extractie van inhoudsstoffen of rechtstreeks geleverd worden in min of meer constante samenstelling.

Zoals aangegeven is niet eenduidig te bepalen waar en hoe een grondstoffenbank voor vergistbaar materiaal het beste kan worden vormgegeven. Het verdient aanbeveling met marktpartijen bepaalde concepten uit te werken en voor concrete situaties door te rekenen.

### 6.3 Organisatie van een grondstoffenbank

De grondstoffenbank staat in eerste instantie ten dienste van de valorisatie van een diversiteit aan agroresiduen in de vorm van een diversiteit aan hoogwaardige halffabricaten. Uitgangspunt is dat een grondstoffenbank pas interessant is als er voldoende massa kan worden verwerkt en als de diversiteit voldoende groot is om op continuïteit te kunnen draaien. In verband met het hoge watergehalte van de grondstoffen zou het transport tot maximaal 30 km. beperkt dienen te blijven. Op grond hiervan zouden 10-20 van dergelijke grondstoffenbanken in Nederland mogelijk zijn.

Het ligt voor de hand dat partijen, die over de agroresiduen (kunnen) beschikken op regionale schaal samenwerking zoeken in de organisatie. Daarbij valt te denken aan een coöperatie van akkerbouwers,



vollegroonds groentetelers, bloembollenkwekers, glastuinders, aangevuld met bedrijven die actief zijn in het bewaren, sorteren en verpakken van agroproducten, die gevestigd zijn in de regio. Ze kunnen daarbij samenwerking zoeken met loonbedrijven, transporteurs, handelaren e.d.

In verband met het kapitaalsintensieve karakter en de behoefte aan professionalisering zou aansluiting gezocht kunnen worden bij bedrijven die actief zijn in de recyclingbranche en/of groenverwerking.

## 6.4 Technische invulling van een grondstoffenbank

Voor een grondstoffenbank wordt primair gedacht aan een logistiek verzamel-, bewerking- en verdeelcentrum. Daarbij horen een aantal technische installaties, die dit mogelijk maken. We gaan daarbij uit van de volgende hoofdfuncties: op- en overslag, bewaren en bewerken.

### 6.4.1 Op- en overslag

Op een grondstoffenbank locatie dient materieel aanwezig te zijn voor op- en overslag van materialen variërend van slurries tot droge brokken. Daarbij kan gedacht worden aan shovels, voorladers e.d. maar ook aan de mogelijkheid van hydraulische transport.

### 6.4.2 Bewaren

Op het gebied van bewaren kan gedacht worden aan speciale voorzieningen voor het bewaren van slurries. Verder zal de faciliteit dienen te beschikken over sleufsilo's, voedersilo's e.d. Overwogen kan worden speciale voorzieningen te treffen voor de inrichting van kuilen, waar bepaalde producten tegen lage kosten voor langere tijd bewaard kunnen worden. Wellicht kunnen bepaalde producten goed bewaard worden in folie, vergelijkbaar met het bewaren van gras.

### 6.4.3 Bewerken

Op het moment dat residuen worden ingezet voor de winning van inhoudsstoffen is behoefte aan een serie van technieken, waarmee dat gerealiseerd kan worden. Bij die technieken horen bepaalde procescondities, die geoptimaliseerd dienen te worden. Hier wordt volstaan met het benoemen van een aantal technieken, die wezenlijk zijn voor het proces van bewerken:

#### Verwijderen van verontreinigingen

Denk hierbij aan technieken als spoelen, wassen, zeven, aangevuld met scheidingstechnieken als ballistische scheiding, ferro- en non-ferro scheiding en eventueel handpicking om hardnekkige verontreinigingen te verwijderen. Veel van deze technieken zijn gangbaar in de recyclingbranche.

#### Verkleinen of uitpersen

In verband met de winning van inhoudsstoffen zal doorgaans behoefte zijn aan verkleining en/of uitpersen van het hoofdproduct. Hiervoor zijn inmiddels meerdere technieken beschikbaar. Door (Booij e.a.2010) is een overzicht gegeven van beschikbare en geschikte verkleiningstechnieken. Veelal zal sprake zijn van een vorm van extrusie, waarmee vaste fractie en vloeibare fractie van elkaar gescheiden worden. De beoogde inhoudsstoffen zullen, afhankelijk van hun eigenschappen, in een van beide fracties in verhoogde concentratie voorkomen.

#### Ontsluiting

De mogelijkheid om inhoudsstoffen te winnen is mede afhankelijk van de mate waarin de beoogde stof is gebonden aan het basismateriaal. Door verschillende vormen van ontsluiting kan de inhoudsstof worden vrijgemaakt, waardoor deze winbaar is. Ontsluiting kan plaatsvinden door toepassen van technieken als thermische (verhoogde temperatuur), fysische (druk, mechanisch), chemische (zuren e.d.) en/of biologische





(enzymatische) ontsluiting. Veelal is sprake van een combinatie van deze technieken voor een optimaal resultaat. Belangrijk daarbij zijn de juiste verblijftijd en de juiste volgorde en combinatie van technieken.

#### Afscheiden

Om bepaalde inhoudsstoffen te winnen is het veelal noodzakelijk deze selectief af te zonderen van het bulkmateriaal. Hiervoor worden technieken gebruikt als centrifugeren, decanteren, gebruik van microzeven, ionenwisselaars, coagulatie e.d. Voor coagulatie wordt o.a. gebruik gemaakt van verhoogde temperatuur (bijv. bij eiwitten) of het toevoegen van bepaalde coagulatie middelen.

#### Ontwateren

Zeker voor de productie van een concentraat is het verwijderen van water essentieel. Daarvoor kunnen technieken gebruikt worden als mechanische ontwatering (persen, extruderen, PAD droogtechniek etc.), verdampen van water (m.b.v. stoom of bij milde temperaturen, sproeidrogen) of de toepassing van omgekeerde osmose. In bepaalde gevallen kan de aanwezigheid van restwarmte behulpzaam zijn bij de ontwatering. Bij het ontwateren van bioethanol wordt gebruik gemaakt van een destillatiekolom. De warmte die nodig is voor dit proces kan worden verkregen uit restwarmte van bijv. een wkk of een industrieel proces.

#### Mengen/op specificatie brengen

Voor de productie van hoogwaardige (gecertificeerde) eindproducten op basis van verschillende residuen is het mengen en op specificatie brengen van het eindproduct essentieel. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van verschillende type mengvaten, met verschillende type roerwerken.



## 7 Belangrijkste conclusies en aanbevelingen voor vervolg

Bij de agrarische sector komen grote hoeveelheden residuen vrij. Vanuit verschillende kanten ontstaan nieuwe kansen voor verwaarding (valorisatie) van deze residuen, niet alleen in de toepassing als diervoer of vergisting, maar ook in de vorm van hoogwaardige inhoudsstoffen. Deze kansen komen voort uit technische innovatie, versoepeling van de regelgeving en betere afzetmogelijkheden in de markt.

In onderstaande tabel is weergegeven welke residuen op agrarische bedrijven vrijkomen en welke biogasproductie daarmee gehaald zou kunnen worden bij vergisting.

<i>residu</i>	<i>ton vers per jaar</i>	<i>m<sup>3</sup> groen gas per ton vers (ruwe schatting)</i>	<i>m<sup>3</sup> biogas per jaar (x10<sup>6</sup>)</i>
Gewasresten, loof e.d.	6.500.000	50	325
Sorteerafval, afgekeurde partijen, overschotten	400.000	150	60
Bijproducten van eerste bewerking	200.000	100	20
Gewasresten glastuinbouw	500.000	50	25
Totaal	7.600.000		430

Opvallend is de grote hoeveelheid loofresten, die nu nog op het land achterblijft. Voor deze stroom bestaat een grote onzekerheid over de vraag of ze in de toekomst werkelijk geoogst zullen worden. Daarbij zal een afweging gemaakt moeten worden tussen kosten en opbrengsten, waarbij organische stof gehalte van de bodem en extra werkgangen bepalend zijn. De vermelde hoeveelheden sorteerafval, afgekeurde partijen en overschotten betreft een voorzichtige schatting. In jaren van grote overschotten of calamiteiten kan de genoemde hoeveelheid van 400.000 ton gemakkelijk oplopen tot 1 miljoen ton. De twee overige stromen, bijproducten eerste bewerking en gewasresten glastuinbouw zijn relatief contante stromen.

De hoeveelheden agrarische residuen is in dezelfde orde van grootte als die van agrarische residuen, die vrijkomen bij eerste bewerking in de voedings- en genotmiddelenindustrie en worden gebruikt als vochtrijke diervoeders.

### *Bioraffinage*

Er zijn verschillende projecten in uitvoering, die zijn gericht op de winning van inhoudsstoffen als farmaceutische producten, eiwitten en aminozuren, bio-ethanol, biopolymeren en vezels uit plantaardig materiaal. Ook is er sprake van een toenemende belangstelling voor veredelde gewassen met genetisch materiaal, dat de productie van bepaalde inhoudsstoffen tot expressie brengt. Of er nu sprake is van residuen of van geteelde gewassen, in vrijwel alle gevallen zal de winning van inhoudsstoffen gepaard gaan met een bepaalde bulk aan vergistbaar restmateriaal, dat strategisch en hoogwaardig voor energiewinning kan worden ingezet. Voor veel agroresiduen is sprake van overlappende velden in de toepassing als diervoer (breivoerbereiding), vergisting en compostering. Er is in deze toepassingen een cascade aan te brengen in de mate van hoogwaardigheid. In het overlappende veld loopt dit in de praktijk enigszins door elkaar, vooral vanwege de vergelijkbare prijsniveaus. Voor de verschillende toepassingen bestaan verder de nodige beperkingen in regelgeving. Door een stapje lager te gaan in de cascade worden doorgaans minder hoge eisen gesteld aan de kwaliteit van het materiaal en zijn de eisen die er vanuit regelgeving worden



opgelegd minder streng. Dit maakt de toepassing van kwalitatief mindere stromen voor vergisting relatief aantrekkelijk.

#### *Supply chain management*

In de recyclingbranche is een voortgaande trend zichtbaar naar het beter op orde krijgen van de inkomende stromen, met meer aandacht voor gesloten kringlopen, het bouwen van supply chains en het gebruik van grondstoffenbanken. Dit alles is primair gericht op continuïteit van de beschikbaarheid, een grotere homogeniteit en een betere kwaliteit van de inputstromen (vaak ondersteund door middel van certificaten). Dit alles dient te leiden tot een beter management, betere omzettingsrendementen en het vermijden van overcapaciteit in de verwerkingsketen. Deze trend in de recyclingbranche is ook zichtbaar bij de co-vergisting, waarin de verwerking van residuen vaak een grote rol speelt. In de trend naar schaalvergroting en professionalisering is behoefte van een steeds betere beheersing van inputstromen.

Locaties voor co-vergisting ontwikkelen zich in de toekomst wellicht in de richting van bioraffinageparken, waar de winning van inhoudsstoffen wordt gecombineerd met co-vergisting en waar geteelde gewassen en residuystromen steeds meer door elkaar gebruikt worden. Op basis van de vergistingswaarde van energiemais kan worden geconcludeerd dat de markt bereid is ca. € 0,15 te betalen per geproduceerde m<sup>3</sup> biogas. In de praktijk betekent dit dat voor sorteerafval en overschotten een maximumprijs van € 30 per ton betaald zou kunnen worden, alleen op basis van de vergistingswaarde. Als inhoudsstoffen gewonnen kunnen worden in combinatie met vergisting, dan is de opbrengst nog hoger (als de winning van inhoudsstoffen tenminste rendabel is).

#### *Grondstoffenbank*

De minder aantrekkelijke kanten van de inzet van agroresiduen zijn het onregelmatig vrijkomen in de loop van seizoenen en de variatie in de seizoens-samenstelling. Hierom kan het interessant zijn een grondstoffenbank aan te leggen. Op deze locaties is sprake van bewerken en bewaren van bederfelijke grondstoffen en bij voorkeur de productie van hoogwaardige concentraten, die min of meer constant van kwaliteit zijn en die op verschillende plaatsen van de biobased economy kunnen worden ingezet. Een de meest interessante concentraten is waarschijnlijk een vergistingsconcentraat.

Uit de agro – food keten zijn voorbeelden bekend van bewaarstechnieken zoals koelen, indikken, inkuilen en drogen. Het gaat hierbij steeds om het stilzetten van de biologische activiteit. Gewasresten en loof lenen zich waarschijnlijk het best voor inkuilen, terwijl sorteerafval, afgekeurde partijen en overschotten zich meer lenen voor drogen en koelen. Om de kosten zoveel mogelijk te beperken verdient het aanbeveling de inkuiltechniek op een hoger plan te brengen en deze vorm van bewaring geschikt te maken voor een veelheid aan agrarische residuen. Het bewaren in plastic sealings, zoals bij gras, verdient speciale aandacht.

De bewaring in de vorm van een concentraat betekent over het algemeen een bewerkingsstap, waarmee de residuen worden verkleind en van water worden ontdaan. Daarbij wordt in eerste instantie gedacht aan de productie van een verpompbare slurry van een min of meer constante samenstelling. Een dergelijke slurry zou bij voorkeur geproduceerd moeten worden in combinatie met de winning van inhoudsstoffen. Dit is o.a. in ontwikkeling voor residuystromen als gras, bietenblad en glasgroenten.

#### *Vormgeving organisatie van een grondstoffenbank*

Een grondstoffenbank van biomassa-grondstoffen kan op verschillende manieren worden vormgegeven, bij voorkeur op schakelpunten in de keten, waar toepassingen in de voedingsketen, de diervoerketen, de energieketen en de afvalketen elkaar raken en waar op grond van kwaliteit en prijs een scheiding kan worden aangebracht tussen verschillende toepassingen. Aanvullend kan gedacht worden aan bioraffinage centra, waar inhoudsstoffen worden gewonnen en waar het slurryrestant wordt opgewerkt tot een concentraat. Wellicht kan lokaal aanwezige restwarmte een rol spelen bij het (energiezuinig) drogen van



stromen. Dergelijke centra lenen zich voor locaties nabij bewaar- en bewerkingscentra voor humane voeding, nabij suikerfabrieken met industriële vergisters, nabij gft vergistingsinstallaties en/of regionale co-vergistingsinstallaties.

Voor de organisatie van een grondstoffenbank wordt in eerste instantie gedacht aan samenwerking in landbouwcoöperaties, eventueel aangevuld met lokale bewaarders/verpakkers van agroproducten, loonbedrijven e.d. Ook kan gedacht worden aan samenwerking met de recyclingbranche in verband met hun ervaring in het valoriseren van reststromen.

In de praktijk hebben grondstoffenbanken de functie van een logistiek verzamel-, bewerkings- en verdeelcentrum voor non-food agroproducten en residuen ten bate van de biobased economy. Deze centra bevatten voorzieningen voor op- en overslag, bewaren en bewerken van grondstoffen. Bij bewerken gaat het om installaties voor de verwijdering van verontreinigingen, verkleinen (of uitpersen), ontsluiting, afscheiding, ontwatering en mengen.

#### *Aanbevelingen voor vervolg*

Na deze verkenning verdient het aanbeveling op een aantal punten verdieping te zoeken. Onderstaande punten lenen zich voor nadere studie in het kader van de voortgaande professionalisering in de valorisatie van agroresiduen:

#### Technisch:

- aandacht voor loof: oogst- en extractietechnieken;
- inkuilen op een hoger plan brengen en breder toepassen;
- sealen m.b.v. plastic als optie voor bewaring van agroresiduen uitproberen;
- uitwerken van de scheidingsstap tussen inhoudsstoffen en slurry voor vergisting (meerdere situaties);
- ontwateringstechnieken d.m.v. omgekeerde osmose en andere vormen van energiezuinige ontwatering;
- productie van gedroogde halffabricaten m.b.v. restwarmte (bijvoorbeeld uit vergisting).

#### Economisch:

- nader inzoomen op initiatieven voor bioraffinageparken zoals Agriport A7 (Noord-Holland noord), Westland, Energyfarms volgens HarvestaGG (Flevoland) qua technische invulling en businessplan;
- als basis voor een regionale grondstoffenbank zou nader onderzoek dienen plaats te vinden naar de kwalitatieve en kwantitatieve eigenschappen van de beschikbare reststromen. Op grond van deze informatie kan een menu van halffabricaten worden bepaald met de daarbij behorende afzet. Ook kan dan gericht gezocht worden naar zinvolle aanvullingen op dit menu.
- nader onderzoek naar de stimulerende en beperkende rol van certificering van residustromen voor vergisting en andere toepassingen;
- uitwerken van logistieke optimalisatie en samenwerkingsvormen;
- nagaan mogelijkheden voor halffabricaten en hun mogelijke opbrengst in biobased toepassingen.

#### Maatschappelijk:

- ontwikkelen van een meer integrale afweging tussen verschillende gecascadeerde toepassingen van voedingsgewassen, overschotten, residuen etc. in het licht van de discussie food vs. fuel;
- ontwikkelen van een meer genuanceerd beeld van consumenten en beleidsmakers t.a.v. de verspilling van voedsel en de toepassing van residuen in de biobased economy.







## 8 Referenties

- Meeusen, M., Schroot, J., Mulder W., Elbersen, W. *Verwaarding reststroom uienbewerking*, AFSG nr. 886, 2008
- Afzet uienpellen, Uienketen nummer 1, 2011
- Groen gas uit puur gras, Nieuwe oogst 26 november 2011
- Zwart, K., Pronk, A., Kater, L. *Verwijderen van gewasresten in de open teelten*, PPO nr. 530133, 2004
- Elbersen, W, Janssens, B., Koppejan, J. *De beschikbaarheid van biomassa voor energie in de agro-industrie*, AFSG nr. 1200, 2011
- Voort M. van der, Rooij M. de, *Een inventarisatie van potentieel beschikbare biomassa in Flevoland, met name niet vastgelegde stromen*, 2011
- Rooij M. de, *Een onderzoek naar het economische rendement van biomassa reststromen uit de landbouw*, afstudeerwerkstuk bij Acrres t.b.v. opleiding tuin- en akkerbouw CAH Dronten, 2011
- 'Onderscheid tussen grond- en afvalstoffen verdwijnt' sconline 14 april 2011
- 'Biomassa, Afvalstoffen criterium gewijzigd', E-Kwadraat nieuwsbrief, oktober 2011
- Europese Afvalstoffenlijst (EURAL). [www.euralcode.nl](http://www.euralcode.nl)
- Protocol voor de beoordeling van de status van bijproduct of einde-afval van een materiaal op basis van de Kaderrichtlijn afvalstoffen (KRA), Afvalbeheer AgentschapNL
- Bijlage Aa., behorende bij artikel 4 van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet, Dienst Regeling Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie
- 'Meer ruimte voor co-mestvergisters', [www.boerenbusiness.nl](http://www.boerenbusiness.nl), 19 mei 2011
- Algemeen poortwachterprotocol voor inkoop producten en diensten van niet – GMP+ gecertificeerde bedrijven, Productschap diervoeder, 2008.
- 'Witloof: Bedrijfsafval omzetten in energie', ProeftuinNieuws 08 – april 2010
- Witlofpennen, GFaktueel, 11 april 2007
- 'De suikerbiet, een bron van duurzame energie', Cosun magazine, december 2011

NB informatie op basis van mondelinge mededelingen of presentaties zijn niet in dit overzicht meegenomen maar zoveel mogelijk direct als bronvermelding in de tekst verwerkt.