



Verwerking van digestaat van mestvergisting

Terreinverkenning van mogelijkheden tot kostenreductie

Alterra-rapport 2310
ISSN 1566-7197

A. Smit, W. Rulkens, J.P.M. Sanders, N. Verdoes, Y. Teng en D. Brunt,



WAGENINGEN UR
For quality of life



Verwerking van digestaat van
mestvergisting

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van een opdracht van de Provincie Gelderland

Verwerking van digestaat van mestvergisting

Terreinverkenning van mogelijkheden tot kostenreductie

Annemieke Smit¹, Wim Rulkens², Johan Sanders³, Nico Verdoes⁴, Charlot Teng⁵, Dorien Brunt⁵

- 1 Wageningen UR - Alterra
- 2 Wageningen UR
- 3 Wageningen UR - ATV-WVP
- 4 Wageningen UR Livestock Research
- 5 Wing

Alterra-rapport 2310

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2012

Annemieke Smit, Wim Rulkens, Johan Sanders, Nico Verdoes, Charlot Teng en Dorien Brunt, 2012. *Verwerking van digestaat van mestvergisting; Terreinverkenning van mogelijkheden tot kostenreductie*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2310. 96 blz.; 7 fig.

De provincie Gelderland is op zoek naar mogelijkheden tot kostenreductie van mestvergisting door middel van de verwerking van digestaat tot nieuwe (en waardevolle) producten. Hiervoor is een inventarisatie van beschikbare technieken voor digestaatverwerking uitgevoerd. Met ondernemers en overheden zijn drie verwerkingsopties verder uitgewerkt. Hierbij is gebleken er in de regio Achterhoek veel energie is om kansen te verzilveren. Om deze energie te benutten, wordt een aantal stappen aanbevolen:

- Zet in op het organiserend vermogen van regionale partners.
- Organiseer gezamenlijk fysieke faciliteiten, zoals geschikte locaties waar koppeling met ketenpartners kan plaatsvinden en waarvoor een vergunning beschikbaar is of komt.
- Het netwerk dat tijdens het project is ontstaan moet, om effectief te blijven, levend gehouden worden. Dit kan binnen een Community of Practice (CoP), waarin ondernemers, onderwijs, onderzoek en overheid samen optrekken, business cases uitwerken en voorgestelde vervolgstappen in samenhang met elkaar uit te voeren.

Trefwoorden: digestaat, beschikbare technieken, verwerkingsketens, Achterhoek, drogen, mineralenterugwinning, bioraffinage

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2012 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2310

Wageningen, april 2012

Inhoud

Voorwoord	7	
Samenvatting	9	
1	Inleiding	13
1.1	Aanleiding	13
1.2	Aanpak	14
1.3	Leeswijzer	15
2	Ontwikkelingsmogelijkheden voor de verwerking van digestaat	17
2.1	Verkenning van kansen en belemmeringen rond de verwerking van digestaat	17
2.2	Ontwikkelingsmogelijkheden op de Laarberg	17
2.3	Vergelijking met succesfactoren voor innovatieve clusters	19
2.4	Aanbevelingen voor vervolg: kansen benutten en de regie ondersteunen	21
2.5	Voorstel voor bundeling van acties: een Community of Practice	23
	Bijlage I Overzicht van verwerkingsmogelijkheden van digestaat	27
	Bijlage II Expertbijeenkomst I: Kansrijke ketens voor het verwaarden van digestaat	61
	Bijlage III Expertbijeenkomst II: Business cases voor het verwaarden van digestaat	83

Voorwoord

De provincie Gelderland heeft haar ambities voor de komende jaren in het Coalitieakkoord Uitdagend Gelderland uitgewerkt. Eén van die aspecten is het realiseren van energietransitie door in te zetten op meer hernieuwbare energie en op decentrale energieopwekking. Gelderland wil hierin haar verantwoordelijkheid nemen, maar wil ook nadrukkelijk kansen vanuit de markt mogelijk maken en verwacht dat andere partijen hun verantwoordelijkheid oppakken. Door samen ruimte te geven aan goede initiatieven kunnen we samen kansen benutten!

Biogas is één van de dragers van die hernieuwbare energie. De Gelderse landbouw is met haar mest een belangrijke leverancier van groene grondstoffen voor deze biogasproductie. Mestvergisting blijkt echter zonder subsidies niet rendabel. Eén van de oorzaken is het mestoverschot, waardoor afzet van de 'uitvergiste' mest een belangrijke kostenpost is. We willen hierin een omslag bereiken en dat willen we samen doen met onze partners. Door in te zetten op een groene economie, niet alleen aan het eind van de keten maar vooral ook in het begin, willen we niet alleen het mestoverschot oplossen, maar ook biogasproductie rendabel maken.

In dit project hebben wij gemerkt dat deze uitdagende ambitie door onze partners enthousiast wordt ontvangen. De samenwerking met de verschillende partijen heeft ons er ook van overtuigd, dat wij er niet alleen voor staan, maar dat door het bundelen van krachten deze ambitie samen gerealiseerd wordt.

Door in te zetten op ondernemerschap, innovatie, kennisontwikkeling in verschillende sectoren en door bedrijven met elkaar en met de Gelderse onderwijs- en kennisinstellingen te verbinden, ontstaat er kennisvalorisatie. Deze toegepaste aanpak is noodzakelijk om innovaties te realiseren. De rol die de provincie hierin actief wil oppakken is het verbinden van deze partijen, het faciliteren van het organiserend en innoverend vermogen en het bieden van ondersteuning aan concrete initiatieven van ondernemers. Hiermee hopen wij een flinke stap te zetten naar een innovatieve duurzame economie.

Roland Bus, projectleider Biogas Infrastructuur Oost Nederland, provincie Gelderland
Rita ten Dam, projectleider Leren voor Duurzame Ontwikkeling, provincie Gelderland

Samenvatting

Aanleiding en opgave

De provincie Gelderland wil groen gas stimuleren in de bredere context van energiebesparing, transitie naar hernieuwbare energie en inzet op werkgelegenheid en innovatie om te komen tot een volwaardig ontwikkelde Gelderse Energie- en Milieutechnologie (EMT) sector, die bijdraagt aan de energietransitie en biobased economy en daarin kansen pakt voor innovatie en groei.

De hoge kosten voor de afzet van digestaat, dat resteert na mestvergisting, vormen echter een belemmering bij het grootschalig opzetten van een biogasinfrastructuur. In opdracht van de provincie Gelderland hebben Wageningen UR en Wing de verschillende routes voor het verwaarden van digestaat in beeld gebracht.

Aanpak

Voor deze opdracht is een deskstudie uitgevoerd door Wageningen UR en is een proces doorlopen met ondernemers, kennishouders en overheden rond de verschillende verwerkingsopties voor digestaat. Op vrijdag 2 december 2011 organiseerde de provincie Gelderland in het provinciehuis te Arnhem een expertbijeenkomst over de verwerking van digestaat. Doel van deze eerste bijeenkomst was vooral het bouwen aan kennis en een netwerk rondom het verwaarden van digestaat, overzicht krijgen van kansen en belemmeringen en wie (of wat) nodig is om kansen te verzilveren en belemmeringen aan te pakken. Een tweede bijeenkomst op 1 februari 2012 op het Regionale bedrijventerrein de Laarberg had als doel perspectievolle business cases voor de verwaarding van digestaat te verkennen.

Perspectievolle verwerkingsopties voor digestaat

In de tweede expertbijeenkomst op de Laarberg zijn drie mogelijkheden geschetst, die naast elkaar tot ontwikkeling kunnen komen.

Mineralenterugwinning en drogen

Twee mogelijkheden richten zich op het verwerken van digestaat; mineralenterugwinning uit de dunne fractie en het drogen van de dikke fractie. De verwerking van de dikke en de dunne fractie zijn afzonderlijke trajecten, maar moeten naast elkaar bestaan, omdat na scheiding van digestaat beide fracties verwerkt moeten worden. Voor deze beide verwerkingsopties zijn de technieken beschikbaar, maar het vraagt nog om een goede koppeling van processtappen en daarmee samenwerking in de keten.

Bioraffinage

De derde mogelijkheid is bioraffinage van mais en gras. Bioraffinage resulteert in veevoer met minder mineralen, waardoor ook minder mineralen in de mest terecht komen en de plaatsbaarheid van digestaat een minder groot probleem is. De verwerking van digestaat wordt hierdoor minder urgent. Dit is een innovatieve manier om met het mestprobleem om te gaan. De technieken voor bioraffinage zijn in enkele pilots operationeel en vragen om opschaling.

In Beltrum, nabij de Laarberg, loopt op dit moment een pilot voor verwerking van digestaat met de productie van eendenkroos. Deze verwerkingsoptie is tijdens de bijeenkomst op de Laarberg niet uitgewerkt. De kansen en belemmeringen zijn daarmee niet in beeld gebracht.

Aanbevelingen voor vervolg: kansen benutten en de regio ondersteunen

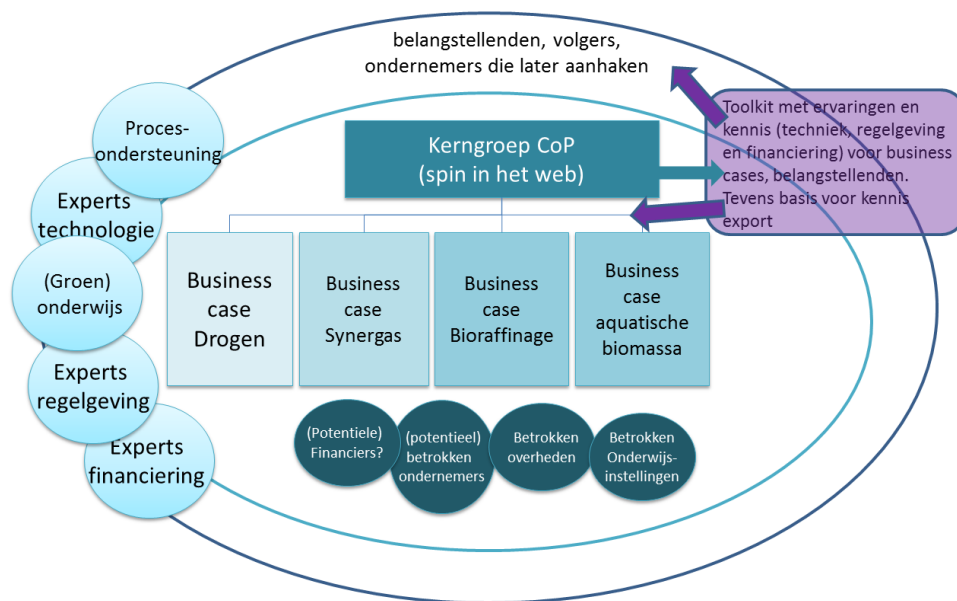
Voor de drie uitgewerkte verwerkingsopties geldt dat er veel energie van ondernemers en overheden aanwezig is om kansen te verzilveren. Omdat de energie van de ondernemers groot is, is het van belang om een aantal vervolgstappen te zetten, die deze energie bundelen en benutten:

- *Inzetten op het organiserend vermogen:* een belangrijke eerste stap is vanuit de provincie te zorgen voor een goede afstemming met regionale partners, die een rol in de regio (kunnen) hebben. Met deze partners kan worden voortgebouwd aan een groep 'trekkers'.
- *Organiseren van de fysieke faciliteiten:* een locatie is voor ondernemers interessant als er een vergunning is, of al is aangevraagd. Het traject voor de aanvraag van de vergunning vraagt veel tijd en vormt voor ondernemers een belemmering. Als voor een locatie, op de Laarberg of elders, deze stap al genomen wordt of is gedaan maakt het de locatie aantrekkelijker voor vestiging. Het aanvragen van vergunningen is dus een belangrijke stap.
- *Organiseren van de faciliteiten rond netwerken en kennisuitwisseling:* het netwerk dat tijdens het project is ontstaan moet, om effectief te blijven, levend gehouden worden. Het netwerk heeft bestaansrecht als het wordt gevoed vanuit concrete vragen en ideeën, die in de business cases worden geformuleerd en worden gebundeld binnen, bijvoorbeeld, een CoP.
- *Wegnemen van belemmeringen:* de verwerking van digestaat en de opties die in de drie business cases zijn geschetst stuiten op verschillende manieren op juridische, financiële, technische en maatschappelijke belemmeringen. Om te voorkomen dat de belemmeringen op een te hoog abstractie niveau blijven hangen en als onvoldoende urgent worden ervaren, is de aanbeveling om voor de verschillende business cases met betrokken partners *haalbaarheidsstudies* uit te voeren. Voor het traject rond drogen zijn voornamelijk vragen rond vergunning en een goede koppeling aan (rest)warmte van belang, bij de mineralenterugwinning is het belangrijk om de beste locatie te zoeken (al dan niet koppelen aan een RWZI of een mestvergistingsinstallatie) en te zoeken naar de meest optimale keten van beschikbare technieken. Daarnaast is de afzet van de producten een belangrijk punt van aandacht. Voor bioraffinage is het van belang om, behalve een locatie, de aanvoer van biomassa en de afzetmogelijkheden van de producten in beeld te krijgen.

Een manier om deze voorgestelde vervolgstappen in samenhang met elkaar uit te kunnen voeren is deze te laten plaatsvinden binnen een Community of Practice (CoP), waarin ondernemers, onderwijs, onderzoek en overheid samen optrekken. Binnen zo'n CoP kunnen naast elkaar de drie business cases (eventueel aangevuld met de teelt van aquatische biomassa) verder worden uitgewerkt richting concrete combinaties van bedrijven en locaties. Voor de verschillende businesscases zijn al concrete eerste stappen benoemd. In de 'koepel' worden de meer algemeen geldende belemmeringen geadresseerd en aangepakt.

Om de CoP te realiseren is organiserend vermogen nodig. Hoewel het er op lijkt dat er in de regio Achterhoek verschillende personen en organisaties zijn, die in ieder geval een deel van de regio op lijken te pakken, is het nog niet duidelijk waar de rol van spin in het web of trekker belegd kan worden.

CoP het 'goud van Groenlo'

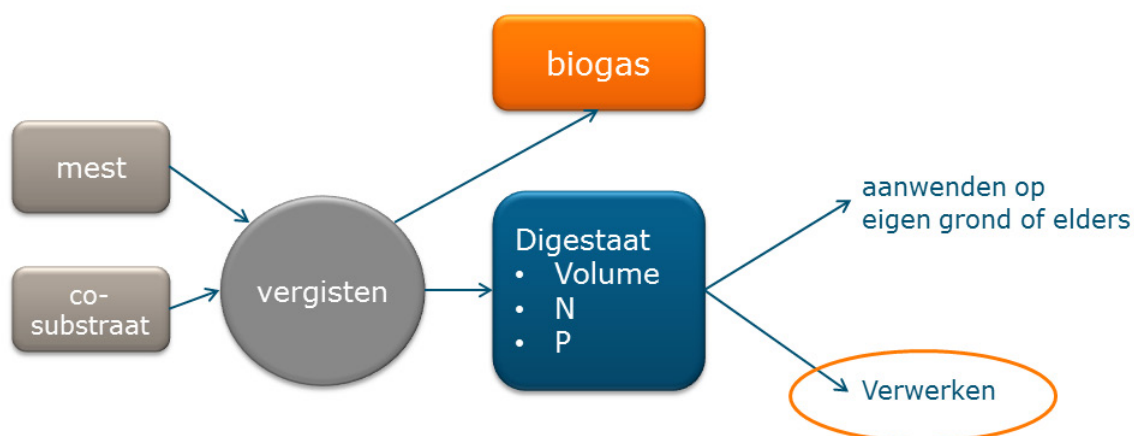


1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De provincie Gelderland heeft zich tot doel gesteld de productie van bio-energie in Gelderland te stimuleren. Vergisting van dierlijke mest en van andere biomassa(rest)stromen wordt door de provincie aangemerkt als potentieel de meest kansrijke optie om aan dit doel te beantwoorden. In dat kader wordt er gewerkt aan het focusproject Biogas Infrastructuur Oost Nederland (BION), met als doel om collectieve netwerken van producenten en afnemers van biogas te realiseren, en knelpunten weg te nemen die het rendabel produceren van biogas in de weg staan.

Bij de vergisting van mest resteert digestaat en, als digestaat niet op eigen land kan worden aangewend, leidt de afzet of verwerking van digestaat tot een aanzienlijke kostenpost. Dit is één van de redenen waardoor de grootschalige toepassing van biogas-installaties wordt belemmerd. De uitdaging is om samen met ondernemers, die biogas en digestaat produceren, de belemmering te identificeren en weg te nemen en gezamenlijk te zoeken naar een duurzame, technisch en economische verwerking van digestaat. De verwachting is dat daardoor meer ondernemers mest gaan vergisten en de biogasproductie in Gelderland toeneemt.



Figuur 1

Mest wordt, al dan niet met co-substraat, vergist. Naast biogas resteert er digestaat. Dit heeft een bepaald volume en bevat mineralen (o.a. N en P). In Gelderland wordt er meer mest geproduceerd dan dat er plaatsingsruimte is. Het deel van het digestaat dat niet kan worden aangewend op eigen land moet worden verwerkt.

De afzet van digestaat kost ongeveer € 15/ton, dat is 20 - 40% van de totale kosten van vergisting van mest en biomassa¹. Er wordt daarom gezocht naar mogelijkheden tot kostenverlaging. Hierbij is vooral gekeken naar alternatieven voor verwerking van digestaat tot vermarktbare producten waarvoor een afzet gevonden kan worden in de landbouw als meststof dan wel tot verwerkingsroutes die digestaten omvormen tot grondstoffen die buiten de landbouw kunnen worden afgezet. Er is ook sturing aan de input mogelijk. Door bioraffinage van grondstoffen en ruwvoeders in Nederland kan de hoeveelheid mineralen in veevoeder verlaagd of voorkomen worden en dit draagt bij aan het gemakkelijker sluiten van kringlopen en mogelijk een effectievere verwerking van het digestaat.

1.2 Aanpak

Voor een duurzame toepassing van vergisting van dierlijke mest en biomassa, moeten voor de verwerking van het digestaat goede alternatieven worden gezocht en geconcretiseerd. Hiervoor is een gestructureerd samenspel nodig van overheid, onderzoek en ondernemers en is betrokkenheid van onderwijs en omgeving (o.a. burgers, markt, werknemers) van belang (5 o's). Daarom is voor een interactieve aanpak gekozen om deze alternatieve toepassingen te ontwikkelen. Hierbij is op basis van de ervaringen uit de praktijk, het onderzoek en de actoren die een rol spelen bij de verwerking en afzet van digestaat naar een duurzame technische en economisch rendabele oplossing gezocht. Door de combinatie van Wageningen UR en Wing in één projectteam konden inhoud en proces goed worden samengebracht.

De verwerkingstechnieken moeten niet alleen economisch haalbaar zijn, maar de technologie moet ook beschikbaar zijn en er moet sprake zijn van inpasbaarheid in de regio (bijvoorbeeld arbeidskracht, omwonenden, locaties). Wanneer een verwerkingstechniek verder wordt ontwikkeld, moet er ook worden nagedacht over de beschikbaarheid van grondstoffen (seizoensafhankelijkheid) en transport.

Er is een deskstudie uitgevoerd, waarbij een globaal overzicht is gemaakt van bestaande technieken. Hierbij zijn we uitgegaan van vergisting van mest en covergistingsmateriaal, met digestaat als restproduct dat in principe gebruikt kan worden als meststof. Bovendien is het overzicht afgebakend op perspectieven voor toepassingen van digestaat die op korte en middellange termijn gerealiseerd kunnen worden. Perspectieven die zich op lange termijn kunnen aandienen, worden slechts globaal uitgewerkt. In de beschrijving en evaluatie zijn de duurzaamheidsaspecten, zoals in de vorige alinea beschreven, globaal als leidraad gebruikt. Haalbaarheid en duurzaamheid van de toepassing zijn kwalitatief geschetst.

Het overzicht van verwerkingsopties en de inschatting van de haalbaarheid ervan heeft aan de basis gestaan voor de genodigdenlijst van de eerste expertbijeenkomst. Deze bijeenkomst, gehouden op 2 december 2011, had als doel het bouwen aan kennis en het vormen van een netwerk rondom het verwaarden van digestaat. Verder was de bijeenkomst bedoeld om een overzicht te krijgen van kansen en belemmeringen en wie (of wat) nodig is om kansen te verzilveren en belemmeringen op te lossen.

De tweede expert bijeenkomst, op 1 februari 2012, was gericht op het zetten van een eerste stap richting één of meerdere business cases rond de verwerking van digestaat c.q. het verwaarden van meststromen. Op verzoek van de regio Achterhoek vond deze bijeenkomst plaats op het regionaal bedrijventerrein de Laarberg in Groenlo. De resultaten uit deze strategische verkenning kunnen echter ook van nut zijn voor andere locaties in Gelderland.

¹ Lensink, S.M., J.A. Wassenaar, M. Mozaffarian, S.L. Luxembourg en C.J. Faasen, 2011. Basisbedragen in de SDE 2012. Conceptadvies ten behoeve van de marktconsultatie. ECN-rapport: ECNE-11-046.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 omvat een schets van de mogelijkheden op de Laarberg, zoals deze zijn benoemd in de tweede expert bijeenkomst, een analyse van de ontwikkelingen rond digestaatverwerking en een voorstel voor een actieplan om de ontwikkeling, die tijdens de loop van deze eerste fase in gang zijn gezet, verder te ondersteunen.

In dit rapport is ervoor gekozen om alle achtergrondinformatie van de desk studies en de verslagen van de expertbijeenkomsten in de bijlagen te plaatsen. Het uitgebreide overzicht van beschikbare en in ontwikkeling zijnde verwerkingstechnieken voor digestaat zijn weergegeven in bijlage 1. Dit overzicht is uitgewerkt in beschrijvingen van de technieken, waarbij niet alleen de techniek beschreven wordt, maar ook wordt gekeken naar de duurzaamheidsaspecten. De resultaten uit de expertbijeenkomsten zijn beschreven in bijlage 2 en 3.

2 Ontwikkelingsmogelijkheden voor de verwerking van digestaat

2.1 Verkenning van kansen en belemmeringen rond de verwerking van digestaat

Tijdens een eerste expert bijeenkomst op het provinciehuis in Arnhem (2 december 2011) werd vooral gewerkt aan het bouwen van een kennisnetwerk rondom het verwaarden van digestaat. Verder was het doel overzicht te krijgen van kansen en belemmeringen en wie (of wat) nodig is om kansen te verzilveren en belemmeringen aan te pakken, en een eerste stap zetten om te komen tot een businesscase.

Bij de bijeenkomst waren meer dan 35 ondernemers en vertegenwoordigers van kennis- en onderzoeksinstituten en overheid (de 'gouden driehoek'). Vrijwel alle uitgenodigde partijen waren aanwezig en verscheidene ondernemers spraken hun waardering uit over het initiatief en de manier waarop zij hun kennis konden delen tijdens de bijeenkomst. De bijeenkomst werd uitgebreid benut om professioneel te netwerken. Belangrijke conclusies van de bijeenkomst zijn dat er rond het verwaarden van digestaat - en in bredere zin het bouwen aan de 'biobased economy' - in Gelderland behoefte is aan:

- *Kennisontwikkeling, -ontsluiting en delen van kennis in de keten.*
Dit is opgepakt in de vorm van het organiseren van een tweede bijeenkomst, waarin het delen van kennis verder werd voortgezet. Daarnaast zijn de beschikbare technieken in factsheets beschreven en in bijlage 1 van dit rapport geplaatst.
- *Wegnemen van belemmerende wet- en regelgeving en ingewikkelde procedures.* Naast technologische belemmeringen en de economische haalbaarheid zijn er bij de verwerking van digestaat belemmeringen voor de duurzame afzet van mineralen, juridische belemmeringen en belemmeringen van maatschappelijke aard.

Voor de afzet van digestaat is kwalificering van producten in de verwerkkingsketen (een 'kwaliteitslabel') belangrijk, vooral voor eindproducten, maar ook voor de kwaliteit van input in de vergister. Met heldere kwalificeringen kan de markt zich organiseren. Het Rijk en de EU staan hiervoor aan de lat.

Daarnaast is het vinden van locaties voor de verwerking van digestaat vaak lastig, evenals het doorlopen van de benodigde vergunningentrajecten. Consistent beleid en het stroomlijnen van procedures zijn hiervoor belangrijk. Gemeente en provincie kunnen hiervoor de regie nemen en inzetten op heldere randvoorwaarden en een gestroomlijnde doorloop van het vergunningentraject. Hiervoor is ook de samenwerking tussen provincie en gemeenten belangrijk.

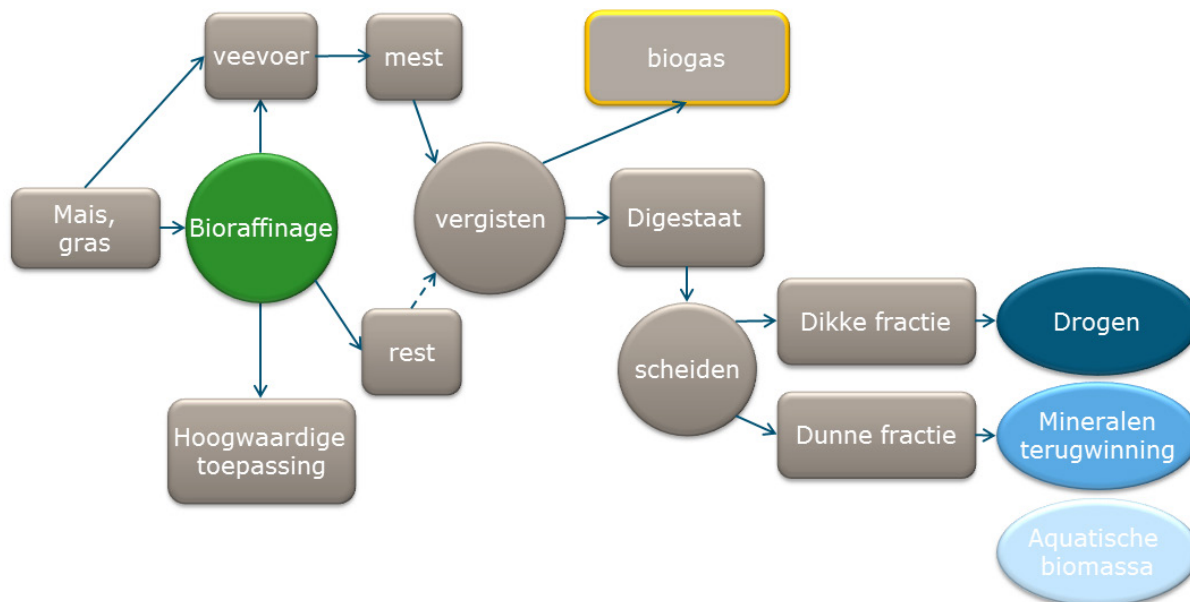
Een derde soort belemmeringen voor de afzet van digestaat heeft te maken met de maatschappelijke kosten en baten. Voor verwerkingsopties die nu groots ingezet kunnen worden, zoals mineralenconcentraten, zijn de maatschappelijke kosten nog erg hoog. Er zijn verschillende stappen nodig die veel energie en chemicaliën kosten, terwijl in de verwerkingsoptie weinig waarde wordt toegevoegd.

2.2 Ontwikkelingsmogelijkheden op de Laarberg

Drie verwerkingsopties naast elkaar

Tijdens de tweede expertbijeenkomst op de Laarberg zijn drie mogelijkheden geschetst, die naast elkaar tot ontwikkeling kunnen komen. Twee mogelijkheden richten zich op het verwerken van de dunne en de dikke fractie van digestaat, de derde mogelijkheid zet juist in op het voorkomen van het probleem van de

plaatsbaarheid van mineralen in digestaat. Nabij de Laarberg wordt de teelt van aquatische biomassa op de dunne fractie van digestaat ontwikkeld. Deze ontwikkeling is tijdens de bijeenkomst niet als business case uitgewerkt en besproken en wordt daarom in deze rapportage niet verder beschreven.



De verwerking van de droge fractie is technisch mogelijk en kan, als er een vergunning en voldoende bronnen van warmte zijn, op de Laarberg worden gestart. De vergunningaanvraag is, volgens de resultaten van de bijeenkomst op 1 februari 2012 een belangrijke (en vaak remmende) stap, die snel gestart moet worden. De energie en het enthousiasme in de groep en de bereidheid van een aantal partijen, waaronder de gemeente Berkelland, om hier te ondersteunen zijn positief. Vervolgens is het van belang om verbinding te zoeken met andere bedrijven op het terrein van de Laarberg en zo de koppeling van warmte- en energiestromen in gang te zetten.

De verwerking van de dunne fractie door terugwinning van mineralen is ook technisch haalbaar. De technieken zijn beschikbaar, een goede afstemming en ketenvorming is hier van belang en daarvoor is een haalbaarheidsstudie nodig. Hoeveel digestaat verwerkt kan worden, met welke opeenvolging van technieken en welke afzetmarkten er bestaan voor de producten met verschillende mineralen zijn een aantal vragen die in de haalbaarheidsstudie aan de orde moeten komen. Hier is mogelijk nog wel een kennis-impuls nodig om tot een zo optimaal mogelijke keten te komen waarin technieken, uitgangsmaterialen en (deel)producten goed op elkaar aansluiten.

De verwerking van de dikke en de dunne fractie zijn afzonderlijke trajecten, maar bestaan naast elkaar, omdat na scheiding van digestaat beide fracties verwerkt moeten worden.

Een ander traject, dat van bioraffinage van maïs en gras, is erop gericht uiteindelijk de hoeveelheid mineralen in de mest te verminderen waardoor de verwerking van digestaat minder urgent wordt. Dit traject kan op relatief kleine schaal beginnen en afhankelijk van de afzetmarkt meegroeien. Hier is, naast de afzetmarkt, de aanvoer van biomassa, de logistiek en de andere manier van denken over de waarde van gras en maïs, onderdeel van een haalbaarheidsstudie.

Proces om te komen tot ontwikkeling (kansen om te verzilveren)

De verkenningfase, zoals deze op 1 februari is uitgevoerd, kan vervolg krijgen in een proces met verschillende sporen. Voor alle sporen geldt dat ondernemers uit de regio de lead krijgen, bijgestaan door kennisontwikkeling in instellingen en een coöperatieve opstelling van overheden. Een innovatiecentrum kan daarop regie voeren. Concreet zijn uit de werkbijeenkomst op 1 februari 2012 de volgende acties voorgesteld:

- opstarten van een vergunningentrajec voor het bouwen van een keten rond het drogen van digestaat op de Laarberg. BV De Laarberg staat hiervoor aan de lat. Parallel hieraan kan de business case verder worden uitgewerkt in een haalbaarheidsstudie, waarbij aandacht besteed moet worden aan welke producten worden geleverd, hoeveel warmte is er, welke vragers, welk aanbod etc. Een aantal aanwezige ondernemers heeft aangegeven mee te denken en doen, de gemeenten stellen zich coöperatief op en denken mee.
- voor de zomer afronden van een haalbaarheidsstudie rond waterzuivering en terugwinning van mineralen naar de meest geschikte locatie door ondernemers met Wageningen UR. Na de zomer een proefinstelling op deze locatie instellen.
- een haalbaarheidsstudie naar bioraffinage (opschalen van de pilot van Byosis en/of Grassal) door ondernemers en Wageningen UR. Ook voor de haalbaarheidsstudies geldt dat een aantal aanwezige ondernemers heeft aangegeven mee te willen denken en doen.

Wanneer we de spreekwoordelijke 'springplank' met veel slagkrachtige partijen 'flink laten doorbuigen' dan volgt daarop een krachtige 'acceleratiefase' en kan de Achterhoek een top-regio worden op het gebied van energie en milieu-technologie. Dat gebeurt niet vanzelf. Om in het beeld van de 'springplank' verder te gaan: er moet wel actief gesprongen worden door de betrokken partijen, en er is wel enige coördinatie nodig om dat voor elkaar te krijgen.

Wegnemen van belemmeringen blijft belangrijk

Ook in een omgeving waar de energie, de mensen en de wil om te ontwikkelen aanwezig zijn, is het belangrijk om oog te houden voor de belemmeringen, die ook al tijdens de eerste expertmeeting zijn benoemd. Deze belemmeringen zullen ook tijdens de haalbaarheidsstudies de kop weer opsteken en vragen om een aanpak, die over de business cases heen gaat. Wanneer de haalbaarheidsstudies verder worden uitgewerkt, komen er ook weer nieuwe (technologische) kennisvragen op. Welke aaneenschakelingen van technieken (ketens) optimaal zijn is vooraf niet altijd duidelijk. Een opeenvolging van 'optimale' technieken kan als keten minder goed functioneren omdat de stof- en (warmte)energiestromen onvoldoende benut worden. Dit is afhankelijk van veel factoren, zoals de partijen die een rol spelen en het uitgangsmateriaal. Daarmee is het ontwerpen van digestaatverwerkingsketens maatwerk.

2.3 Vergelijking met succesfactoren voor innovatieve clusters

In de door het LEI en Kennisalliantie uitgegeven brochure over De biobased economy in Zuid-Holland (Broens et al., 2011²) worden vijf stappen voor een versnelde groei gegeven. De vijf factoren moeten in voldoende mate aanwezig zijn en het organiserend vermogen moet zich richten op groeistrategieën die op verschillende momenten en omstandigheden ingezet kunnen worden.

²Broens, D.F., S. van der Wal, T. Noordman en T. Bakker, 2011. De biobased economy in Zuid-Holland: vijf stappen voor versnelde groei. LEI, onderdeel van Wageningen UR, 2011. (<http://edepot.wur.nl/184706>)



Figuur 2

Ingrediënten van een succesvol functionerend innovatiesysteem (Broens et al., 2011).

1) Onderzoek en ontwikkeling. De eerste factor in het model is onderzoek en ontwikkeling, ofwel in hoeverre toponderzoek wordt verricht door universiteiten en bedrijven. Daarbij komt kennisontwikkeling voort uit investeringen van zowel private als publieke partijen.

2) Human resources. In deze factor staat de aanwezigheid van talent in de vorm van onderzoekers, promovendi en studenten centraal. Maar vooral ook in de vorm van ondernemers die de markt verkennen en nieuwe kansen ontwikkelen.

3) Investeringssysteem. De aanwezigheid van financiële middelen vanuit marktpartijen en vanuit de overheid vormt de derde factor in het model. Hierbij kan gedacht worden aan subsidies en garantstellingen, leningen en de beschikbaarheid van risicokapitaal.

4) Faciliteiten. De vierde factor in het model omvat ondernemersfaciliteiten, in de vorm van incubators, bedrijvenparken en (informele) netwerken. Binnen deze locaties worden gezamenlijke faciliteiten gedeeld en worden kennis en ervaring uitgewisseld.

5) Organiserend vermogen. Deze vijfde factor in het model is de noodzakelijke spin in het web die zorgt voor een succesvol cluster, omdat juist het organiserend vermogen meerwaarde laat ontstaan uit het geheel van de delen. Een succesvolle cluster moet zodanig georganiseerd worden dat de overige succesfactoren elkaar onderling weten te vinden, en dat ze gezamenlijk de doorloop van kennis naar commerciële exploitatie van begin tot eind ondersteunen.

Tijdens de bijeenkomst op de Laarberg op 1 februari 2012, maar ook tijdens het congres 'De Achterhoek, voedingsbodemp voor nieuwe economie' op 10 februari 2012 in Groenlo, zijn de eerste twee factoren (**onderzoek, ontwikkeling en human resources**) nadrukkelijk besproken. Daarbij is opgemerkt dat er zowel vanuit Wageningen UR, de HAN als TU-Twente onderzoek en hoger opgeleide mensen kunnen worden 'geleverd', maar dat een mogelijk groot knelpunt zit in de goed opgeleide mensen in de uitvoering en de maakindustrie. Tot nu toe zijn 'Technasia' en de ROC's nog niet aangehaakt bij het traject. Bij verdere uitwerking van de haalbaarheidsstudies bestaat een grote kans dat er nog een groot aantal technische kennisvragen opkomen, die bij een universiteit of kennisinstelling belegd kunnen worden. Daarnaast is er ook kennis nodig over hoe in de regio de 'andere kijk op veevoer, mest en mineralen' ontwikkeld kan worden. Het gaat hier namelijk om een in potentie groot aantal agrarisch ondernemers, naast de 'nieuwe ondernemers' die zich met de verwerking van digestaat of biomassa bezighouden.

Een andere vraag is hoe ‘nieuwe ondernemers’ en hun potentiële werknemers geïnteresseerd kunnen worden om in de regio de Achterhoek te gaan werken en leven. Veel jongeren trekken juist tijdens hun studie uit het gebied weg en zoeken, bij gebrek aan geschikt werk, hun toekomst elders (tafelgesprek op 10 februari). De derde succesfactor, **investeringsstelsel**, is tijdens alle bijeenkomsten benoemd, maar dit is nog oppervlakkig gebleven. Vanuit de Laarberg wordt gedacht aan een revolving fund. Voor de garantstellingen, maar ook met het oog op het verminderen van onzekerheden vanuit regelgeving en beleid bleek dat daarvoor de provincie vaak gezien wordt als een belangrijke partij. Tijdens de eerste bijeenkomst werd er gesproken over een ‘accountmanager’ bij de provincie, die als aanspreekpunt dient en voorkomt dat ondernemers bij veel verschillende (en elkaar onderling tegensprekende) provincie medewerkers terecht komen. Op het gebied van de **faciliteiten** zijn ook ontwikkelingen in gang gezet. De bijeenkomst op de Laarberg was daar ook op gericht. In combinatie met de wens van de Laarberg om high-tech maakindustrie, agro food en duurzame energie met elkaar te verbinden, lijkt hier de fysieke faciliteit in ontwikkeling te zijn. De faciliteiten in de vorm van netwerken bleken nog niet goed ontwikkeld te zijn. De grote interesse voor beide bijeenkomsten duidt op een behoefte aan momenten van kennis vergaren en uitwisselen. Veel ondernemers bleken elkaar of elkaars werk nog niet of slechts in geringe mate te kennen. Na twee bijeenkomsten is een groot aantal contacten gelegd. Er lijkt vanuit de deelnemers en ook vanuit de mensen die op het congres in Groenlo (10 februari) aanschoven wel belangstelling te zijn om de uitwisseling van kennis, maar ook van ervaringen met de eerder genoemde belemmeringen en ontwikkelingen, verder uit te breiden. Hiervoor is wel een trekker nodig. Daarmee komt als vanzelfsprekend de vijfde succesfactor in beeld. De spin in het web, het **organiserend vermogen**, die in staat is ondernemers en succesfactoren te verbinden en groeistrategieën³ uit te zetten. Hoewel het er op lijkt dat er in de regio verschillende personen en organisaties zijn die in ieder geval een deel van de regie op lijken te pakken, is nog niet duidelijk in beeld waar de rol van spin in het web of trekker belegd kan worden. Kijkend naar het model van Broens et al. (2011) en de ontwikkelingen na de tweede expertbijeenkomst waarbij verschillende plannen en teksten werden geproduceerd voor innovatiecontracten en mogelijke Green Deals, lijkt hier een essentiële schakel te ontbreken of nog niet in beeld te zijn.

2.4 Aanbevelingen voor vervolg: kansen benutten en de regie ondersteunen

Tijdens de twee expertbijeenkomsten is gebleken dat het verwerken van digestaat leeft. Het grote aantal aanmeldingen voor beide bijeenkomsten getuigt van een grote betrokkenheid van ondernemers en overheden. Deze energie moet goed benut worden. Er zijn enkele concrete acties voorgesteld, die snel opgenomen kunnen worden, maar wellicht wel om enige coördinatie vragen.

Voortkomend uit voorgaande analyse bevelen we aan om de ontwikkeling van biogasproductie en het verkleinen van het mest- en mineralenoverschot te ondersteunen vanuit drie ‘pijlers’:

1. Inzetten op het organiserend vermogen.

Een spin in het web, die een grote verantwoordelijkheid heeft bij de ontwikkelingen in de Achterhoek, of zelf op de Laarberg, moet daar ook mandaat en ondersteuning bij hebben. Dit kan een grotere groep ondernemers zijn, die actief is bij het ontwikkelen van business cases, uitvoeren van haalbaarheidsstudies en het aanvragen van vergunningen. Daarnaast is commitment vanuit gemeenten en provincie onontbeerlijk, om de ontwikkelingen te ondersteunen. Hierbij verwijzen we naar de wens vanuit de eerste expertbijeenkomst om een ‘accountmanager’ bij de provincie.

Eerste vervolgstap Een belangrijke eerste stap is vanuit de provincie te zorgen voor een goede afstemming met regionale partners, die een rol in de regie (kunnen) hebben. Met deze partners kan worden

² Broens et al., (2011) noemen vijf strategieën (consolideren, acquireren, kopiëren, valoriseren en combineren)

voortgebouwd aan een groep 'trekkers'. Deze groep kan een cruciale rol hebben binnen een Community of Practice (CoP), zoals in § 2.5 wordt voorgesteld.

2. **Organiseren van de faciliteiten**

De *fysieke faciliteiten* zijn deels al aanwezig, zoals locaties van RWZI's en de (proef)opstellingen bij Groot Zevert in Beltrum, maar moeten ook nog worden ontwikkeld. In principe is het terrein de Laarberg bij Groenlo welwillend en ziet de ontwikkelingen met zeer grote belangstelling tot wasdom komen.

Eerste vervolgstappen Een locatie is voor ondernemers interessant als er een vergunning is, of reeds is aangevraagd. Het traject richting de vergunning vraagt veel tijd en vormt voor ondernemers een belemmering. Wanneer voor een locatie, op de Laarberg of elders, deze stap al genomen wordt of is gedaan maakt het de locatie aantrekkelijker voor vestiging. Het aanvragen van vergunningen is dus een belangrijke stap. Voor de verwerking van de dunne fractie is nog niet duidelijk wat de meest geschikte locatie is. Er zou een studie moeten worden gedaan om de voor- en nadelen van koppeling aan RWZI, mestvergister of juist een bedrijventerrein goed in beeld te krijgen.

De *faciliteiten rond netwerken en kennisuitwisseling* vragen aandacht. De beide bijeenkomsten, die in het kader van het project zijn georganiseerd, voorzagen in een behoefte. Het mobiliseren en benutten van kennis bij ondernemers, onderwijsinstellingen en onderzoekers was zeer effectief en heeft geleid tot activiteit van meerdere deelnemers aan de bijeenkomsten.

Eerste vervolgstap Dit netwerk moet, om effectief te blijven, levend gehouden worden. Het heeft bestaansrecht als het wordt gevoed vanuit concrete vragen en ideeën, die in de businesscases worden geformuleerd en worden gebundeld binnen een CoP (zie § 2.5).

3. **Wegnemen van belemmeringen**

De verwerking van digestaat en de opties die in de drie business cases zijn geschetst stuiten op verschillende manieren op juridische, financiële, technische en maatschappelijke belemmeringen. Belemmeringen, die met regelgeving te maken hebben, kunnen samenhangen met tegengestelde belangen, maar ook met onbekendheid of onduidelijkheid. Juist op de laatste twee aspecten kunnen met een goede regie en contacten met de betreffende overheid stappen worden gezet, de (schijnbaar) tegengestelde belangen kunnen in enkele gevallen (tijdelijk) worden opgelost met een Green Deal. Ook hiervoor is het van belang dat verschillende ondernemers en overheden samen optrekken, en dat hier duidelijk regie op gevoerd wordt.

Financiële belemmeringen hebben niet alleen te maken met investeringen, maar ook met de markt. Zo werd tijdens de eerste expertbijeenkomst genoemd dat er geen keurmerk is voor producten die uit digestaat worden geproduceerd. Hier bestaat ongetwijfeld synergie met de mestverwerking en kan met die ontwikkeling samen worden opgetrokken.

Technologische belemmeringen spelen bij alle verwerkingsopties een rol, ondanks dat in enkele gevallen de technieken beschikbaar en bruikbaar zijn. Juist de goede koppeling van technieken in een verwerkingsketen, leidt tot knelpunten die van technologische aard zijn. Het oplossen van deze knelpunten is niet alleen een kostenpost, ook een investering in kennis, die elders toegepast kan worden.

Maatschappelijke belemmeringen kunnen betrekking hebben op de omgeving (bewoners en bedrijven binnen een bepaalde straal om de verwerkingsbedrijven heen) of op de potentiële 'partners' in de keten. De leveranciers of afnemers van andere producten, dan tot nu toe gebruikelijk, zoals vooral in de business case bioraffinage aan de orde is. Ook hier is de spin in het web van belang.

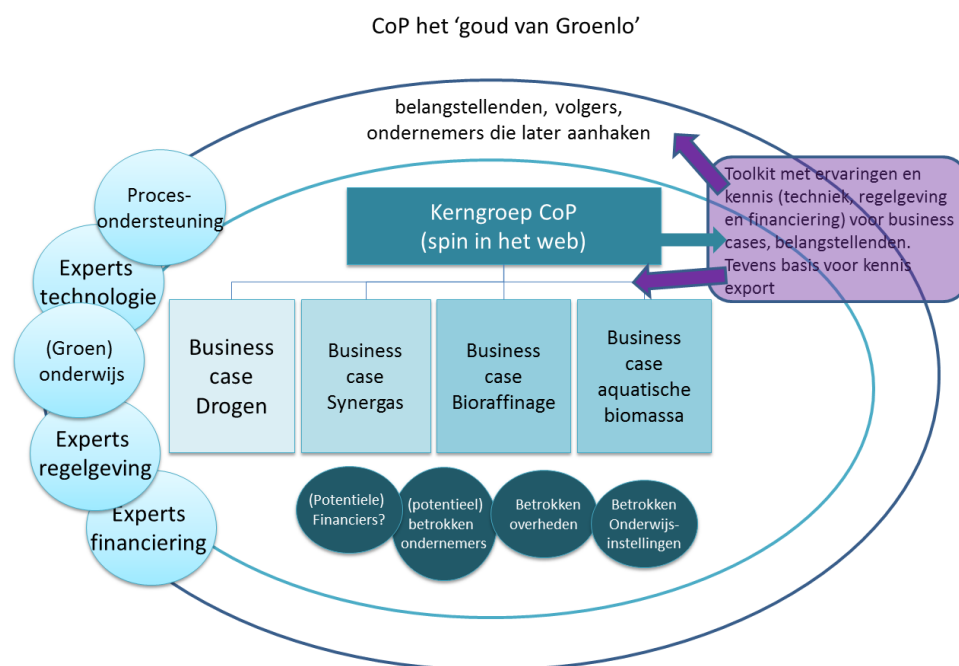
Eerste vervolgstappen Om te voorkomen dat de belemmeringen op een te hoog abstractie niveau blijven hangen en als onvoldoende urgent worden ervaren, is de aanbeveling om voor de verschillende business cases met betrokken partners *haalbaarheidsstudies* uit te voeren. Deze actie is door de deelnemers van de tweede bijeenkomst vanuit de drie groepen benoemd. Voor het traject rond drogen zijn voornamelijk vragen rond vergunning en een goede koppeling aan (rest)warmte van belang, bij de mineralenterugwinning is het belangrijk om de beste locatie te zoeken (al dan niet koppelen aan een RWZI of een mestvergistingsinstallatie) en te zoeken naar de meest optimale keten van beschikbare technieken.

Daarnaast is de afzet van de producten een belangrijk punt van aandacht. Voor bioraffinage is het van belang om, behalve een locatie, de aanvoer van biomassa en de afzetmogelijkheden van de producten in

beeld te krijgen. Hier zijn goede mogelijkheden om tot een regionale keten te komen, maar het vraagt om een verdere uitwerking met de betrokken ondernemers, overheden en potentiële financiers. De verschillende uitwerkingen zullen belemmeringen identificeren, die voor een deel sterk overeenkomen. Vanuit een CoP, waarin een goede uitwisseling van kennis plaats vindt, kunnen de krachten om deze belemmeringen weg te nemen worden gebundeld.

2.5 Voorstel voor bundeling van acties: een Community of Practice

Een manier om de aanbevolen vervolgstappen in samenhang uit te voeren is het opzetten van een Community of Practice (CoP), waarin ondernemers, onderwijs, onderzoek en overheid samen optrekken. Binnen de CoP (zie figuur) kunnen naast elkaar de drie business cases verder worden uitgewerkt, terwijl er in de 'koepel' de meer algemeen geldende belemmeringen worden geadresseerd en aangepakt.



In de CoP zijn de ondernemers en lokale belanghebbenden actief. Kenmerkend voor een CoP is dat de deelnemers vanuit een eigen belang en motivatie in de CoP actief zijn. Zij werken de business cases verder uit in de lijn van het werk dat tijdens de bijeenkomst op de Laarberg is ingezet, adresseren specifieke en meer algemene (kennis)vragen en belemmeringen en delen onderling ervaringen. Naast de businesscase-werkgroepen staat een kerngroep. Deze kerngroep fungeert als trekker van de CoP, organiseert waar nodig bijeenkomsten, verzamelt de verworven kennis voor een toolkit en zorgt er voor dat, vooral voor de generieke belemmeringen en vragen, kennis van buiten de CoP aangevraagd en ingezet wordt. Experts met kennis van technologie, regelgeving of financiering worden gevraagd hun kennis in te brengen en mee te werken aan het wegnemen van de belemmeringen. Deze experts worden in veel gevallen ingehuurd. Daarvoor moet budget beschikbaar zijn.

Inhoud

Bijlage I	Overzicht van verwerkingsmogelijkheden van digestaat	27
Bl.1	Inleiding	27
Bl.2	Verwerken van de dikke fractie	28
Bl.2.1	Drogen van mestkoek	28
Bl.2.2	Verbranden van mestkoek	30
Bl.2.3	Vergassing van mestkoek	31
Bl.2.4	CERES proces	32
Bl.2.5	Hydrothermolyse (hydrothermale vergassing / superkritieke watervergassing) van mest	33
Bl.2.6	Pyrolyse van mestkoek	35
Bl.2.7	HTU (Hydro Thermal Upgrading) van natte mestkoek	37
Bl.3	Verwerken van de dunne fractie	38
Bl.3.1	Productie van mineralenconcentraten uit dunne mestvloeistof	38
Bl.3.2	Terugwinning van NH ₃ (en PO ₄) uit dunne mestvloeistof door struvietvorming	40
Bl.3.3	Variant op terugwinning van NH ₃ uit dunne mestvloeistof door vorming van struviet: proces 3.2, gevolgd door struvietontleding, absorptie van NH ₃ in een zuur en hergebruik van MgHPO ₄	42
Bl.3.4	Strippen van ammoniak uit de dunne mestvloeistof en absorptie van ammoniak in zwavelzuur	44
Bl.3.5	Biologische afbraak van NH ₃ in de dunne mestvloeistof	46
Bl.3.6	Verwerking mest en mestfracties op een RWZI	49
Bl.3.7	Forward osmosis voor verdere concentrering van mineralen bevattende vloeistoffenvloeistof	51
Bl.3.8	Eendenkroosteelt voor de verwerking van de dunne fractie	51
Bl.3.9	Algenproductie voor de verwerking van de dunne fractie	53
Bl.4.	Verwerken van de ongescheiden digestaat	55
Bl.4.1	Strippen ammoniak uit gehele digestaat en absorptie van ammoniak in zwavelzuur	55
Bl.4.2	Verwerking digestaat op een RWZI	55
Bl.4.3	Hydrothermolyse van mest of digestaat	55
Bl.5	Vergisting en co-vergisting	56
Bl.5.1	Verhoging biogasproductie	57
Bl.5.2	Optimalisatie van het vergistings proces	57
Bl.5.3	Decentrale boerderijvergister (500 m ³)	58

Bijlage I Overzicht van verwerkingsmogelijkheden van digestaat

Auteurs: W. Rulkens, N. Verdoes en J. Sanders

Bl.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een korte beschrijving gegeven met aanvullende relevante informatie over de technieken die op korte of lange termijn toepasbaar zijn in de praktijk of zich nog in de onderzoeksfase bevinden. De kerntechnologie/techniek wordt vermeld; daarnaast worden (voor zover relevant) ook de gewenste voor en nastappen vermeld die bij toepassing van deze kerntechnologie van belang kunnen zijn. Op deze manier wordt een belangrijk deel van een totaal systeem voor mestverwerking in beschouwing genomen en zeer globaal geëvalueerd. Een technisch/economisch/milieu-hygiënisch oordeel over een enkele behandelingsstap/techniek kan vaak niet worden gegeven op basis van de betreffende behandelingsstap/techniek alleen, maar moet in verband met de voor- en nabehandeling worden beschouwd.

Bij de uitwerking wordt het digestaat van de vergisting van varkensdrijfmest als startpunt genomen. Dit digestaat bestaat dus uit de volledige mest na. Op basis hiervan is er een aantal hoofdroutes aan te geven voor de verwerking van dit digestaat. Deze zijn:

- Mechanische scheiding van het digestaat in een natte mestkoek en een dunne mestvloeistof, gevolgd door een aparte beschouwing van technieken relevant voor :
 - de verwerking van de mechanisch ontwaterde mestkoek. Deze verwerkingsopties worden beschreven in hoofdstuk Bl.2
 - de verwerking van de dunne mestvloeistof. Deze verwerkingsopties worden beschreven in 3.3
- Volledige verwerking van het digestaat. De verwerkingsopties voor het ongescheiden digestaat zijn goed vergelijkbaar met een aantal verwerkingsopties voor de dunne fractie. Daar waar de verwerkingsoptie nog niet is beschreven in Bl.2 of Bl.3, wordt in hoofdstuk Bl.4 de verwerkingsoptie voor het ongescheiden digestaat beschreven
- Verbetering van de mestvergisting om meer biogas of op een goedkopere wijze biogas te produceren. Deze route kan bijdragen aan een hoger rendement, omdat de inkomsten uit biogas hoger worden en mogelijk de samenstelling van het digestaat anders is. Echter, deze route valt buiten de afbakening van het project en wordt daarom in dit rapport niet uitgewerkt. Tijdens de expertbijeenkomsten is deze optie wel genoemd, maar ook niet uitgebreid uitgewerkt.

Mestscheiding

Voor de mechanische scheiding zijn er twee uitersten: een zeer intensieve high-tech scheiding en een minder intensieve low-tech scheiding. Voor de verdere discussie van de technieken, voorgesteld in de longlist, is het zinvol om uit te gaan van de zeer globale samenstelling van de uitgangsmest, de afgescheiden natte mestkoek, de dunne fractie na een low-tech scheiding en de dunne fractie na een high-tech scheiding. Alleen de relevante componenten worden daarbij genoemd.

De samenstelling van de verschillende fracties na scheiding kunnen variëren in droge stof gehalte en N, P en K-gehalten.

Bl.2 Verwerken van de dikke fractie

Er zijn verschillende technieken voor de verwerking van de dikke fractie. In dit hoofdstuk wordt een aantal verwerkingsopties besproken. De verwerking van de dikke fractie kan op verschillende schaalniveaus plaats vinden en de termijn waarop de technieken in praktijk toegepast kunnen worden varieert.

Techniek	Schaal	Termijn
Drogen van mestkoek/digestaat	Bedrijf → regio	nu
Verbranden van digestaat	regio	
Vergassen van digestaat	regio	>10 jaar
CERES proces	bedrijf	3-10 jaar
Hydrothermolyse	regio	>10 jaar
Pyrolyse	regio	3-10 jaar
HTU (hydrothermal upgrading)	regio	

kansrijkheid

Bl.2.1 Drogen van mestkoek

Drogen van mestkoek kan verschillende doelen hebben:

- Het verkrijgen van een droog eindproduct dat beter weggezet kan worden in de markt of gemakkelijker geëxporteerd kan worden over grote afstanden dan het uitgangsmateriaal.
- Het verkrijgen van een droog product waaruit via verbranden elektrische en thermische energie wordt gewonnen. Dit proces kan worden uitgevoerd in combinatie met het produceren van een as die kan worden gebruikt voor terugwinning van P en K voor nuttig hergebruik.

Typen drogers

Er bestaat een groot aantal typen industriële drogers die in aanmerking kunnen komen voor het drogen van dikke natte mestfracties. Er is ervaringen met het drogen van industriële producten, zoals voedingsmiddelen, en het drogen van zuiveringsslib. De ervaringen met het drogen van dikke mestfracties is summier. Drogen van natte mestfracties met industriële drogers is nagenoeg nog een braak liggend terrein.

De belangrijkste typen drogers zijn:

- Directe drogers waarbij een direct contact tussen het te drogen materiaal en de drooggassen plaats vindt. Genoemd kunnen worden trommeldrogers, fluidbed drogers en banddrogers. Deze drogers worden gekenmerkt door een groot volume aan uittredende vervuilde drooglucht en een relatief simpele droger.
- Indirecte drogers waarbij de warmte benodigd voor verdamping van het water in de mestkoek wordt toegevoerd via een warmtewisselaar. Dit zijn in het algemeen trommeldrogers, fluid beddrogers of peddeldrogers die voorzien zijn van een externe of interne warmtewisselaar. Het warmtetransporterend medium is daarbij een hete vloeistofstroom of hete gasstroom. Deze drogers worden gekenmerkt door een relatief gering debiet aan uittredende drooggassen.
- Infrarooddrogers. Dit zijn in het algemeen banddrogers. Daarbij wordt de energie benodigd voor het droogproces toegevoerd via infraroodstraling afkomstig van een elektrisch verhitte of gasgestookte infrarood straler. Deze drogers zijn duurder dan directe drogers, maar daar staat tegen over dat het te behandelen vervuilde drooggasdebiet kleiner is en dus goedkoper te reinigen.
- Diëlektrische drogers. Deze drogers zijn gebaseerd op hoogfrequente verhitting. Vergeleken met standaard directe of indirecte drogers zijn deze drogers duurder. Ook is elektrische energie nodig voor het droogproces. De warmte-overdracht is echter zeer snel en efficiënt en het drooggasdebiet is relatief beperkt. Er is nog weinig ervaring met deze drogers.
- Vacuümdrogers. Deze drogers werken met onderdruk waardoor een lagere droogtemperatuur mogelijk is. Daardoor kunnen ze afvalwarmte van lage temperatuur benutten.

- Stoomdrogers. In deze drogers wordt oververhitte stoom gebruikt als drooggas. Een deel van het gas wordt gerecirculeerd over de droger, het andere deel wordt behandeld, waarbij verontreinigingen en waterdamp worden verwijderd. Het voordeel van deze drogers is dat ze energetisch zeer efficiënt zijn.

Er zijn ook nog drogers in het ontwikkelingsstadium. Een voorbeeld hiervan is de absorptiedroger waarbij de waterdamp via een adsorbens in deeltjesvorm aan de te drogen deeltjes wordt onttrokken. Het adsorbens wordt vervolgens gescheiden van de gedroogde deeltjes, thermisch regenerereerd en weer hergebruikt. Een ander type droger is gebaseerd op het opmengen van de te drogen deeltjes met een inert grofkorrelig materiaal, bv. zanddeeltjes, dat in een aparte reactor wordt verhit. Na het droogproces worden de zanddeeltjes weer gescheiden van het gedroogde materiaal.

Behandeling drooggassen

Het drooggasdebiet dat de droger verlaat en dat moet worden behandeld, hangt sterk af van het type droger en het watergehalte van de mest. Het drooggas bevat naast waterdamp, ook ammoniak, geurcomponenten en stofdeeltjes (die soms aanleiding kunnen geven tot explosies). De waterdamp vertegenwoordigt een belangrijk laagtemperatuur energiebron die kan worden hergebruikt. Behandeling van de drooggassen kan plaats vinden via standaardtechnieken.

Energietoevoer

Voor het droogproces zijn grote hoeveelheden energie nodig omdat de verdampingswarmte van water betrekkelijk hoog is. Mogelijke energiebronnen zijn afvalwarmte van afvalverbrandingsinstallaties, restwarmte van elektrische generators, hete rookgassen, afgewerkte stoom, elektrische energie. Welke energiebron het meest efficiënt is hangt af van de beschikbaarheid, de kosten en het type droger. In het algemeen is de benodigde energie voor het droog proces bij benadering gelijk aan de benodigde verdampingsenergie voor het aanwezige water. Echter, er bestaan technieken om de benodigde warmte sterk te reduceren. Dit zijn:

- Meertrapsdrogen (een eerste trap bij hoge temperatuur, een tweede trap bij lagere temperatuur) waarbij de verdampingswarmte in de waterdamp, die via de drooggassen de eerste trap verlaat, nogmaals wordt benut, maar dan bij een lagere temperatuur.
- Gebruik van warmtewisselaars.
- Gebruik van warmtepompen (thermische damprecompressie, mechanische damprecompressie, compressiewarmtepomp, absorptiewarmtepomp, warmtetransformator om energie van een laag temperatuurniveau naar een hoger temperatuurniveau te brengen).
- Stoomdrogen.

Opmerkingen en kritische kanttekeningen bij duurzaamheid en haalbaarheid

- Er is een grote variatie in droogtechnieken energiebronnen die bij het droogproces kunnen worden toegepast. Ervaring met drogen van mestkoek is nog maar beperkt. Bij mestverwerking zijn vooral de droogtechnieken interessant die gebruik kunnen maken van zeer goedkope afvalwarmte en die resulteren in een geringe afgasstroom die moet worden behandeld. Technieken om de benodigde energie sterk te reduceren gaan echter gepaard met hogere investeringskosten.
- Een potentieel interessante combinatie is verbranden van gedroogde mestkoek in combinatie met de productie van elektriciteit en het gebruik van de afvalwarmte voor het droogproces. Verbranding met elektriciteitsopwekking is alleen rendabel als het op grote schaal gebeurt. Voor een efficiënte combinatie van drogen en verbranden met energie opwekking moet de mestkoek dus centraal worden gedroogd.
- Gedroogde mest is mogelijk een interessante meststof om te produceren. De economische haalbaarheid wordt naast de afzetmarkt (omvang, afstand) ook voor een belangrijk gedeelte bepaald door de beschikbaarheid van een goedkope warmtebron. Economisch: met subsidie op het gebruik van restwarmte van SDE+ is het haalbaar. De energiebehoefte kan worden gehalveerd, maar de vraag is hoeveel investeringskapitaal daar voor nodig is.

- De warmtebehoefte is groot, als het wordt gekoppeld aan een warmtebron (bijv. PAREncO, verbrandingscentrale) en in een goede keten plaatst kan het beter uit. In België: zonnewarmte.
- Plaatsingsruimte: het product kan naar het buitenland worden geëxporteerd.
- Er is wel technologie nodig om de gasen te zuiveren.

Referenties

AspenTech, 2009. Process Manuals: Technical Areas - Drying. <http://www.aspentech.com/proman/ta/dry.asp>

Doldersum, A., A. Delwel, F.P.J.M. Kerkhof en O. Kleefkens, 1995. Inzet warmtepompen bespaart koelwater en stoom. NPT Procestechnologie, december 1995: 26-30.

Jansen, W.J.L. en B.J.C. van der Wekken, 1991. Diëlectrisch verwarmen bij droogprocessen. In: Procestechnologie 2: 11-19.

SenterNovem, 2009. Kennisnetwerken. www.senternovem.nl/kennisnetwerken/nwgd/kennisdossier.

Stoop, M.L.M. en A.J.D. Lambert, 1993. Grootschalige drijfmestverwerking: massa- en energiestromen. Proces Technologie, april 1993: 19-25.

Te Pas, H.B., 1991. Stoomdroogtechniek reduceert volume zuiveringsslib aanzienlijk. In Procestechnologie 10:17-21.

Schoumans, O.F., W.H. Rulkens, O. Oenema en P.A.I. Ehlert, 2011. Phosphorus recovery from animal manure; Technical opportunities and agro-economical perspectives. Alterra, Alterra-rapport 2158, Wageningen

Tongeren, W.G.J.M. van, 1987. Het indirect drogen van mechanisch ontwaterde varkensdrijfmest. TNO.

Korte inventarisatie naar het perspectief van het drogen van digestaat bij biogasinstallaties. December 2009. Rapport 289. Wageningen UR Livestock Research.

BI.2.2 Verbranden van mestkoek

Het doel van het verbranden van mestkoek kan variëren:

- Het doel is gericht op de productie van as die verder nuttig kan worden gebruikt voor de terugwinning van waardevolle componenten uit de mest.
- Het doel van verbranden is primair gericht op de winning van elektrische energie uit de mest.
- Het doel van verbranden is zowel gericht op de terugwinnen van componenten uit de mest als op het produceren van elektrische energie.

Bij de verdere evaluatie van het verbrandingsproces wordt er van uitgegaan dat het gecombineerde doel wordt nagestreefd. Om tot een zo hoog mogelijk elektrisch rendement van de verbranding te komen is het noodzakelijk dat de mest zo droog mogelijk is (droge stof gehalten van 85% tot 95%). Interessant is daarbij om het drogen van de natte mestkoek te combineren met het verbranden van de gedroogde mestkoek voor de productie van elektrische energie. De thermische energie die daarbij vrijkomt kan worden gebruikt voor het drogen van de natte mestkoek.

Er bestaan verschillende opties voor de verdere verwerking/bestemming van de as. De as van het verbrandingsproces kan worden gebruikt als fosfaat vervangende erts. Daarbij gelden wel een aantal voorwaarden voor de kwaliteit van de as. Het organisch koolstofgehalte, het ammoniak-gehalte en het gehalte aan Fe, Cu en Zn mag niet al te hoog zijn. Voor verwijdering van zware metalen uit de as, om deze te kunnen gebruiken als kunstmestvervanger of meststof, kan een thermisch verwijderingsproces worden toegepast (Ashdec). Daarbij wordt een as verkregen die ca. 26% P2O5 bevat. Ook bestaan er nat-chemische opwerkingstechnieken waarmee P2O5 kan worden teruggewonnen, zoals Seaborne, Clean Map, Ecophos. De meeste technieken zijn alleen op laboratoriumschaal uitgetest en ontwikkeld of zijn nog in het ontwikkelingsstadium. In Duitsland en Oostenrijk kan de as van het verbrandingsproces onder bepaalde voorwaarden gebruikt worden als meststof.

Opmerkingen en kritische kanttekeningen bij duurzaamheid en haalbaarheid:

- De combinatie drogen van mestkoek met afvalwarmte van de verbranding van gedroogde mestkoek, vervolgens verbranden van de gedroogde mestkoek in combinatie met elektriciteitsopwekking en het nuttig gebruiken van de as als een grondstof voor de productie van P_2O_5 en K is in financieel opzicht erg aantrekkelijk. De kosten van het proces (exclusief de kosten van aanvoer van de natte mestkoek) zijn per ton oorspronkelijke varkensmest zeer gering, mogelijk neutraal.
- Er is nog nauwelijks ervaring met het verbranden van mestkoek afkomstig van varkensdrijfmest. Wereldwijd is er veel ervaring met de productie van elektriciteit uit de verbranding van organische huisvuilfractie. Deze ervaring is mogelijk ook interessant voor de verbranding van mestkoek. Ook is er uitgebreide ervaring met het verbranden van kippenmest in combinatie met elektriciteitsopwekking (BMC).
- Verbranden van mestkoek kan, economisch gezien, alleen op grote schaal.
- De energie levert veel op, maar er is nog steeds subsidie nodig
- De belangrijkste opties voor verbranding van mestkoek in Nederland zijn:
 - Verbranden in een stand-alone installatie.
 - Verbranden in combinatie met een geavanceerde slibverbranding (misschien in de toekomst mogelijk in combinatie met SNB (Moerdijk)).
 - Verbranden bij FIBRONED (Apeldoorn).
 - Verbranden bij BMC (Moerdijk).
 - Verbranden in combinatie met toekomstige verbrandingsinstallaties voor elektriciteitsopwekking uit biomassa.
- Benutting grondstoffen: P, K en organische stof worden volledig benut. Fosfaat wordt uit de landbouw gehaald, dus de plaatsingsruimte wordt vergroot. N wordt niet benut.
- Goede organische stof wordt verbruikt en niet op de bodem toegepast. Dat leidt tot uitputting.

Referenties

Schoumans, O.F., W.H. Rulkens, O. Oenema en P.A.I. Ehlert, 2011. Phosphorus recovery from animal manure; Technical opportunities and agro-economical perspectives. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2158.

Melse, R.W., F.E. de Buissonjé, N. Verdoes en H.C. Willers, 2004. Quick scan van be- en verwerkingstechnieken voor dierlijke mest. Rapportage opdrachtgever 1390938000, Animal Science Group, Lelystad. Beschrijving verbranden in 3.1.10.

BI.2.3 Vergassing van mestkoek

Vergassen is een omzetting van organisch materiaal in een asachtig product en een energierijk gas. Dit gebeurt bij temperaturen variërend van ca. 800 tot 1000 °C in een atmosfeer met een ondermaat aan zuurstof. Daarbij ontstaat een calorisch gas, syngas, en een reststof, as, met een organische stofgehalte van ongeveer 10%. Er is onderscheid tussen vergassen en pyrolyse. Bij vergassen wordt een deel van de organische stof verbrand waarbij een ondermaat luchtzuurstof wordt toegepast. Bij pyrolyse wordt alleen externe verhitte toegepast.

Vergassen staat sterk in de belangstelling voor de verwerking van biomassa. In feite al meer dan 30 jaar. Voor verwerking van biomassa is ook de meeste ervaring opgedaan en wordt het proces toegepast. Voor verwerking van relatief sterk vervuilde, of sterk in samenstelling variërende, organische afvalstromen zoals zuiveringsslib en huishoudelijk afval, bestaat die belangstelling al meer dan 40 jaar, maar er zijn geen processen bekend die momenteel grootschalig worden toegepast. Mogelijk dat de verwerking van zuiveringsslib, mede in het kader van de Energiefabriek, een uitzondering gaat worden. De primaire gedachte bij vergassing van zuiveringsslib is dat het proces op relatief kleine schaal kan worden ingezet, syngas als energiebron of chemicaliënbron kan worden gebruikt en de emissies naar de lucht beter onder controle kunnen worden gehouden. Als het syngas voldoende calorische waarde heeft, dan kan omzetting van dit gas naar elektrische energie plaatsvinden met een hoger rendement dan verbranden. Ook in het buitenland is daarvoor meer en meer belangstelling. Er is echter nog een lang ontwikkelingstraject te gaan.

Om P te kunnen terugwinnen uit de as voor nuttig hergebruik moet de organische stof vergaand worden verwijderd. Hiervoor is een aparte behandeling nodig. Bij gebruik van luchtzuurstof gaat het proces meer in de richting van verbranden.

Voor vergassing van mestkoek is het nodig om deze mestkoek vooraf te drogen. Daarbij kan mogelijk gebruik worden gemaakt van de afvalwarmte die wordt verkregen bij de opwekking van elektrische energie uit het syngas. Bij vergassing van mestkoek komt NH_3 vrij, dat terecht komt in het syngas. Verwijdering daaruit is technisch mogelijk.

Er zijn nieuwe ontwikkelingen die het vergassingsproces in technisch en ook mogelijk in economisch opzicht interessanter kunnen maken. Er worden drie ontwikkelingen genoemd.

- Het gebruik van zuivere zuurstof i.p.v. luchtzuurstof. Het gebruik van zuivere zuurstof is duurder maar heeft als voordeel dat de gasstroom naar de vergassingsreactor kan worden verkleind en dat het syngas een hogere energie-inhoud heeft per m^3 .
- Vergassing met hoge temperatuur plasma's (Canada).
- Vergassing met verhitting door een opmenging van het te vergassen materiaal met een granulair inert medium van hoge temperatuur (externe energiebron). Daarbij wordt de organische afvalstroom verhit met bijvoorbeeld hete zandkorrels die extern in een aparte reactor worden verhit. Na het vergassingsproces worden zandkorrels van het as-product gescheiden (ECN).

Voor de toepassingsmogelijkheden voor de dikke (natte) mestkoek wordt het perspectief op korte en middellange termijn gering geacht. Het is zinvol om eerst de ontwikkelingen bij het vergassing van zuiveringsslib af te wachten.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid

- Technisch gezien kan vergassingsproces worden toegepast voor behandeling van gedroogde mestkoek.
- De vraag is wat de waarde is van de as. Deze as bevat te veel organische koolstof om bijvoorbeeld door Thermphos te kunnen worden gebruikt. Een aanvullende aparte behandeling van de as is waarschijnlijk nodig. De vraag is of de as voldoende marktwaarde kan creëren. Benutting van P, K en N is nog zeer onzeker en niet duidelijk.
- Voor het verder ontwikkelen van deze technologie voor optimale verwerking van gedroogde mestkoek moet nog een lang ontwikkelingstraject worden doorlopen.
- Wereldwijd bestaat er nog geen praktijkervaring en waarschijnlijk ook nog geen onderzoekervaring met het vergassen van varkensdrijfmest.

Referenties

Bridle, T.R. and D. Pritchard, 2004. Energy and nutrient recovery from sewage sludge via pyrolysis. *Wat. Sci. Tech.* 50(9), 169-175.

Melse, R.W., F.E. de Buissonjé, N. Verdoes en H.C. Willers, 2004. Quick scan van be- en verwerkingstechnieken voor dierlijke mest. Rapportage opdrachtgever 1390938000, Animal Science Group, Lelystad. Beschrijving vergassing/pyrolyse 3.2.3.

BI.2.4 CERES proces

Door Ceres Milieutechniek is een (gepatenteerd) mestverwerkingsproces ontwikkeld waarbij, met een aanpassing in het vergistingsproces, niet alleen biogas wordt geproduceerd, maar waarbij ook fosfaat wordt verwijderd en teruggewonnen voor hergebruik. Normaal gesproken komt na mechanische scheiding van verse mest of digestaat in een dikke en een dunne mestfractie het grootste deel van het fosfaat in de dikke mestfractie terecht. Bij het Ceresproces wordt er echter een mineraalarme dikke fractie gevormd en wordt het fosfaat teruggewonnen in de vorm van struviet. Het proces maakt gebruik van een tweetraps-vergister, waarbij in de eerste reactor (verzursingsreactor) de eerste drie stappen van het vergistingsproces (hydrolyse, acidogenese, acetogenese) plaats vinden. Hierbij treedt door de vorming van vluchtige vetzuren een pH-daling

op. Ceres Milieutechniek heeft met laboratoriumexperimenten, uitgevoerd door de Lettinga Associates Foundation (LeAF, Wageningen), aangetoond dat na verzuring van varkensmest met een goed afbreekbaar co-product vrijwel alle fosfor uit de mest in oplossing is in de vorm van vrij fosfaat (PO₄³⁻-P). Tijdens de experimenten, uitgevoerd onder mesofiele omstandigheden, verzuurde de biomassa binnen vier dagen tot pH 5.5 en binnen zeven dagen tot pH 4.5. Door de mest direct na verzuring te scheiden in een dikke en een dunne fractie komt het grootste deel van het fosfaat terecht in de dunne fractie, die ook het grootste gedeelte van de stikstof (ammonia), kalium en opgeloste organische stof bevat. De dikke fractie is relatief mineraalarm en kan verder worden verwerkt tot een mineraalarme compost. De dunne fractie kan vervolgens naar de biogasreactor worden geleid, waarvan de toevoer pH gestuurd is, en waar bij pH 7-7,4 methanogenese plaats vindt en biogas wordt gevormd. Vervolgens kan (eventueel na een filtratiestap) het fosfaat uit de dunne fractie worden teruggewonnen in een kristallisatiereactor, waar onder toevoeging van MgO en bij pH>8 struvietkorrels (magnesium-ammonium-fosfaat) worden gevormd. Er blijft nog een NK-effluent over, die met bestaande methoden (e.g. strippen, biologische stikstofverwijdering, omgekeerde osmose) verder kan worden verwerkt.

Bovenstaand proces wordt door Ceres Milieutechniek verder ontwikkeld voor de verwerking van varkensmest zonder co-product. Gegevens hierover zijn tot op heden echter niet beschikbaar. Voor het verder ontwikkelen van deze technologie voor optimale verwerking van varkensmest moet nog een middellang ontwikkelingstraject worden doorlopen.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid en duurzaamheid

Het geschetste proces is een reconfiguratie van bestaande en beproefde technieken (tweetraps vergisting, mechanische scheiding, struvietvorming en een kristallisatiereactor), echter met een nieuw effect. Aangetoond wordt dat het mogelijk is om via een biologische verzuring P in oplossing te brengen en terug te winnen in de vorm van struviet. Dit maakt het toevoegen van (organische) zuren om P in oplossing te brengen overbodig. Naast struviet worden ook biogas en mineraalarme compost geproduceerd. De struvietkorrels kunnen worden gebruikt als meststof en de mineraalarme compost kan lokaal worden gebruikt voor het op peil brengen van het organische stofgehalte van landbouwgrond zonder de fosfaat- en stikstofnormen te overschrijden. Doordat de verzuring de snelheidsbepalende stap is in het vergistingsproces, en is aangetoond dat deze relatief snel plaatsvindt (onder mesofiele omstandigheden werd pH 5.5 binnen vier dagen bereikt), is de verwachting dat de doorlooptijd van het vergistingsproces aanzienlijk kan worden gereduceerd in vergelijking met conventionele eentrapsvergisting. Dit heeft als voordeel dat met relatief kleinere reactoren kan worden gewerkt.

- De economische haalbaarheid van dit proces is nog moeilijk te beoordelen, voor nagenoeg alle processtappen is nog verder onderzoek nodig.
- Er is een goede benutting grondstoffen, vooral van P, K en N uit de mest.
- Door gebruik te maken van natuurlijke verzuring zijn geen toevoegingen nodig voor het in oplossing brengen van fosfaat, productie van bio-energie, bijdrage aan P-recycling door terugwinnen van P als struviet (geconcentreerde meststof), op peil brengen van OS landbouwgrond zonder overschrijding P-normen, terugbrengen transportbewegingen door productie mineraalarme compost).
- Samenwerking met een groot aantal partijen is nodig. Het Ceresproces sluit aan bij bestaande methoden voor de verwerking van de dunne mestfractie en methoden voor opwerking van biogas naar groen gas etc.).

Betrokken bedrijven/instellingen

Ceres Milieutechniek, Almelo. info@ceresmilieu.nl

BI.2.5 Hydrothermolyse (hydrothermale vergassing / superkritieke watervergassing) van mest

Bij superkritieke vergassing wordt een waterige slurry van een organische stof verhit tot een temperatuur en druk voorbij de superkritische condities van water. Deze superkritische condities zijn T > 374 °C en P > 220

bar. Bij deze condities is er geen verschil meer tussen waterdamp en water. Superkritisch water heeft bijzondere eigenschappen. Afhankelijk van de toegepaste procescondities worden organische stoffen voor een belangrijk omgezet in een energierijk gas. De oplosbaarheid van zouten neemt zeer sterk af, zodat opgeloste zouten kunnen neerslaan en mogelijk ook uit het reactor systeem kunnen worden afgevoerd.

De te behandelen natte slurry wordt eerst op voldoende druk gebracht en vervolgens verwarmd tot de gewenste temperatuur ($T > 374\text{ }^{\circ}\text{C}$). De slurry blijft gedurende een korte tijd op deze temperatuur waarbij superkritische vergassing plaats vindt. De uittredende slurry wordt met een warmtewisselaar afgekoeld waarbij de overgedragen warmte wordt gebruikt voor verhitting van de ingaande slurry. Een kleine hoeveelheid warmte van hoge temperatuur wordt extern toegevoerd om de gewenste reactortemperatuur te bereiken. De afgekoelde slurry wordt vervolgens gescheiden in een gasstroom, een vaste stof-stroom en een vloeistof-stroom. De gasstroom kan worden gebruikt als energiebron (o.a. voor de benodigde warmte van het vergassingsproces) of eventueel als syngas. De waterfase moet nog worden gezuiverd om een loosbaar effluent te verkrijgen. Stikstof in de vorm van ammoniak kan daarbij worden teruggewonnen. In principe kunnen de aanwezige zouten ook als neergeslagen deeltjes uit de superkritische reactor worden afgescheiden. Dit vereist echter een meer complexe procesvoering.

Twee onderzoeken die informatie geven over de eventuele toepassingsmogelijkheden van superkritieke behandeling van varkensdrijfmest worden in het onderstaande kort weergegeven.

Superkritische mestbehandeling

Door Procédé Twente is in 1994 een onderzoek uitgevoerd naar de hydrothermale vergassing van varkensdrijfmest. In plaats van de term 'hydrothermale vergassing' wordt ook vaak de term 'hydrothermolyse' gebruikt, in feite andere benamingen voor superkritieke vergassing. Het door Procédé Twente uitgevoerde onderzoek was een haalbaarheidsonderzoek. Een deel van het onderzoek was experimenteel onderzoek op laboratoriumschaal naar de superkritische vergassing van monsters van varkensdrijfmest. Het droge stofgehalte van deze mest bedroeg 10 à 13 %. De superkritische vergassing werd daarbij uitgevoerd onder de volgende condities:

- temperatuur $600\text{ }^{\circ}\text{C}$
- druk 400 bar
- verblijftijd van de mest in de superkritische reactor: 18 minuten

Uit het onderzoek blijkt dat een belangrijk deel van de mest omgezet wordt in een energierijk gas met een verbrandingswaarde van 27 MJ/kg . Het gas bestaat voornamelijk uit waterstof, methaan en kooldioxide. De omzettingsgraad van de organische stof op basis van de aanwezige koolstof is echter betrekkelijk laag, slechts ca. 60%. Mogelijk dat een langere verblijftijd of hogere temperatuur kan leiden tot een meer efficiënte omzetting. Het gedrag van ammoniak onder superkritische omstandigheden is niet helemaal duidelijk. Slechts een beperkt deel van de ammoniak wordt omgezet in stikstofgas (N_2). Fosfaat komt voor een deel in de as terecht. Er wordt gesteld dat er geen grote technische obstakels zijn bij het bouwen van een thermolyse plant van 50.000 ton per jaar. De warmtewisselaar wordt beschouwd als het duurste en moeilijkste onderdeel van de installatie en waar ook de meeste problemen bij zijn te verwachten.

De kostprijs voor de verwerking van de varkensdrijfmest in een installatie met een capaciteit van 500.000 ton per jaar werd toentertijd door de onderzoekers geschat op 47 gulden per ton. Voor een capaciteit van 50.000 ton per jaar bedragen de kosten 114 gulden per ton. In deze kosten zijn geen kosten opgenomen van de aanvoer van mest, de verdere bewerking van de vaste stof en die van de vloeistof.

Superkritische slibbehandeling

Recentelijk is een door Procédé Biomass een voorstudie uitgevoerd naar superkritieke vergassing van RWZI zuiverings-slib (rioolslib). Het is een haalbaarheidsstudie (bureaustudie) die is opgezet in het kader van 'de Energiefabriek'. In de studie wordt uitgegaan van een omzettingsrendement van het slib (in feite dus de organische stof) in een energierijk gas van 97%. Uit de haalbaarheidsstudie wordt geconcludeerd dat superkritisch vergassen van ontwaterd (riool)slib (ca. 25% droge stof) met terugwinning van zouten een

technologie is die op basis van de huidige ontwikkelingen binnenkort haalbaar is en economisch aantrekkelijk, vergeleken met slibverwerkingsprocessen op basis van biogasproductie. Het proces kan volgens de onderzoekers financieel rendabel worden bedreven omdat bespaard wordt op het afzetten van slib en er meer elektriciteit wordt geproduceerd. Er zijn tot nog geen experimentele resultaten met de superkritische behandeling van zuiveringsslib beschikbaar.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid en duurzaamheid

- Op grond van de verkregen resultaten van de beide deskstudies is het eigenlijk niet goed mogelijk een goede economische evaluatie te maken. De verwerking van de reststromen komt in beide studies niet gedetailleerd aan bod.
- Bij de beschreven procescondities is het rendement van de omzetting van de organische fractie varkensdrijfmest slechts beperkt.
- Er is geen energiebron, het zelf geproduceerde gas moet weer worden opgestookt (+ gebruik restwarmte).
- Energieproductie uit de in de mestkoek aanwezige organische stof is betrekkelijk gering.
- Hoe kunnen de giftige stoffen uit het restproduct worden gehaald?
- Wereldwijd bestaat er geen of nauwelijks praktijkervaring met superkritische vergassing van waterige afvalstromen. Wel is er relatief veel literatuur beschikbaar over onderzoekprojecten op dit gebied waarin meer in detail op dit proces wordt ingegaan. Daarbij zijn ook gegevens over een groot aantal procesparameters die invloed hebben op het superkritische watervergassingsproces zoals samenstelling biomassa, temperatuur, verblijftijd in de reactor, effect van het gebruik van katalysatoren, toevoeging van alkali. Het algemene beeld daaruit is dat er nog veel onderzoek moet plaats vinden om tot het juiste reactorontwerp te komen. Ook wordt gewezen op corrosiegevaar.
- Voor het verder ontwikkelen van deze technologie voor volledige verwerking van mest moet nog een zeer lang ontwikkelingstraject worden doorlopen.

Referenties

- Voorstudie superkritische vergassing van RWZI slib. Openbare versie. Procede Biomass B.V., Enschede, mei 2011.
- Hydrothermolyse van varkensdrijfmest. Een haalbaarheidsstudie. Procede Twente BV, Enschede, november 1995.
- Matsumura, Y. en T. Minowa, 2004. Fundamental design of a continuous biomass gasification process using a supercritical water fluidized bed. *Int. J. Hydrogen Energy* 29(7): 701-707.
- Matsumura, Y., T. Minowa, B. Potic, S.R.A., Kersten, W. Prins, W.P.M. van Swaaij, B van deBeld, D.C. Elliott, G.G. Neuenschwander, A. Kruse en M.J. Antal, 2005. Biomass gasification in near- and super-critical water: Status and prospects. *Biomass Bioenerg* 29(4): 269-292.
- Kruse, A., A. Krupka, V. Schwarzkopf, C. Gamard en T. Henningsen, 2005. Influence of proteins on the hydrothermal gasification and liquefaction of biomass. 1. Comparison of different feedstocks. *Ind. Eng. Chem. Res* 44(9): 3013-3020.
- Kruse, A., P. Maniam en F. Spieler, 2007. Influence of proteins on the hydrothermal gasification and liquefaction of biomass. 2. Model compounds. *Ind. Eng. Chem. Res* 46(1): 87-96.

Bl.2.6 Pyrolyse van mestkoek

Pyrolyse is een thermisch proces waarbij organisch materiaal indirect in afwezigheid van een extern toegevoerde gasfase wordt verhit tot een temperatuur van 400 tot 600 °C. Omdat de meeste organische verbindingen instabiel zijn bij deze temperaturen, vindt thermisch kraken plaats in combinatie met allerlei condensatiereacties. Het organisch materiaal wordt daarbij omgezet in een char (biochar), een waterfase, een olierijke fase en een gasfase (syngas). Deze fasen kunnen van elkaar worden gescheiden. Afhankelijk van de toegepaste procescondities en het type organisch materiaal bedraagt de fractie organische koolstof die

achterblijft in de char ca. 60-70 %. De verkregen gasfase, syngas, bestaat voornamelijk uit CO, CH₄, H₂ met daarnaast, vaak in geringe concentraties, componenten zoals NH₃, H₂S, COS en HCN. Het syngas kan gebruikt worden als een calorierijk gas voor de productie van energie of voor synthese van organisch-chemische verbindingen.

Evenals vergassen staat pyrolyse sterk in de belangstelling voor de verwerking van relatief sterk vervuilde of sterk in samenstelling variërende organische afvalstromen zoals zuiveringsslib en huishoudelijk afval. In feite bestaat die belangstelling al meer dan 40 jaar, maar zijn geen processen bekend die momenteel grootschalig in de praktijk worden toegepast. Een uitzondering is een installatie op grote schaal voor de verwerking van zuiveringsslib. Dit is een installatie gericht op de productie van biodiesel op basis van een combinatie van vergassen, pyrolyse en verbranden.

Pyrolyse kan ook toegepast worden op de natte mestkoek voor de productie van zgn. P-biochar. Daarbij wordt een fosfaatrijke vaste reststof geproduceerd, met een hoog koolstofgehalte, die in principe kan worden toegepast als kunstmest. Geclaimd wordt dat P-biochar kan bijdragen aan de verbetering van de bodemkwaliteit en mogelijk ook de emissies van broeikasgassen kan reduceren en dat mede daardoor een aanzienlijke hogere prijs voor P-biochar kan worden verkregen (op basis van het P-gehalte) dan voor kunstmest.

Door Alterra, onderdeel van Wageningen UR, is tezamen met ECN een uitgebreid experimenteel onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheid van de productie van P-biochar uit gedroogde mestkoek. De conclusie uit het onderzoek is dat het pyrolyse proces moet worden uitgevoerd binnen het traject van 400-600 °C . De kosten van het proces, uitgaande van een natte mestkoek met 60% droge stof, en er verder van uitgaande dat geen opbrengst voor de geproduceerde P-biochar kan worden verkregen, worden geschat op € 4 per ton varkensdrijfmest.

Voor pyrolyse van de mestkoek is het nodig om deze mestkoek vooraf te drogen. Daarvoor is in feite een externe warmtebron (mogelijk restwarmte) nodig omdat de energierijke stromen, die bij het pyrolyse proces worden verkregen, maar voor een gedeelte kunnen worden gebruikt, temeer ook omdat het pyrolyse proces zelf ook energie vraagt.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid voor toepassing bij mestverwerking

Technisch gezien kan pyrolyse worden toegepast voor behandeling van gedroogde mestkoek. Voor de toepassingsmogelijkheden voor de productie van P-biochar uit de (natte) mestkoek wordt het perspectief op korte en middellange termijn gering geacht. Cruciaal in deze ontwikkeling is de te verwachten marktprijs voor de P-biochar. Op grond van de verkregen resultaten van bovengenoemd onderzoek is pyrolyse van mestkoek economisch alleen haalbaar als de marktwaarde van P in P-biochar ca. 5 maal groter is dan de waarde van P in kunstmest. Mocht het op korte termijn duidelijk worden dat de verwachte zeer hoge marktprijs inderdaad kan worden gerealiseerd, dan zou het ontwikkelingsproces voor de productie van P-biochar wel eens in de versnelling kunnen komen.

- Economische haalbaarheid: de haalbaarheid van dit proces wordt sterk bepaald door de marktprijs voor P-biochar. P-Biochar is volgens enkele studies vier keer zoveel waard als kunstmest, er is echter nog geen markt voor P-Biochar.
- Energieproductie uit de in de mestkoek aanwezige organische stof is betrekkelijk gering.
- Goedkope energie bron is nodig voor het droogproces van de natte mestkoek.
- Benutting grondstoffen: een goede benutting van P, K. De plaatsingruimte voor P wordt echter niet groter. Het aanwezige N wordt maar voor een deel benut (voornamelijk de organische N).

Referenties

Bridle, T.R., and D. Pritchard, 2004. Energy and nutrient recovery from sewage sludge via pyrolysis. *Wat. Sci. Tech.* 50(9), 169-175.

Schoumans, O.F., W.H. Rulkens, O. Oenema en P.A.I. Ehlert, 2011. Phosphorus recovery from animal manure; Technical opportunities and agro-economical perspectives. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2158.

Melse, R.W., F.E. de Buissonjé, N. Verdoes en H.C. Willers, 2004. Quick scan van be- en verwerkingstechnieken voor dierlijke mest. Rapportage opdrachtgever 1390938000, Animal Science Group, Lelystad. Beschrijving Vergassing/pyrolyse in 3.2.3.

BI.2.7 HTU (Hydro Thermal Upgrading) van natte mestkoek

Hydro Thermal Upgrading (HTU) is een proces dat door Shell ontwikkeld is voor de verwerking van biomassa. De biomassa wordt daarbij bij hoge temperatuur (330 °C) en druk (180 bar) omgezet in een zogenaamde crude, een op zware olie lijkend product dat van de ontstane waterfase kan worden afgescheiden. De crude kan zonder bewerking worden aangewend voor energieopwekking, maar kan ook worden gescheiden in een lichte fase, die verder opgewerkt kan worden tot een transportvloeistof en een zware fase die verbrand kan worden voor opwekking van energie.

Door Wageningen UR Livestock Research is in samenwerking met TNO (Apeldoorn/Delft) een oriënterend onderzoek uitgevoerd naar de technische/economische haalbaarheid van een grootschalige HTU-installatie voor mestverwerking. De technische/economische haalbaarheid is mede vastgesteld op basis van experimenteel onderzoek aan mest. Daarbij is primair gekeken naar de toepassingsmogelijkheden van HTU voor de natte dikke fractie van (varkens)mest die verkregen wordt na een mechanische scheiding van mest. Deze scheiding kan plaats vinden op boerderijschaal of centraal op de locatie van het HTU-proces. Omdat al in de begin van de studie naar voren kwam dat de schaalgrootte van mestverwerking te klein was voor het verwerken van de eventueel geproduceerde lichte crude is uiteindelijk gekozen om de studie voort te zetten met als doel een rechtstreekse productie van elektriciteit uit de ruwe crude in een warmtekraftkoppeling. Op basis van uitgevoerde experimenten in een autoclaaf kan worden geconcludeerd dat productie van een ruwe crude uit de dikke fractie van varkensdrijfmest (maar ook van zeugenmest) technisch haalbaar is. De waterfase die vrijkomt bij het proces heeft echter een samenstelling die afwijkt van gangbare afvalstromen en is daardoor niet op eenvoudige manier aeroob of anaeroob te zuiveren. Een continu HTU-proces op grote schaal stelt hoge eisen aan de installatie die wordt gebruikt. Het ontwerp hiervan bevindt zich voor een deel nog in een conceptfase. Mestkoek bevat, in vergelijking met plantaardige biomassa, hoge gehalten aan as, stikstof, zwavel en zouten. Deze stoffen bemoeilijken het verbrandingsproces van de crude. De verbrandingsinstallatie en de rookgasreinigingsinstallatie worden daardoor zeer duur.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid voor toepassing bij mestverwerking

- Het perspectief van HTU als betaalbare mestverwerkingstechniek voor natte mestkoek lijkt gering. De benodigde investeringen en kosten wegen niet op tegen de energie-opbrengst.
- De complexe en typische samenstelling van de mest is één van de oorzaken dat het HTU-proces voor mestverwerking relatief duur is.
- Wereldwijd bestaat er geen praktijkervaring met de toepassing van het HTU-proces op waterige afvalstromen.
- Het ontwerp van het HTU-proces voor mestverwerking is nog in het ontwikkelingsstadium.

Literatuur

Buissonjé, F.E. de, E.J. Bergsma, J.A. Zeevalkink en R.W. Melse. Perspectief van HTU voor mestverwerking (HTU=Hydro Thermal Upgrading) rapport 320, Januari 2010, Wageningen UR Livestock Research.

Goudriaan, F., J.E. Naber en J.A. Zeevalking, Proceedings European Biomass Conference, Paris 2005, Conversion of biomass residues for transportation fuels with the HTU process.

Goudriaan, F. en B. van de Beld, Thermal efficiency of the HTU process for biomass liquefaction. Paper presented at conference Progress in thermochemical biomass conversion, Tyrol, Austria, 18-21 September 2000.

Bl.3 Verwerken van de dunne fractie

Het scheiden van het digestaat resulteert behalve in een dikke fractie ook in een dunne fractie. De dunne fractie bevat veel minder droge stof (organische stof) en veel minder fosfaat dan de dikke fractie of de uitgangsmest.

Techniek	Schaal	Termijn
Mineralenconcentraten	Regio → bedrijf	nu
Terugwinning P+NH ₃ middels struvietvorming	Bedrijf → regio	nu
Strippen NH ₃ en absorptie NH ₃ in zwavelzuur	Regio → bedrijf	nu
Biologische afbraak van NH ₃	Regio en bedrijf	nu
Verwerking op RWZI	Regio	5-10 jaar
Forward osmosis	regio	>10 jaar
Transmembrane chemisorptie	regio	
Eendenkroosproductie	regio	
Algenproductie	regio	

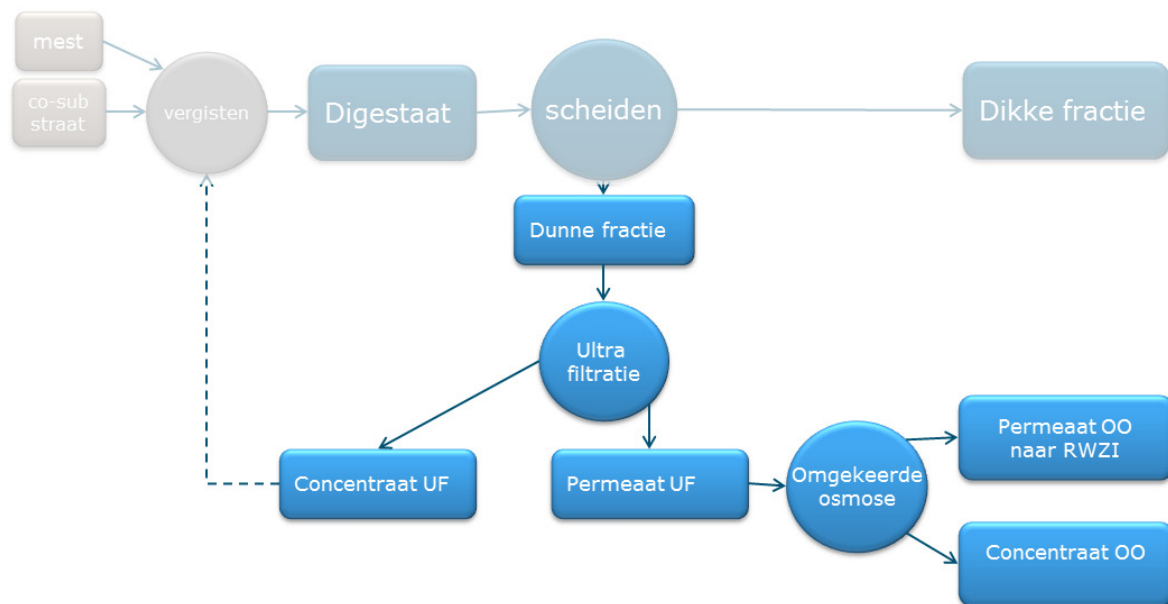
kansrijkheid

Figuur 3

Overzicht van beschikbare technieken op verschillende schaalniveaus en in verschillende fasen van ontwikkeling. De ordening op kansrijkheid is gebaseerd op haalbaarheid en duurzaamheid van de techniek, zoals beschreven in de volgende paragrafen.

Bl.3.1 Productie van mineralenconcentraten uit dunne mestvloeistof

Het onderzoek naar de mogelijkheden om mineralenconcentraten te produceren uit mest is in 2011 afgerond. Het onderzoek is uitgevoerd in acht verschillende typen installaties. In zeven van deze installaties wordt uitgegaan van al of niet vergiste varkensdrijfmest. De installaties verschillen in toegepaste mestverwerkingstechnieken. Echter, in alle installaties vindt een scheiding van de mest plaats in een dikke mestfractie en een dunne mestfracties.



Figuur 4

Algemeen schema voor de productie van mineralenconcentraten.

In bovenstaande figuur is een algemeen schema van deze pilots weergegeven. De individuele schema's kunnen hier wat van afwijken. Het type scheidingstechniek en dus de kwaliteit van de dunne fractie verschillen onderling. In alle installaties wordt omgekeerde osmose toegepast. Het type omgekeerde osmose proces is verschillend. In een installatie wordt het permeaat van de omgekeerde osmose verder nagezuiverd met ionenwisseling en actieve koolabsorptie. Op grond van Velthof et al., (2010) kunnen als belangrijkste conclusies overt de samenstelling van de concentraten en permeaten worden genoemd:

- De concentraties van NH_3 en K in het concentraat zijn hoger dan de concentraties van NH_3 in de oorspronkelijke mest (namelijk ca. 8 kg N en 8 kg K per ton).
- De concentraties van NH_3 en organische stof in het permeaat van de omgekeerde osmose liggen aanzienlijk hoger dan de toegestane waarde voor lozing op oppervlaktewater. Dit betekent dat nog een intensieve aanvullende zuivering nodig is om het permeaat te kunnen lozen op oppervlaktewater.
- Het percentage permeaat, betrokken op de hoeveelheid dunne mestvloeistof die na mechanische scheiding wordt verkregen, is relatief laag.
- De kosten van het totale behandlingsproces inclusief afzet producten liggen rond € 15 per ton ingaande mest. De financiële haalbaarheid van de productie van mineralen-concentraten is, op grond van de gegevens, vermeld in het Tussentijds Rapport en is dus voorlopig wat twijfelachtig.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid en duurzaamheid

Verbeteropties:

- Het bereiken van een hoger percentage permeaat, een betere kwaliteit van het permeaat en een hogere concentreringsgraad van het concentraat kunnen mogelijk bereikt worden door toepassing van meertraps omgekeerde osmose, toepassing van membranen met een hogere retentie voor NH_3 en K en toepassing van elektrolyse op het concentraat van de omgekeerde osmose.
- In plaats van te streven naar een uiteindelijke permeaatkwaliteit die lozing van het permeaat op oppervlaktewater mogelijk maakt, kan ook gedacht worden aan lozing van het permeaat op het riool en verdere zuivering op een RWZI.
- De N-benutting op grasland is nog te laag (58%).
- De verwerkingsprijs lijkt in eerste instantie toch betrekkelijk hoog, de economische haalbaarheid hangt voor een deel af van de prijs die voor de concentraten als kunstmestvervanger wordt betaald.
- Grondstoffen (N en K) worden goed benut (voor zover het de dunne mestvloeistof betreft).

Literatuur

Velthof, G.L., 2011. Synthese van het onderzoek in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten.

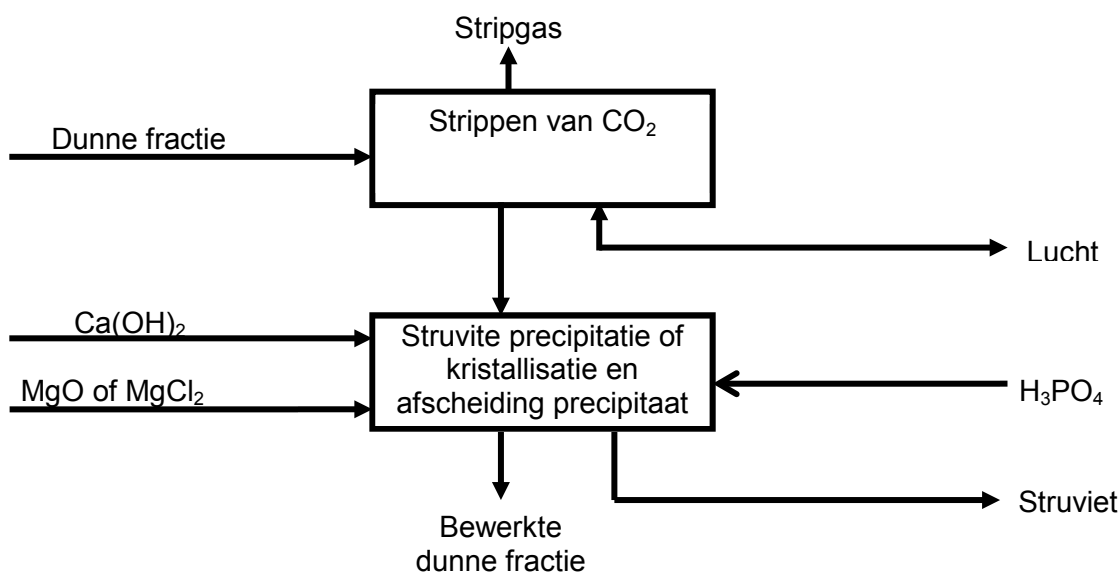
Wageningen, Alterra, rapport 2211. 74 blz.; 5 fig.; 14 tab.; 20 ref.

http://www.nvtl.info/studiedag2010/data/presentatie%20NVTl%202%20ph_ppt.pdf

Bl.3.2 Terugwinning van NH_3 (en PO_4) uit dunne mestvloeistof door struvietvorming

De dunne mestvloeistof die wordt verkregen na mechanische scheiding van al of niet vergiste drijfmest bevat enkele kg N (NH_3) per m^3 en een relatief geringe hoeveelheid P (P_2O_5). Vooral de hoeveelheid PO_4 in de dunne mestvloeistof (die slechts voor een deel in opgeloste vorm aanwezig is), is sterk afhankelijk van de efficiëntie van de mechanische scheiding. NH_3 en (opgeloste) PO_4 kunnen uit de dunne mestvloeistof worden afgescheiden door neerslagvorming met struviet: $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. NH_3 is in overmaat in de dunne mestvloeistof aanwezig. Voor verwijdering van NH_3 uit de dunne mestvloeistof met struvietvorming is daarom toevoeging van fosforzuur en magnesiumoxide, magnesiumhydroxide of magnesiumchloride nodig. Twee opties zijn nu mogelijk:

- De eerste optie is vorming van struviet met fosforzuur geleverd door de kunstmestindustrie en teruglevering van struviet aan de kunstmestindustrie. De kwaliteit van de struviet is dan minder van belang.
- De tweede optie is vorming van struviet met fosforzuur geleverd door de kunstmestindustrie en verkoop van struviet als kunstmest. De kwaliteit van de struviet is dan veel meer van belang. Struviet gevormd door kristallisatie heeft de hoogste kwaliteit.



Figuur 5

Schematische weergave van het struvietprecipitatie.

De eerste stap in het proces is het strippen van aanwezige CO_2 om de hoeveelheid chemicaliën, die nodig is voor de verhoging van de pH bij het neerslagproces, te beperken. Na het CO_2 -stripproces vindt verhoging van de pH plaats tot een waarde van ca. 9 door toevoeging van NaOH en/of $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Deze stap wordt gevolgd door toevoeging van MgO (ook geschikt voor pH verhoging) of MgCl_2 en H_3PO_4 . Daarbij wordt NH_4 -struviet en mogelijk ook K-struviet gevormd. Dat laatste is afhankelijk van de pH die wordt toegepast en de concentratie van NH_3 . Het struviet wordt afgescheiden door filtratie of bezinking.

Eindconcentraties van P-PO_4 en N-NH_3 in de resterende vloeistoffase zijn in principe te berekenen uit de oplosbaarheid van struviet in water. Verwacht kan worden dat de eindconcentraties aan NH_3 en PO_4 in de behandelde vloeistoffase boven de theoretische concentraties liggen die uit het oplosbaarheidsproduct van struviet kunnen worden berekend. Een deel van de PO_4 is waarschijnlijk ook nog aanwezig in de vorm van colloïdale deeltjes. Het is daarom redelijk om aan te nemen dat met het struvietvormingsproces een eindconcentratie van NH_3 kan worden verkregen die lager is dan $200 \text{ mg N-NH}_3/\text{l}$ en een P-PO_4 -concentratie die lager is dan 80 mg/l . Onduidelijk is wat de kwaliteit van het struviet is in verband met het hoge gehalte aan kalium in de dunne mestvloeistof. Bij wat lagere NH_3 -concentraties/hogere pH wordt waarschijnlijk ook kaliumstruviet gevormd.

Opmerkingen over haalbaarheid en duurzaamheid

- Over de neerslagvormig van NH_3 en PO_4 met struviet is al erg veel bekend. Ervaring met struvietvorming uit de dunne mestfractie (afkomstig van varkensdrijfmest) is echter nog zeer beperkt. Kijkend naar de parameters die invloed hebben op het proces is verder onderzoek naar de technisch/economische optimalisatie van het proces, ook in samenwerking met de kunstmestindustrie, noodzakelijk.
- De kosten van het proces worden voornamelijk bepaald door de kosten van de chemicaliën: MgO (of MgCl_2 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$), $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en H_3PO_4 . Fosforzuur is vrij waardevol en daar kan struviet van gemaakt worden. Wat is de waarde van struviet? De haalbaarheid hangt sterk af van de prijs die voor struviet als kunstmestvervanger wordt betaald.
- Afval fosforzuur mag je exporteren (grote plaatsingsruimte), maar struviet heeft dat voordeel niet. Alleen ICL wil het hebben als fosfaaterts.
- De haalbaarheid hangt ook sterk af van de verwerkingskosten van de restende vloeistoffase. Voor behandeling/bestemming van de mestvloeistof die wordt verkregen na afscheiding van de bulk van de NH_3 en het fosfaat door struvietvorming bestaan drie opties:
 - Lozing op oppervlaktewater na een intensieve behandeling, bv. via een combinatie van omgekeerde osmose, electrodialyse, ionenwisseling en actieve kooladsorptie. Daarbij ontstaan ook reststoffen die verder verwerkt moeten worden.
 - Lozing op het riool van een RWZI. Als dat is toegestaan, zijn de kosten overeenkomstig de vervuilingswaarde van de resterende vloeistof. Die worden voor een belangrijk deel ook bepaald door de concentratie aan organische stof.
 - Afzet in de landbouw als irrigatiewater (afhankelijk van de verhouding (N/P) en de absolute waarde van de concentratie van P (of N)).

Literatuur

- Celen, I. en M. Turker, 2001. Recovery of ammonia as struvite from anaerobic digester effluents. Second International Conference on Recovery of Phosphates from Sewage and Animal Wastes, March, 12-13, Noordwijkerhout, Holland.
- Hao, X.D., C.C. Wang, L. Lan en M.C.M. van Loosdrecht, 2009. A quantitative method analyzing the content of struvite in phosphate-based precipitates. International Conference on Nutrient Recovery from Wastewater Streams. Vancouver, British Columbia, Canada, Eds. Ashley, K., Mavinic, D. and Koch, F. ISBN: 9781843392323. IWA Publishing, London. 79 - 88.
- Kabdasli, I., O. Tunay, I. Ozturk, S. Yilmaz en O. Arikan, 2000. Ammonia removal from young landfill leachate by magnesium ammonium phosphate precipitation and air stripping. Water Science & Technology. 41(1), 237–240.
- Lehmkuhl, J., 1990. Verfahren für die Ammonium-Elimination. WLB Wasser, Luft und Boden 11-12, 46–48. (in German).
- Rulkens, W.H., A. Klapwijk en H.C. Willers, 1998. Recovery of valuable nitrogen compounds from agricultural liquid wastes: potential possibilities, bottlenecks and future technological challenges. Environmental Pollution 102, S1, 727 - 735.

Rulkens, W., 2010. Brief overview and assessment of potential technologies for beneficial recovery of ammonia and phosphate from various types of wastewater. 2010 IWA publishing. *Water Infrastructure for Sustainable Communities: China and the World*. Edited by Xiaodi Hao, Vladimir Novotny and Valerie Nelson. ISBN; 9781843393283. Published by IWA Publishing, London, UK.

Schoumans, O.F., W.H. Rulkens, O. Oenema en P.A.I. Ehlert, 2011. Phosphorus recovery from animal manure; Technical opportunities and agro-economical perspectives. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2158.

Sanchez, A., S. Barros, R. Mendez en J.M. Garrido, 2009. Phosphorus removal from an industrial wastewater by struvite crystallization into an airlift reactor. International Conference on Nutrient Recovery from Wastewater Streams. Vancouver, British Columbia, Canada. Eds. Ashley, K., Mavinic, D. and Koch, F. ISBN: 9781843392323.

Schoumans, O.F., W.H. Rulkens, O. Oenema en P.A.I. Ehlert, 2011. Phosphorus recovery from animal manure; Technical opportunities and agro-economical perspectives. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2158.

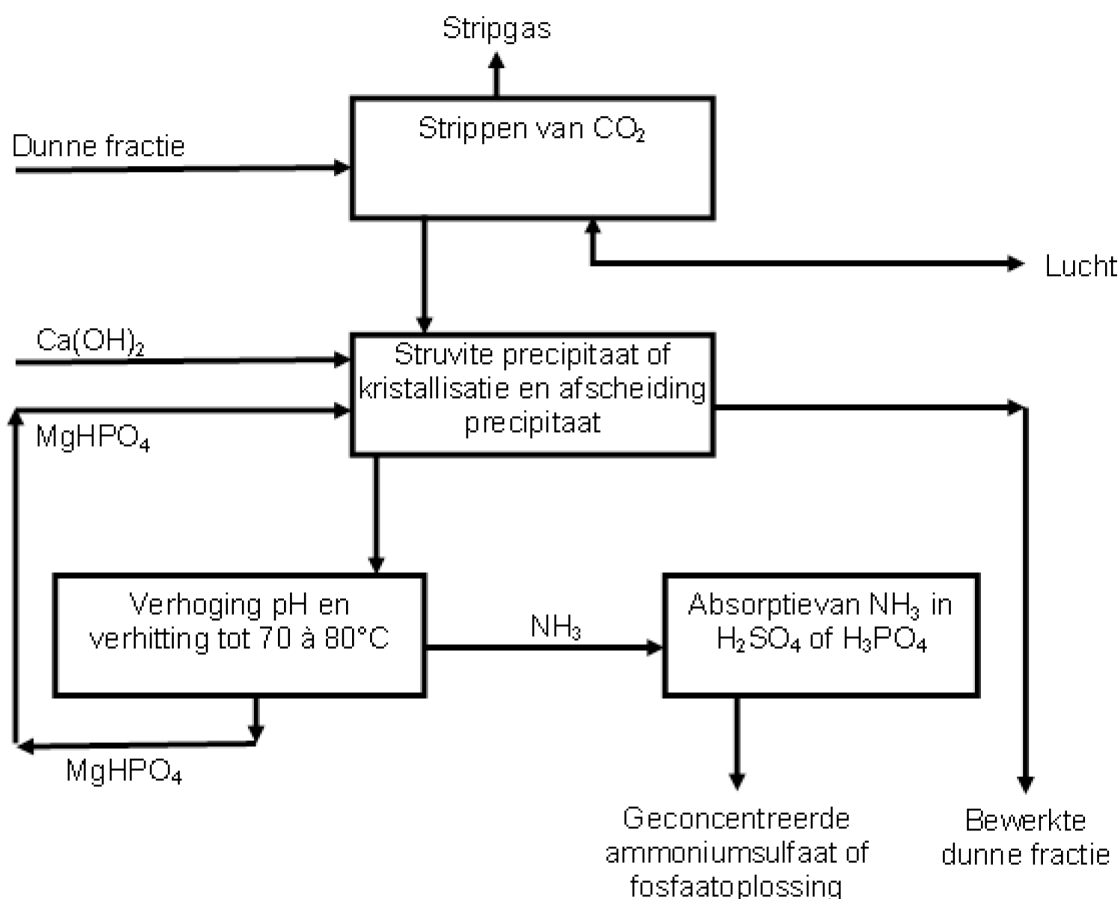
Schuilting, R.D. en A. Andrade, 1999. Recovery of struvite from calf manure. *Environmental Technology*. 20, 765 - 768.

STOWA, 2004. Rejectiewaterbehandeling geëvalueerd. STOWA Rapport 20.

Fosfaatschaarste Geluk Bij Een Ongeluk. Waternetwerk themagroep afvalwaterbehandeling, 13 mei 2011.

BI.3.3 Variant op terugwinning van NH_3 uit dunne mestvloeistof door vorming van struviet (proces BI.3.2) gevolgd door struvietontleding, absorptie van NH_3 in een zuur en hergebruik van MgHPO_4

De eerste stap in het proces is het eventueel strippen van aanwezige CO_2 om de hoeveelheid chemicaliën, die nodig is voor de verhoging van de pH bij het neerslagproces, te beperken. Na het CO_2 -stripproces vindt verhoging van de pH plaats tot een waarde van ca. 9 door toevoeging van NaOH en/of $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Deze stap wordt gevolgd door toevoeging van MgO (ook geschikt voor pH-verhoging) of MgCl_2 en H_3PO_4 . Daarbij wordt NH_4 -struviet en mogelijk ook K-struviet gevormd. Dat laatste is afhankelijk van de pH die wordt toegepast. Bij lagere pH wordt NH_3 -struviet geproduceerd. Het struviet wordt afgescheiden en vervolgens verhit. Daarbij wordt NH_3 afgedampt en opgevangen in geconcentreerd zwavelzuur. Op deze manier wordt een geconcentreerde oplossing van ammoniumsulfaat verkregen. Mogelijk met een N-NH_3 -gehalte >12% (geschikt voor tuinbouw). Het vrijkomende MgHPO_4 wordt weer hergebruikt voor struvietvorming. Een zeer beperkt deel van de toegevoerde MgO (of MgCl_2) en H_3PO_4 blijft in de behandelde vloeistoffase achter.



Figuur 6

Schematische weergave van methode van ammoniakverwijdering en terugwinning.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid en duurzaamheid

Het is aannemelijk dat met het struvietvormingsproces een eindconcentratie van NH_3 kan worden verkregen die lager is dan 200 mg N-NH_3 /l en een P-PO_4 -concentratie die lager is dan 80 mg/l. Verder onderzoek naar de technisch/economische optimalisatie van het proces is, ook in samenwerking met de kunstmestindustrie, noodzakelijk.

De kosten van het proces worden voor een belangrijk deel bepaald door de kosten van de chemicaliën nodig voor de pH verhoging, NaOH en Ca(OH)_2 en voor een zeer beperkt deel door toegevoegde chemicaliën die achterblijven in de behandelde vloeistoffase (MgO , of MgCl_2 en H_3PO_4). De hoeveelheid benodigde chemicaliën voor pH verhoging wordt voor een belangrijk deel bepaald door de buffercapaciteit van de dunne mestvloeistof. Er wordt voorlopig vanuit gegaan dat de kosten van zwavelzuur gecompenseerd worden door de opbrengst van het geconcentreerde ammoniumsulfaat.

Voor de mestvloeistof die wordt verkregen na afscheiding van de bulk van de NH_3 en het fosfaat middels struvietvorming bestaan weer drie opties:

- Lozing op oppervlaktewater na een intensieve behandeling, bv. een combinatie van omgekeerde osmose, electrodialyse, ionenwisseling en actieve kooladsorptie. Daarbij ontstaan ook reststoffen die verder verwerkt moeten worden.
- Lozing op het riool van een RWZI. Als dat is toegestaan zijn de kosten overeenkomstig de vervuilingswaarde van de resterende vloeistof. Die wordt voor een belangrijk deel ook bepaald door de concentratie aan organische stof.
- Afzet in de landbouw als irrigatiewater (afhankelijk van de verhouding N/P) en de absolute waarde van de concentratie van P (of N).

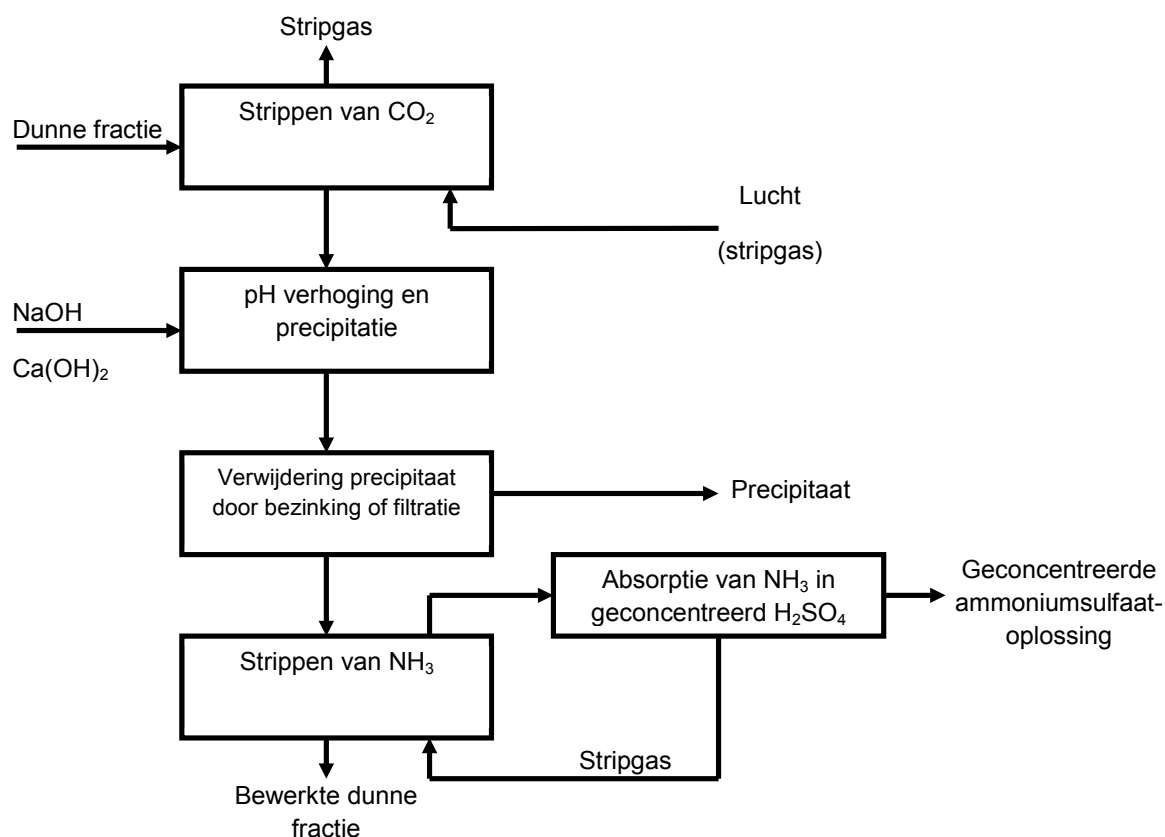
Er is nog geen ervaring opgedaan met de toepassing van dit proces voor de dunne mestvloeistof. De totale kosten worden voorlopig geschat op ca. drie euro per kg te verwijderen N-NH_3 . De kosten voor behandeling/bestemming van de resterende vloeistoffase zijn hierbij niet inbegrepen.

Literatuur

- Rulkens, W., 2010. Brief overview and assessment of potential technologies for beneficial recovery of ammonia and phosphate from various types of wastewater. 2010 IWA publishing. *Water Infrastructure for Sustainable Communities: China and the World*. Edited by Xiaodi Hao, Vladimir Novotny and Valerie Nelson. ISBN; 9781843393283. Published by IWA Publishing, London, UK.
- Schoumans, O.F., W.H. Rulkens, O. Oenema en P.A.I. Ehlert, 2011. Phosphorus recovery from animal manure; Technical opportunities and agro-economical perspectives. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2158.
- Eri Fumoto, Teruoki Tago and Takao Masuda, 2010. Recovery of Ammonia and Ketones from Biomass Wastes.
- Sugiyama, S., M. Yokoyama, H. Ishizuka, K. Sotowa, T. Tomida en N. Shigemoto, 2005. Removal of Aqueous Ammonium with Magnesium Phosphates Obtained from the Ammonium-Elimination of Magnesium Ammonium Phosphate. *J. Colloid Interface Sci.*, Vol.292, No.1, (December 2005), pp. 133-138, ISSN 0021-9797
- Sugiyama, S., M. Yokoyama, M. Fujii, K. Seyama en K. Sotowa, 2007. Recycling of Thin Layer of Magnesium Hydrogen phosphate for Removal and Recovery of Aqueous Ammonium. *J. Chem. Eng. Jpn.*, Vol.40, No.2, (February 2007), pp. 198-201., ISSN 0021-9592.

BI.3.4 Strippen van ammoniak uit de dunne mestvloeistof en absorptie van ammoniak in zwavelzuur

De dunne mestvloeistof wordt in eerste instantie gestript om de eventueel aanwezige CO_2 uit te drijven. In sommige situaties kan het zinvol zijn de te strippen vloeistof licht aan te zuren. Strippen van CO_2 resulteert in een beperkte pH-verhoging. Verwijdering van CO_2 resulteert in het algemeen in een sterke reductie van de buffercapaciteit van de mestvloeistof en daardoor van de hoeveelheid chemicaliën die nodig is voor pH verhoging. Na het CO_2 -strippen wordt de pH van de vloeistof verhoogd door toevoeging van NaOH en/of Ca(OH)_2 tot een pH-waarde van 10 à 11. Hierbij ontstaat een beperkte hoeveelheid neerslag dat wordt afgefilterd. Het neerslag bestaat o.a. uit carbonaten en fosfaten. De filtratiestap wordt gevolgd door strippen van ammoniak met lucht. De met de luchtstroom meegevoerde ammoniak wordt in een absorptie-installatie geabsorbeerd in een sterk zuur, bv. geconcentreerd zwavelzuur. Op deze manier wordt een geconcentreerde oplossing van ammoniumsulfaat verkregen. De uit de absorber tredende luchtstroom wordt in een gesloten luchtcircuit weer hergebruikt in het ammoniak-strippproces. Het is waarschijnlijk niet mogelijk om het N-NH_3 -gehalte in het zwavelzuur >12% te krijgen (geschikt voor tuinbouw). Tijdens het strippproces wordt nl. ook een beperkte hoeveelheid water verdampt die ook wordt geabsorbeerd in het geconcentreerde zwavelzuur en daar een verdunning veroorzaakt.



Opmerkingen over eventuele haalbaarheid voor toepassing bij mestverwerking (dunne mestvloeistof)

De eindconcentratie aan NH₃ in de gestripte mestvloeistof is sterk afhankelijk van het type stripproces en van de toegepaste procescondities bij het strippen. Ammoniak verwijderingsrendementen van 90% en hoger zijn gemakkelijk haalbaar. De eindconcentratie van NH₃ kan worden berekend uit het verwijderingsrendement. Een eindconcentratie van N-NH₃ < 200 mg/l is vrij gemakkelijk haalbaar voor de dunne mestfractie. De eindconcentratie van PO₄ zou in principe uit het oplosbaarheidsproduct van calciumfosfaat kunnen worden berekend. De samenstelling van het precipitaat kan echter sterk variëren. Ook kunnen fosfaatbevattende deeltjes in de vloeistof achterblijven bij de afscheiding van het precipitaat dat wordt verkregen bij de pH verhoging. Er wordt vooralsnog aangenomen dat de eindconcentratie aan PO₄ weinig verandert als gevolg van de precipitatie en filtratiestap. De concentratie van P-PO₄ blijft dus < 80 mg/l.

Uit het STOWA rapport (2004) blijkt dat de kosten van strippen van ammoniak uit een afvalwaterstroom (inclusief het absorberen van de het gestripte ammoniak in geconcentreerd zuur, zoals bijvoorbeeld zwavelzuur) zeer sterk kunnen variëren. Deze variatie wordt veroorzaakt door verschillen in:

- type afvalwaterstroom
- afvalwaterdebiet
- samenstelling van de afvalwaterstroom, vooral wat betreft buffercapaciteit en ammoniak-gehalte (bepalend voor de benodigde hoeveelheid chemicaliën)
- vereist verwijderingsrendement voor ammoniak
- temperatuur van het afvalwater
- eventueel beschikbare afvalwarmte voor temperatuurverhoging
- afzetmogelijkheden - geconcentreerde - ammoniumsulfaatoplossing

De kosten per kg ammoniakverwijdering zijn lager naarmate de concentratie van NH₃ hoger is en het debiet groter is. Voor sommige specifieke typen afvalwaterstromen met relatief lage concentraties van NH₃ in

afvalwater zijn vanuit de praktijkervaring de kosten wel bekend (o.a. voor rejectiewater, industrieel anaeroob gezuiverd afvalwater). Vertaling naar kosten voor verwijdering van ammoniak uit dunne mestvloeistof is echter moeilijk door gebrek aan volledige gegevens. De kosten van NH_3 -terugwinning uit dunne mestvloeistof, kunnen geschat worden op ca. 4 (+/- 1) euro/kg verwijderde NH_3 . Het proces is toepasbaar in de praktijk.

Naast luchtstrippen (en stoomstrippen) van ammoniak zijn nog twee ander processen mogelijk om een geconcentreerde oplossing van ammoniak te maken:

- Transmembraan chemosorptie. Hierbij wordt een geconcentreerd ammoniumsulfaat-oplossing verkregen.
- Strippen van ammoniak, opvangen van ammoniak in een waterfase en verdere concentrering van de waterige ammoniakoplossing door rectificatie/destillatie. Daarbij wordt een hoog geconcentreerde oplossing van NH_3 in water verkregen. Mogelijk geschikt als denoxificatievloeistof bij energiecentrales.

Literatuur

Altinbas, M., I. Ozturk en A.F. Aydin, 2002. Ammonia recovery from high strength agro-industry effluents.

Water Science & Technology. 45(12), 189–196.

Drese, J., 1988. Stripping as a cheap solution for the livestock waste problem. Pt/Procestechniek, 43(4), 43–45. (in Dutch).

Klaassen, R. and F. van Voorneburg, 1995. Removal of Ammonia from Liquid Manure and Waste Waters with Membrane Chemo-Sorption. TNO report. TNO, Apeldoorn, the Netherlands (in Dutch).

Klaassen, R., A.E. Jansen, F. van Voorneburg en A.C.P. de Dooij, 1996. Ammonia removal from aqueous streams with transmembrane chemo-sorption (TMCS). TNO report. TNO, Apeldoorn, the Netherlands (in Dutch).

Melse, R.W., F.E. de Buissonjé, N. Verdoes en H.C. Willers, 2004. Quick scan van be- en verwerkingstechnieken voor dierlijke mest. Rapportage opdrachtgever 1390938000, Animal Science Group, Lelystad.

Rulkens, W.H., A. Klapwijk en H.C. Willers, 1998. Recovery of valuable nitrogen compounds from agricultural liquid wastes: potential possibilities, bottlenecks and future technological challenges. Environmental Pollution 102, S1, 727–735.

Rulkens, W., 2010. Brief overview and assessment of potential technologies for beneficial recovery of ammonia and phosphate from various types of wastewater. IWA publishing. *Water Infrastructure for Sustainable Communities: China and the World*. Edited by Xiaodi Hao, Vladimir Novotny and Valerie Nelson. ISBN; 9781843393283. Published by IWA Publishing, London, UK.

Schoumans, O.F., W.H. Rulkens, O. Oenema en P.A.I. Ehlert, 2011. Phosphorus recovery from animal manure; Technical opportunities and agro-economical perspectives. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2158.

Stikstofverwijdering uit anaeroob gezuiverd afvalwater, Publikatiereeks Milieubeheer, Ministerie van VROM, mei 1985.

STOWA, 2004. Rejectiewaterbehandeling geëvalueerd. STOWA Rapport 20.

Wager, F., T. Wirthensohn, A. Corcoba en W. Fuchs, 2009. Air stripping of ammonia from anaerobic digestate. International Conference on Nutrient Recovery from Wastewater Streams. Vancouver, British Columbia, Canada, Eds. Ashley, K., Mavinic, D. and Koch, F. ISBN: 9781843392323. IWA Publishing, London. 71

Bl.3.5 Biologische afbraak van NH_3 in de dunne mestvloeistof

Bij de biologische omzetting/afbraak wordt ammoniumstikstof omgezet in luchtstikstof. Er bestaan in principe drie opties, die in onderstaande tekst verder worden uitgewerkt:

- a) Biologische omzetting van ammoniak via conventionele nitrificatie/denitrificatie.
- b) Biologische verwijdering van stikstof via partiële oxidatie van NH_3 tot NO_2 , gevolgd door denitrificatie van het gevormde nitriet met een koolstofbron (SHARON).
- c) Biologische omzetting van NH_4 via partiële oxidatie tot nitriet en autotrofe omzetting van nitriet met NH_4 tot moleculaire stikstof (SHARON-ANAMMOX proces).

a) Biologische omzetting van ammoniak via conventionele nitrificatie/denitrificatie

Ammoniak (NH_3) wordt hierbij in een eerste, aerobe biologische behandelingsstap via beluchting omgezet in nitraat (NO_3). Deze biologische omzetting bestaat uit twee deeltappen. De eerste stap is biologische oxidatie van NH_3 tot nitriet (NO_2). De tweede stap bestaat uit de verdere biologische oxidatie van nitriet tot nitraat. Voor deze omzettingen is zuurstof nodig: in totaal ongeveer 4,6 g O_2 per g N. Een zeer klein deel van de N wordt omgezet in biomassa. Bij het nitrificatieproces worden waterstofionen gevormd, waardoor de pH daalt. De mate van daling van de pH is afhankelijk van de buffercapaciteit van het afvalwater. De daling in pH moet worden gecompenseerd door toevoeging van chemicaliën.

In een tweede biologische zuiveringsstap, de denitrificatiestap, wordt het verkregen nitraat (NO_3) in afwezigheid van zuurstof met een biologisch degradeerbare organische koolstofbron CZV-bron, (zoals bijvoorbeeld methanol) omgezet in luchtstikstof (N_2).

De benodigde hoeveelheid CZV hiervoor bedraagt, zeer globaal, 5 g CZV per g $\text{NO}_3\text{-N}$.

Voor het uitvoeren van het totale nitrificatie/denitrificatie-proces zijn verschillende reactorconfiguraties mogelijk (o.a. conventionele continu doorstroomde systemen, membraanbioreactorsystemen en SBR- (Sequencing Batch Reactor) systemen). Met deze methoden kunnen bij de zuivering van stedelijk en industrieel afvalwater relatief lage N-concentraties in het effluent worden verkregen. Er kan daarom worden aangenomen dat de eindconcentratie van NH_3 die kan worden verkregen lager is dan 200 mg N-NH_3 /l en dat de eindconcentratie aan P-PO_4 lager is dan 80 mg/l.

Karakteristiek voor de conventionele biologische stikstofverwijdering met nitraatvorming gevolgd door denitrificatie van het nitraat is de relatief grote hoeveelheid energie die nodig is voor de beluchting (ongeveer 5 kWh per kg NH_3 verwijderd) en de omvangrijke (biologisch beschikbare) koolstofbron die nodig is. Dit maakt het proces duur om toe te passen op afvalwater dat relatief hoge concentraties aan ammoniak bevat.

In Nederland is enige ervaring opgedaan met de nitrificatie/denitrificatie van dunne mestvloeistof. Naast de hoge concentratie aan ammoniak is er ook het probleem dat de concentratie aan organische stof gering is en deze organische koolstofbron maar in beperkte mate biologisch beschikbaar is. Toevoeging van een externe koolstofbron is dan noodzakelijk.

Een zeer globale kostenschatting van het nitrificatie/denitrificatieproces voor varkensdrijfmest is 11 euro/ m^3 . Dit bedrag kan binnen ruime grenzen sterk variëren (Quick scan). Het is redelijk om aan te nemen dat dit bedrag ook indicatief is voor de dunne mestfractie. Dit betekent dat de kosten per kg verwijderde NH_3 in de orde van grootte van ca. € 4 /kg bedragen.

Op basis van bovengenoemde zeer globale schattingen kan al worden gesteld dat het nitrificatie/denitrificatie-proces voor verwijdering van de NH_3 uit de dunne mestfractie, economisch gezien, niet of nauwelijks haalbaar is.

Toepasbaarheid van het nitrificatie/denitrificatie proces op boerderij-schaal is twijfelachtig. Er moet eerder gedacht worden aan grootschalige toepassing.

b) Biologische verwijdering van stikstof via partiële oxidatie van NH_3 tot NO_2 gevolgd door denitrificatie van het gevormde nitriet met een koolstofbron (SHARON)

In het SHARON-proces (Single reactor system for High Activity Ammonia Removal Over Nitrite) wordt in een eerste biologische oxidatie -behandelingsstap ammoniak omgezet in nitriet. Het reactorsysteem wordt zodanig bedreven dat de groeisnelheid van de micro-organismen ongeveer gelijk is aan de totale hydraulische verblijftijd in het systeem. Er vindt dan geen slibretentie plaats. Bij voldoende hoge temperatuur, 30-35 °C , en een voldoende korte hydraulische verblijftijd kan het oxidatieproces van NH_3 worden beperkt tot de vorming van nitriet. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat bij verhoogde temperatuur de micro-organismen die verantwoordelijk zijn voor de omzetting van nitriet in nitraat aanzienlijk langzamer groeien dan de micro-organismen die verantwoordelijk zijn voor de omzetting van ammoniak in nitriet. Onder deze omstandigheden, verhoogde temperatuur en een korte hydraulische verblijftijd, kan de eerstgenoemde groep micro-organismen zich niet handhaven in het systeem.

In een tweede biologische zuiveringsschap wordt het verkregen nitriet (NO_2) in afwezigheid van zuurstof met een biologisch degradeerbare organische koolstofbron (CZV-bron, zoals bijvoorbeeld methanol) omgezet in luchtstikstof (N_2).

Vergeleken met het conventionele nitrificatie /denitrificatieproces is voor het SHARON-proces (dus afbraak via de nitrietroute) ca. 25% minder zuurstof en ca. 40% minder biologisch degradeerbare organische koolstof nodig. Er mag worden aangenomen dat de eindconcentratie van NH_3 die kan worden verkregen met het SHARON-proces lager is dan 200 mg N- NH_3 /l en dat de eindconcentratie aan P- PO_4 lager is dan 80 mg/l. Vergeleken met het conventionele nitrificatie/denitrificatie-proces is toepassing van het SHARON-proces gecompliceerder, maar waarschijnlijk toch in beperkte mate goedkoper door een lager verbruik aan energie en een lager verbruik aan een externe biologisch degradeerbare organische koolstofbron. Het proces lijkt alleen haalbaar op grote schaal. Er is, voor zover bekend, nog geen praktijkervaring met dit proces voor de dunne mestfractie. Onderzoek is nodig om de technisch-economische haalbaarheid van dit proces vast te stellen.

c) Biologische omzetting van NH_4 via partiële oxidatie tot nitriet en autotrofe omzetting van nitriet met NH_4 tot moleculaire stikstof (SHARON-ANAMMOX-proces)

In dit proces wordt het SHARON-proces zodanig uitgevoerd (partiële oxidatie tot nitriet) dat het verkregen effluent gelijke moleculaire concentraties bevat van N- NH_4 en N- NO_2 . De helft van de aanwezige NH_4 wordt in feite maar omgezet in NO_2 . Het effluent van de SHARON-reactor wordt vervolgens naar een tweede biologische reactor geleid, de ANAMMOX (ANAerobic AMMonium OXidation) reactor waarin ammonium en nitriet autotroof, dus zonder externe koolstofbron, worden omgezet in stikstofgas. Dit proces wordt gekenmerkt door een zeer lage groeisnelheid van de specifieke micro-organismen die verantwoordelijk zijn voor het biologische omzettingsproces.

Het grote voordeel van dit proces is dat in vergelijking met het conventionele nitrificatie/denitrificatie-proces ca. 60 % minder zuurstof nodig is (dus minder energie voor beluchting) en ook geen koolstofbron nodig is. Er mag worden aangenomen dat de eindconcentratie van NH_3 die kan worden verkregen met het SHARON-ANAMMOX-proces lager is dan 200 mg N- NH_3 /l en dat de eindconcentratie aan P- PO_4 lager is dan 80 mg/l. Vergeleken met het conventionele nitrificatie/denitrificatie-proces is toepassing van het SHARON-ANAMMOX-proces gecompliceerder, maar zijn de kosten toch aanzienlijk lager door een lager verbruik aan energie en een lager verbruik aan een externe biologisch degradeerbare organische koolstofbron. De kosten van het SHARON-ANAMMOX-proces worden zeer globaal geschat op € 1 à 1,5 /kg verwijderde NH_3 (STOWA).

Het proces lijkt alleen haalbaar op grote schaal. Er is, voor zover bekend, nog geen praktijkervaring opgedaan met dit proces voor de dunne mestfractie. Onderzoek is nodig om de technisch/economische haalbaarheid van dit proces vast te stellen.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid voor toepassing bij mestverwerking (dunne mestvloeistof)

- Stikstof wordt niet teruggewonnen voor nuttig hergebruik.
- De biologische processen kosten energie. Bij het conventionele nitrificatie en denitrificatie-proces en bij het SHARON-proces is een externe koolstofbron nodig.
- De biologische processen worden gekenmerkt door een relatief lange verblijftijd van de te behandelen vloeistof in de reactoren. Dit betekent dus relatief grote reactoren.
- Bij de biologische omzetting komt N_2O als broeikasgas vrij.
- De complexiteit van de processen neemt toe in de volgorde, conventionele nitrificatie/denitrificatie, SHARON en SHARON-ANAMMOX.
- Met toepassing van SHARON en SHARON-ANAMMOX op de dunne mestvloeistof is, voor zover bekend, nog geen of weinig ervaring opgedaan.
- De kosten van de biologische omzetting nemen af in de volgorde: conventionele nitrificatie/denitrificatie (ca. 4 euro/kg verwijderde NH_3), SHARON en SHARON-ANAMMOX (ca. 1 à 1.5 Euro/kg verwijderde NH_3). Deze kostenschatting is zeer globaal.
- Toepassing van deze processen lijkt alleen haalbaar op grote schaal.

- Er bestaan ook nog enkele systemen die qua principe min of meer vergelijkbaar zijn met SHARON-ANAMMOX. Genoemd kunnen worden o.a. CANON, DEAMMONIFICATION en OLAND.
- Onderzoek is nodig naar de technisch-economische haalbaarheid van het SHARON en het SHARON-ANAMMOX.
 - De concentraties van NH_3 en PO_4 van de resterende vloeistoffase na een biologisch verwijderingsproces zullen zonder meer voldoen aan de criteria; concentratie $\text{N-NH}_3 < 200 \text{ mg/l}$, concentratie $\text{P-PO}_4 < 80 \text{ mg/l}$.
- De waterige fractie bevat $> 200 \text{ mg N/l}$ en wordt daarmee als mest beschouwd. De plaatsingsruimte is dan beperkt.
- De kosten van de biologische stikstofverwijdering zijn min of meer vergelijkbaar met de kosten van de processen die gericht zijn op terugwinning van NH_3 voor hergebruik. Een uitzondering is het SHARON-ANAMMOX-proces, waarvan de kosten lager zijn. Als de producten van ammoniakterugwinningsprocessen nog een zekere marktwaarde hebben, dan is biologische verwijdering/vernietiging van ammoniak, economisch gezien, minder aantrekkelijk.

Literatuur

STOWA, 1996. Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's - Enkelvoudig reactorsysteem voor ammoniumverwijdering via nitriet. STOWA-rapport 1996-01.

STOWA, 2000. Het gecombineerde Sharon/Anammoxproces. Een duurzamer methode voor N-verwijdering uit slibgistingwater. STOWA-rapport 2000-25.

STOWA, 2004. Rejectiewaterbehandeling geëvalueerd - SHARON, effluentkwaliteit, alternatieven en marktpotentie. STOWA-rapport 2004-20.

Wiegant, W., W. van Betuw, J. Kruit en C. Uijterlinde, 2009. Duurzame deelstroombehandeling voorstikstofverwijdering op rwzi heeft de toekomst. H2O 42 (10).

Bl.3.6 Verwerking mest en mestfracties op een RWZI

Rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) zijn primair gericht op de zuivering van stedelijk afvalwater om een effluent te produceren dat loosbaar is op oppervlaktewater. De laatste jaren wordt er een toenemende trend geconstateerd om RWZI's energie-neutraal te maken en fosfaten en eventueel ook stikstof terug te winnen voor hergebruik. De wijze van procesvoering van de zuivering en de manier van verwerking van het zuiveringsslib zijn sterk bepalend voor de mate waarin men deze aanvullende doelstelling kan bereiken. Omdat ook mestverwerking zich richt op zuivering van de mestvloeistof, terugwinning van N en P uit de mest en winning van energie uit mest, kan de vraag gesteld worden in hoeverre er synergie kan worden bereikt door de mest geheel of gedeeltelijk op een RWZI te verwerken. Door de STOWA is een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de synergiekansen door samenwerking tussen de varkenshouderijsector en de waterzuiveringssector.

Er is een aantal opties geselecteerd:

- Volledige zuivering van de varkensdrijfmest tezamen met het binnenkomend afvalwater in de bestaande zuiveringslijn (financieel onhaalbaar, daarom niet verder uitgewerkt).
- Verwerken van relatief schone waterige mestfracties tezamen met het stedelijke afvalwater.
- Verwerken van waterige mestfracties tezamen met het rejectiewater afkomstig van de slibvergisting en gericht op terugwinning van N en P voor hergebruik.
- Apart vergisten van mest (en slib) op het terrein van en de RWZI.
- Covergisten van mest met zuiveringsslib.

De verschillende opties zijn in het algemeen samengesteld uit een aantal aan elkaar gekoppelde processtappen. De geselecteerde opties zijn vervolgens nader onderzocht op technische en financiële haalbaarheid.

Op grond van dit onderzoek wordt in het rapport van de STOWA de volgende eindconclusie geformuleerd:

'Onder de huidige marktomstandigheden biedt verwerking van permeaat uit omgekeerde osmose op een rwzi

met beschikbare capaciteit een goede mogelijkheid voor financiële synergie. Verwerking van ruwe mest op het terrein van een rwzi biedt synergievoordelen bij energieproductie en terugwinning van nutriënten. Bij de huidige tarieven voor energie, mestafvoer en opbrengsten van struviet en ammoniumsulfaat is de verwerking van ruwe mest op het terrein van de rwzi in financiële zin nog niet aantrekkelijk. Dit wordt vooral veroorzaakt door:

- hoge kosten voor stikstofverwijdering en/of terugwinning,
- transportkosten naar rwzi.
- de afzetkosten van mestproducten.

Wanneer stikstofverwijdering/terugwinning uit rejectiewater niet noodzakelijk is om te blijven voldoen aan de effluentie-eis voor N, dan komt de financiële balans meer in evenwicht.

Deze studie is een momentopname. Verwacht wordt dat de markt voor mestafzet de komende jaren in beweging komt als door een veranderende regelgeving. Daarnaast mag verwacht worden dat de kosten voor stikstofverwijdering/terugwinning zullen dalen. De financiële balans voor mestverwerking op de rwzi zal door deze ontwikkelingen waarschijnlijk gunstiger worden, waardoor ook voor dat scenario op termijn synergie in zicht zou kunnen komen'.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid en duurzaamheid

In bovenstaande studie is uit gegaan van de afzet van nat slib en natte mestkoek naar een centrale slibverbrandingsinstallatie. De kosten van verbranding zonder energierugwinning zijn dan echter veel te hoog en maken deze verwerkingsroute voor mest financieel niet haalbaar. Natte mestkoek zou overigens waarschijnlijk alleen tegen relatief hoge kosten ook elders kunnen worden afgezet.

Het financiële perspectief van mestverwerking op een RWZI kan worden verbeterd door het slib en de mestkoek op de RWZI te drogen met afvalwarmte afkomstig van een WKK. De calorische waarde van de gedroogde slib/mestkoek is zodanig dat de opbrengst aan elektrische energie de kosten van het verbrandingsproces, inclusief het droogproces, kunnen compenseren. Bijkomend voordeel is dat zowel uit de slibfractie als uit de mestkoek een as wordt verkregen die een hoog gehalte aan P bevat. Een dergelijke benadering past bij het streven naar een meer duurzame slibverwerking dat inmiddels al in gang is gezet en dat zich vooral gaat richten op de winning van energie uit zuiveringsslib en terugwinning van P voor hergebruik. Bij verwerking van mest zijn energiewinning en terugwinning van N, P, K ook prioritaire aandachtspunten. De route van drogen van mest en slibkoek vergt echter hoge investeringskosten, vooral ook omdat een goede behandeling van drooggassen nodig is. Voor een beperkt deel worden de droogkosten gecompenseerd door de lagere transportkosten van gedroogde mest en gedroogd slib.

Verwerking van mest, vooral van dunne mestvloeistoffen, op een RWZI biedt perspectieven. Voor permeaat van omgekeerde osmose en voor andere typen dunne mest met een relatief laag gehalte aan NH_3 en organische stof lijkt de verwerking op een RWZI financieel haalbaar.

De economische haalbaarheid van een volledige mestverwerking op een RWZI, een verwerking van alleen de natte mestkoek of een volledige verwerking van de dunne mestvloeistof is nog zeer onzeker en hangt sterk af van de toekomstige ontwikkelingen op het gebied van de zuivering van stedelijk afvalwater en de verwerking van zuiveringsslib in het kader van vergroting energieproductie en vergroting duurzaamheid van het waterzuiveringssysteem.

De grondstoffen (P, N en K) en organische stof als energiebron kunnen in principe zeer goed worden goed benut.

Literatuur

STOWA, 1996. Behandeling van stikstofrijke retourstromen op rwzi's - Enkelvoudig reactorsysteem voor ammoniumverwijdering via nitriet. STOWA-rapport 1996-01.

STOWA, 2000. Het gecombineerde Sharon/Anammoxproces. Een duurzamer methode voor N-verwijdering uit slibgistingwater. STOWA-rapport 2000-25.

STOWA, 2004. Rejectiewaterbehandeling geëvalueerd - SHARON, effluentkwaliteit, alternatieven en marktpotentie. STOWA-rapport 2004-20.

Wiegant, W., W. van Betuw, J. Kruit en C. Uijterlinde, 2009. Duurzame deelstroombehandeling voorstikstofverwijdering op rwzi heeft de toekomst. H2O 42 (10).
Schoomans, O.F., W.H. Rulkens, O. Oenema en P.A.I. Ehlert, 2011. Phosphorus recovery from animal manure; Technical opportunities and agro-economical perspectives. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2158.

Bl.3.7 Forward osmosis voor verdere concentrering van mineralen bevattende vloeistoffenvloeistof

Forward osmosis (FO) is een proces dat zich nog in de ontwikkelfase bevindt. Voor de volledigheid wordt het wel als techniek benoemd, maar een uitgebreide beschrijving is (nog) niet mogelijk en zinvol. Forward osmosis is een proces waarbij een semipermeabel (voor water doorlaatbaar) membraan wordt toegepast. Aan één zijde bevindt zich de te concentreren vloeistof, bv. de dunne mestfractie. Aan de andere zijde bevindt zich een zgn. osmotische oplossing (draw solution, onttrekkingsvloeistof). Deze oplossing bevat een hoge concentratie aan opgeloste moleculen of ionen en heeft daarom een hoge osmotische druk. Deze oplossing heeft de neiging om water te onttrekken aan de te concentreren oplossing, de dunne mestfractie die zich aan de andere kant van het membraan bevindt. De drijvende kracht is het verschil in osmotische druk van beide vloeistoffen. Bij het onttrekken van water wordt de dunne mestvloeistof dus geconcentreerd en de onttrekkingsvloeistof verdund. De onttrekkingsvloeistof moet daarom regelmatig worden geconcentreerd door water te verwijderen. Geclaimde voordelen zijn o.a. dat er geen grote uitwendige drukverschillen nodig zijn, het geringe energieverbruik en minder membraanvervuiling. De grootste uitdaging is het vinden van een geschikte, goedkope opwerking van de draw solution. Wereldwijd is er een groeiende belangstelling voor dit proces. De verwachting is dat verdere ontwikkeling van FO tot een betrouwbaar in de praktijk toepasbaar systeem voor mestverwerking nog wel vijf tot tien jaar kan duren.

Bl.3.8 Eendenkroosteelt voor de verwerking van de dunne fractie

Eendenkroos heeft de eigenschap dat het nutriënten zoals P, N, K en CO₂ uit afvalwater, waaronder mestdigestaat, kan verwijderen en deze stoffen kan gebruiken voor groei. De groeisnelheid van eendenkroos is relatief hoog. De samenstelling van de eendenkroos is vooral interessant door het hoge gehalte aan proteïnen waardoor eendenkroos in principe geschikt is als vis of veevoer. Verder is gebruik van eendenkroos als co-vergistingsmateriaal mogelijk.
Er bestaan verschillende typen eendenkroos. Wereldwijd vindt vooral in tropische landen eendenkroosproductie plaats voor de zuivering van afvalwater en de productie van visvoer.

Kenmerken van eendenkroos en eendenkroosvijvers

Op basis van literatuurinformatie kan een aantal karakteristieke aspecten van eendenkroos en eendenkroosvijvers worden gegeven:

- Eendenkroos bestaat uit drijvende planten. Groei vindt plaats aan het oppervlakte.
- De afmetingen van de eendenkroosplantjes liggen in het algemeen in de orde van ca. 1 - ca. 20 millimeter. Ze hebben zonne-energie (licht) nodig om celmateriaal te maken uit CO₂, stikstof en fosfaatcomponenten.
- Zeer globale schatting van maximale concentratiegrenzen van nutriënten in de te behandelen vloeistof zijn:
 - N optimaal ca 10-50 mg/l
 - K is in feite geen probleem
- Verblijftijd van het afvalwater in een kroosweekvijver ligt in de orde van enkele dagen tot een week.
- Eendenkroosproductiesnelheid in vijversystemen. Maximaal ca. 20 g droge stof per dag per m² vijveroppervlak onder de meest gunstige omstandigheden. Onder klimaatomstandigheden in Nederland: 5 tot 10 g droge stof per m² per dag. Zeer globaal op jaarbasis: 20 ton droge stof per jaar per ha. Bij verder optimalisatie mogelijk tot 30 ton per jaar per ha.
- Aanwezige toxische verbindingen zoals zware metalen en mogelijk ook medicijnresten worden voor een deel geabsorbeerd door het kroos.
- Om zowel N als P tot een voldoende laag niveau te kunnen verwijderen uit het te behandelen afvalwater moet de verhouding N/P juist zijn.

- Verwijderingsrendementen voor N tot 99% zouden mogelijk zijn. Mogelijkheden voor P tot 95%. Verwijderingsrendement voor K ligt waarschijnlijk in de orde van 90%. In principe is het mogelijk om concentraties aan N en P in het te behandelen water te verkrijgen die voldoen aan de lozingsnormen voor oppervlaktewater. Daarvoor zijn echter lange verblijftijden nodig. Echter voor lozing op oppervlaktewater van in een eendenkroosvijver behandelde dunne mestvloeistof (die verkregen is na een mechanische scheiding van de mest) zijn nog aanvullende zuiveringsstappen nodig om uiteindelijk aan de Nederlandse normen voor lozing op oppervlaktewater te voldoen.

Reactorsystemen

- Open vijversystemen in de buitenlucht. Eventueel gemodificeerd om hinder van sterke wind (concentrerend van eendenkroos te voorkomen). Er is wel zeer groot oppervlak nodig.
- Kassen (met kunstmatige (led)verlichting). Hierin kan in de winterperiode waarschijnlijk ook voldoende biomassa worden geteeld. De vraag is in welke mate de kosten van de verlichting het rendement beïnvloeden.
- Oogsten van eendenkroos is zeer eenvoudig.

Opties voor toepassing van eendenkroosweek op dunne mestvloeistof

- a) Directe toepassing op dunne mestvloeistof. Gezien de samenstelling van de dunne mest fractie - donkere kleur, hoge concentratie aan NH_3 (ca. 3 g/l) - is het zeer onwaarschijnlijk dat eendenkroos direct op de dunne mest kan groeien. Verdunning is zeer waarschijnlijk noodzakelijk. Deze verdunning kan voor een deel mogelijk plaats vinden met al gezuiverde dunne mestvloeistof.
- b) Separate winning van N (en P) uit de dunne mestvloeistof als concentraat (via omgekeerde osmose, electrodialyse, strippen, struvietprecipitatie) en toepassing van deze concentraten in gesloten systemen voor eendenkroosproductie.
- c) Nazuivering in de eendenkroosvijver van gedeeltelijk fysisch/chemisch/biologisch voorgezuiverde dunne mestvloeistof.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid en duurzaamheid

- Knelpunten: bij open vijversystemen is een groot oppervlak nodig voor de eendenkroosproductie. Open systemen zijn niet toepasbaar in de winterperiode (vorst). Voor lozing van met eendenkroosweek behandelde dunne mestvloeistof op het riool is zeer waarschijnlijk nog een verdere intensieve zuivering nodig. Er bestaat een risico op overstroming bij extreme buien, die in de zomer voor kunnen komen.
- Nog veel onderzoeksvragen moeten beantwoord worden om een goed oordeel te kunnen geven over deze optie, ook over de te volgen procesroutes. Het is wel interessant als het effluent zonder kosten kan worden afgezet.
- Kosten zijn nog moeilijk in te schatten, het hangt sterk af van de prijs die voor eendenkroos wordt betaald
- Verwachte toepassing: over vijf tot tien jaar, mits netto kosten acceptabel zijn en meegelift kan worden met andere innovatieve ontwikkelingen.
- De plaatsingsruimte wordt verbeterd als er van kroos goed veevoer van kan worden gemaakt. Het volume van de dunne fractie wordt echter niet kleiner en het is geen oplossing voor het mestprobleem.

Literatuur

Eendenkroos: van afval tot veevoer. December 2009. Rapport 306. Wageningen UR Livestock research.
 Duckweed Aquaculture, A new aquatic farming system for developing countries. Paul Skillicorn, William Spira en William Journey. The world bank enema technical department agricultural division.
 Duckweed: A tiny aquatic plant with enormous potential for agriculture and environment.
 Er bestaat zeer veel (overige) literatuur over de toepassing van eendenkroos voor de behandeling van afvalwater in tropische gebieden.

Bl.3.9 Algenproductie voor de verwerking van de dunne fractie

Algen hebben de eigenschap dat ze nutriënten zoals P en N, maar ook organische stof en CO₂ uit afvalwater kunnen verwijderen en deze stoffen kunnen gebruiken voor groei. De groeisnelheid van algen is relatief hoog. De samenstelling van de algen is interessant voor de levering van energiecomponenten (biobrandstoffen), eiwitten en hoogwaardige chemicaliën. In principe kunnen algen ook min of meer direct gebruikt worden als veevoer of visvoer. Verder is gebruik van algen als co-vergiftigingsmateriaal mogelijk. Er bestaan duizenden typen algen.

Wereldwijd vindt er uitgebreid onderzoek plaats naar de productie van algen voor de productie van biofuels. Voor een eventuele toepassing van algen voor de verwerking van mest wordt primair gedacht aan de toepassing op de dunne mestvloeistof die bij de mechanische mestscheiding wordt verkregen.

Kenmerken van algen en algenkweekvijvers

Op basis van literatuurinformatie kan een aantal karakteristieke aspecten van algen en algenkweek(vijvers) worden genoemd:

- De afmetingen van algen ligt in het algemeen in de orde van 5 - 70 micrometer. Ze hebben zonne-energie (licht) nodig om celmateriaal te maken uit CO₂, stikstof en fosfaatcomponenten. Er bestaan vele soorten algen.
- Zeer globale schatting van concentratiegrenzen (toelaatbare maxima) van componenten in de te behandelen mestvloeistof
 - BOD maximaal 2000 mg/l
 - P maximaal 500 mg/l
 - NH₃ maximaal 1000 mg/l
 - Zouten, kan sterk variëren, afhankelijk van het type alg dat wordt toegepast.
- Van belang is dat het licht voldoende diep in het water kan doordringen. Licht is de meest belangrijke component. Dat betekent ook dat algenvijvers niet te diep mogen zijn (maximaal 1 m), gesuspendeerde componenten moeten worden verwijderd en een zekere menging nodig is. Kleur van de mest kan een probleem zijn.
- Verbliftijd van het afvalwater in de algenkweekvijvers ligt in de orde van enkele dagen.
- Algenproductiesnelheid. Sterk afhankelijk van de hoeveelheid zonlicht die beschikbaar is en de temperatuur. Maximaal ca. 40 g droge stof per dag per m² vijveroppervlak onder de meest gunstige omstandigheden. Onder optimale omstandigheden in de praktijk in tropische gebieden ca. 20 g droge stof per m² per dag. Onder klimaatomstandigheden in Nederland: 5 tot 15 g droge stof per m² per dag. Zeer globaal op jaarbasis: 50 ton droge stof per jaar per ha.
- Aanwezige toxische verbindingen zoals zware metalen en mogelijk ook medicijnresten worden voor een deel geabsorbeerd.
- Om zowel N als P tot een voldoende laag niveau te kunnen verwijderen moet de verhouding N/P voldoen aan zekere grenzen.
- In principe is het mogelijk om concentraties aan N en P in het te behandelen water te verkrijgen die voldoen aan de lozingsnormen voor oppervlaktewater. Daarvoor zijn echter lange verblijftijden nodig. Echter bij BOD, COD, etc. zijn waarschijnlijk nog aanvullende zuiveringsstappen nodig om een uiteindelijke effluentkwaliteit te verkrijgen die voldoet aan de normen voor lozing op oppervlaktewater.

Reactorsystemen

- Open vijversystemen in de buitenlucht, in daglicht (goedkoop). Wel zeer groot oppervlak nodig.
- Kassen (met kunstmatige (led)verlichting). Kunnen in winterperiode waarschijnlijk nog werken.
- Buisreactoren (of andere typen gesloten reactoren) met kunstmatige (led)verlichting. Voorlopige nog te duur voor dunne mestbehandeling.

Controle van de algenpopulatie en het groeiproces nodig (ook van eventuele predatoren die de algen consumeren).

Oogsten van de algen via centrifugeren, flotatie, coagulatie/flocculatie, filtratie etc. zeer lastig.

Opties voor toepassing van algenkweek op dunne mestvloeistof

Mogelijke opties zijn:

- a) Directe toepassing op dunne mestvloeistof.
 - Gezien de samenstelling van de dunne mestfractie - donkere kleur, hoge concentratie aan NH_3 (ca. 3 g/l) is het zeer onwaarschijnlijk dat algentechnologie direct op de dunne mestvloeistof kan worden toegepast. Verdunning is noodzakelijk. Deze verdunning kan plaats vinden met al gedeeltelijk gezuiverde mestvloeistof.
 - De algenmassa die wordt verkregen kan mogelijk worden gebruikt:
 - In een mestvergistingsinstallatie om de biomassaproductie te verhogen. Mogelijk dat een ultrasone of thermische behandeling van de algen bij verhoogde temperatuur nog kan zorg dragen voor een extra verhoging van de biogasproductie. Recirculatie van algenmassa over de bioreactor kan mogelijk leiden tot een wat hogere stikstofconcentratie in de te behandelen dunne mestfractie.
 - Gebruik als veevoer/visvoer (niet zeker of dat ook kan bij open systemen).
 - Gebruik als energiebron (elders).
 - De uiteindelijke samenstelling van het effluent dat de algenkweekreactor verlaat hangt sterk af van de verhouding N/P en ook van het gedrag van medicijnresten bij het zuiveringsproces. Organische stof wordt voor een deel verwijderd, K en andere nog aanwezige zouten in slechts geringe mate. Voor het effluent van de algenkweekvijver bestaan drie opties
 - Lozing op oppervlaktewater na een intensieve behandeling bv. een combinatie van omgekeerde osmose, electrodialyse, ionenwisseling en actieve kooladsorptie. Daarbij ontstaan ook reststoffen die verder verwerkt moeten worden.
 - Lozing op het riool van een RWZI. Als dat is toegestaan zijn de kosten overeenkomstig de vervuilingswaarde van de resterende vloeistof. Die hoeft niet groot te zijn.
 - Afzet in de landbouw als irrigatiewater (afhankelijk van de verhouding (N/P) en de absolute waarde van de concentratie van P (of N))
- b) Separate winning van N en P uit de dunne mestvloeistof (via omgekeerde osmose, electrodialyse, strippen, struvietprecipitatie) als concentraat en toepassing elders als bron van nutriënten voor algen-productie (buiten de landbouwsector).
- c) Nazuivering van gedeeltelijk fysisch/chemisch/biologisch voorgezuiverde dunne mestvloeistof.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid en duurzaamheid

- Knelpunten: bij open vijversystemen groot oppervlak nodig voor de algenproductie. Open systemen zijn niet toepasbaar in de winterperiode (vorst). Oogsten is lastig en duur. Voor lozing van via algenkweek behandelde dunne mestvloeistof is zeer waarschijnlijk nog een verdere intensieve zuivering nodig.
- Nog zeer veel onderzoeksvragen moeten beantwoord worden om een goed oordeel te kunnen geven, ook over de te volgen procesroutes.
- Waar ligt de markt voor de geoogste algen uit dunne mestfractie? Is veevoer of visvoer haalbaar? Of alleen na bewerking? Combinatie met de productie van biodiesel? Veevoer maken uit algen moeilijker dan uit kroos. Algen voor biogas? Levert dat voldoende op? De haalbaarheid is sterk gerelateerd aan de prijs die voor deze algen wordt betaald.
- Kosten waarschijnlijk erg hoog.
- Verwachte toepassing: over 5 à 10 jaar, mits netto kosten acceptabel zijn en meegelift kan worden met andere gerelateerde innovatieve ontwikkelingen.

Literatuur

National Algal Biofuels Technology Roadmap. U.S. Department of Energy, (May), 2010.

Agae World. Rotterdam, the Netherlands, April 27 en 28, 2009.

Duurzame productie van fijnchemicaliën en energie uit algen. (April, 2004). Openbaar eindrapport E.E.T. project K99005/398510-1010 (J.H. Reith).

The Algal Industry Survey. Dr. Mark Edwards & Centre for Management Technology, 2009.

Algen helpen boer met verwerken van varkensmest. De Ingenieur nr.9 22 mei 1996.
Effluentpolishing met algentechnologie. Tussenrapportage. Stowa rapport w08 (2009).

Bl.4. Verwerken van de ongescheiden digestaat

Bl.4.1 Strippen ammoniak uit gehele digestaat en absorptie van ammoniak in zwavelzuur

Het strippen van ammoniak uit het gehele digestaat kan worden toegepast op de dunne fractie of op het gehele digestaat. Omdat de techniek niet wezenlijk verschilt tussen deze twee vormen, wordt de techniek één keer uitgewerkt. De beschrijving staat in 3.3.4

Bl.4.2 Verwerking digestaat op een RWZI

Bij het verwerken van digestaat op een RWZI kan de gehele digestaat als uitgangsmateriaal worden genomen, of alleen de dunne fractie. Omdat de techniek niet wezenlijk verschilt tussen deze twee vormen, wordt de techniek één keer uitgewerkt. De beschrijving is opgenomen in 3.3.6.

Bl.4.3 Hydrothermolyse van mest of digestaat

Hydrothermolyse kan worden toegepast op de gehele digestaat, of op de dikke fractie. Omdat de techniek niet wezenlijk verschilt tussen deze twee vormen, wordt de techniek één keer uitgewerkt. De beschrijving is opgenomen in 3.2.5.

Bij superkritische natte verbranding wordt organische stof, aanwezig in een waterige slurry, bij een temperatuur en druk voorbij de superkritische condities van water geoxideerd. Deze superkritische condities zijn $T > 374\text{ °C}$ en $P > 220\text{ bar}$. Bij deze condities is er geen verschil meer tussen waterdamp en water. Superkritisch water heeft bijzondere eigenschappen. Organische stof gaat gemakkelijk in oplossing terwijl de oplosbaarheid van zouten sterk is verminderd. De oplosbaarheid van zuurstof in het superkritische water is zeer groot. Mede door de zeer hoge temperatuur is de oxidatiesnelheid zeer groot. Verblijftijden van minder dan één minuut zijn vaak voldoende voor een volledige oxidatie. Dit betekent dat in het algemeen met een zeer kleine reactor kan worden volstaan. De oxidatie heeft tot gevolg dat er zeer veel energie wordt geproduceerd bij een relatief hoge temperatuur. Deze energie moet worden afgevoerd. Neergeslagen zouten kunnen eventueel in neergeslagen vorm uit de superkritische reactor worden verwijderd.

De te behandelen natte slurry wordt eerst op druk gebracht en vervolgens verwarmd tot de gewenste temperatuur ($T > 374\text{ °C}$) met een warmtewisselaar. Aan deze reactor wordt een gecomprimeerde luchtstroom toegevoerd die zorgt voor de zuurstof die nodig is voor het oxidatieproces. De uittredende slurry wordt met een warmtewisselaar afgekoeld waarbij de overgedragen warmte wordt gebruikt voor opverhitting van de ingaande slurry. Als het superkritische oxidatieproces plaats vindt bij een hoge temperatuur kan de afgevoerde warmte ook gebruik worden voor opwekking van elektriciteit. De afgekoelde slurry wordt gescheiden in een vloeistoffase, waarin zich nog opgeloste zouten bevinden, in een stroom vaste inerte deeltjes en een gasfase bestaande uit CO_2 , N_2 en mogelijk nog een kleine hoeveelheid zuurstof. Ingeval alleen zuurstof wordt gebruikt bevat de gasfase nagenoeg uitsluitend CO_2 .

Door DSM zijn in 1988 de toepassingsmogelijkheden van dit proces voor verwerking van mest onderzocht. Het experimentele deel van het onderzoek is uitgevoerd met een bench scale opstelling van de firma Modar. Deze firma heeft het superkritisch behandelingsproces voor organische slurries ontwikkeld. Het experimentele onderzoek is uitgevoerd met varkensdrijfmest bij een reactor temperatuur van 600 °C en een druk in een reactorsysteem van twee na elkaar geschakelde reactoren (om ongewenste by passing te voorkomen) bij een druk van 255 bar. Het oxidatieproces werd uitgevoerd met lucht. Uit het experimentele onderzoek blijkt dat een zeer zuiver effluent kan worden verkregen: organisch koolstofgehalte $< 1\text{ ppm}$, NH_3 -gehalte $< 1\text{ ppm}$, metalen $< 1\text{ ppm}$. Het gehalte aan opgeloste zouten bedroeg ca. 15 ppm. Het effluent voldoet aan de lozingsnormen voor oppervlaktewater. In het afgas van het proces werd geen NO_x en NH_3 aangetroffen. Het

gehalte aan N_2O bedroeg 100 ppm. De conversie-efficiëntie voor organische koolstof in de mest bedroeg ca 98%. Op basis van de resultaten van het experimentele onderzoek werd een technisch-economische evaluatie uitgevoerd voor een verwerkingscapaciteit van 800.000 m³ mest per jaar. Daarbij werd aangenomen dat de vrijkomende warmte voor een belangrijk deel kan worden omgezet in elektrische energie. Ook werd aangenomen dat fosfaat en kalium tegen een bepaalde marktprijs zouden kunnen worden afgezet. De integrale netto verwerkingskosten die werden berekend bedroegen destijds ca. 35 gulden per ton met een marge van 15 gulden naar beneden en naar boven. De transportkosten van de mest naar de verwerkingsinstallatie zijn daarbij echter niet inbegrepen.

Eventuele haalbaarheid van superkritische oxidatie voor mestverwerking

Technisch gezien lijkt het proces goed toepasbaar voor de behandeling van varkensdrijfmest. De kosten liggen op een redelijk niveau. Het is echter niet duidelijk in hoeverre bij het ontwerp van de installatie in voldoende mate rekening is gehouden met het zeer corrosieve karakter van de mestvloeistof onder de procesomstandigheden van superkritische oxidatie. Verder moet opgemerkt worden dat, hoewel superkritische oxidatie als proces al tientallen jaren bekend is en er verschillende onderzoeken hebben plaats gevonden op labschaal met de behandeling van organisch componenten bevattende slurries, er op dit moment, voor zover bekend, nog geen praktijk installaties operationeel zijn.

Een mogelijke verbetering van het proces zou de toepassing van zuivere zuurstof kunnen zijn. Zuivere zuurstof heeft het nadeel dat het duur is. Daar staat echter tegenover dat de werking van de reactor sterk verbetert als gevolg van het ontbreken van een grote inerte gasstroom (N_2). De uitredende gasstroom bevat bij gebruik van zuivere zuurstof nagenoeg uitsluitend CO_2 en zou wellicht nuttig kunnen worden toegepast. Mogelijk dat bij de verdere ontwikkeling van een superkritische oxidatie van mest aangesloten zou kunnen worden bij het onderzoek naar de superkritische oxidatie van zuiveringsslib.

Gezien het huidige ontwikkelingsstadium is de verwachting dat nog een lang onderzoek en ontwikkelingstraject nodig is om tot een grootschalige verwerkingsinstallatie voor varkensdrijfmest te komen.

Opmerkingen over eventuele haalbaarheid en duurzaamheid

- Op grond van de verkregen resultaten van bovengenoemd onderzoek lijkt superkritische oxidatie van de volledige mest technisch en economisch haalbaar.
- Bovenstaande conclusie is gebaseerd op kort lopende labschaal-experimenten. Langeduur experimenten ontbreken nog. Verder is het de vraag of er geen hogere kosten gemaakt moeten worden voor de materiaalkeuze. De condities van het vloeistofmilieu - waterfase, hoge temperatuur, aanwezigheid van chloor en zuurstof - is zeer corrosief.
- Wereldwijd bestaat er geen of nauwelijks praktijkervaring met superkritische oxidatie van waterige afvalstromen, ondanks het feit dat superkritische oxidatie al tientallen jaren als techniek bekend is.
- Voor het verder ontwikkelen van deze technologie voor volledige verwerking van mest moet waarschijnlijk nog een lang ontwikkelingstraject worden doorlopen.
- Een zeer goede benutting van energiepotentieel, P en K. De aanwezige ammoniak wordt echter vernietigd.

Literatuur

Superkritische behandeling van varkensdrijfmest: een tweede-generatie technologie. Ir. J.M.G. Geurden en ing. H.H.B. Vonken (DSM Research BV). Pt/ procestechniek 43 (1988), nr. 4.

B1.5 Vergisting en co-vergisting

In de Quick scan van be- en verwerkingstechnieken voor dierlijke mest. (Melse, R.W., F.E. de Buissonjé, N. Verdoes en H.C. Willers (2004). Rapportage opdrachtgever 1390938000, Animal Science Group, Lelystad) worden de verschillende opties voor vergisting en co-vergisting en de mogelijkheden dit proces te optimaliseren uitvoerig beschreven. Die informatie wordt in onderstaande tekst niet herhaald, maar enkele aanvullende technieken beschreven.

BI.5.1 Verhoging biogasproductie

Verhogen van de biogasproductie kan door toepassing van een voorbehandeling/ontsluiting. Door de Animal Sciences Group van Wageningen UR is een oriënterend onderzoek (bureaustudie) uitgevoerd naar de mogelijkheden om de biogasproductie te vergroten door toepassing van een voorbehandeling/ontsluiting. De biogasproductie van rundvee- en varkensdrijfmest bedraagt circa 20 à 30 m³ biogas per ton drijfmest. Als door toepassing van een ontsluitingstechniek de biogasproductie met 50% zou toenemen, dan stijgt de biogasproductie nog maar met circa 10 à 15 m³ biogas per ton drijfmest. Bij omzetting via een WKK-installatie bedraagt de meeropbrengst dan grofweg € 3,20 à € 4,80 per ton drijfmest. Dus de kosten van de ontsluitingstechnieken voor drijfmest moeten laag zijn om het economisch haalbaar te maken. Er is echter hierover onvoldoende bekend. Er zijn voor zover bekend nog geen praktijkervaringen met toepassing van ontsluitingstechnieken voor drijfmest, maar alleen onderzoekservaringen.

In de oriënterende studie zijn de volgende groepen van ontsluitingsmethoden onderzocht: fysische ontsluiting, chemische ontsluiting, thermische ontsluiting en biologische ontsluiting en combinatie van ontsluitingsmethoden. Op basis van deze studie lijken de volgende ontsluitingstechnieken perspectief te bieden voor mestvergisting: 1) thermische ontsluiting als een goedkope warmtebron beschikbaar is, 2) aerobe voorbehandeling en 3) hydrolyseren van mest. De overige genoemde technieken lijken vooralsnog onvoldoende perspectief te bieden voor mestvergisting door de complexiteit, kosten en/of verwacht effect op de biogasproductie. Als alleen de dikke fractie wordt ontsloten dan moet dit door schaalgrootte centraal of regionaal gebeuren bij een covergistingsinstallatie. Daarom moeten perspectiefvolle technieken voor ontsluiting van de dikke mestfractie in combinatie met het ontsluiten van co-producten beoordeeld worden.

Referenties:

- Optimaliseren van mestvergisting. Juni 2009. Rapport 243. Animal Sciences Group van Wageningen UR. (<http://www.asg.wur.nl>)
- Schoumans, O.F., W.H. Rulkens, O. Oenema en P.A.I. Ehlert, 2011. Phosphorus recovery from animal manure; Technical opportunities and agro-economical perspectives. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2158.

BI.5.2 Optimalisatie van het vergistings proces

Door de Animal Sciences Group van Wageningen UR is een onderzoek uitgevoerd naar het optimaliseren van de biogasproductie uit mest. Uit de resultaten van de batchtesten in het onderzoek kunnen als belangrijkste conclusies worden getrokken:

- Gemiddeld is de maximale methaanproductie 55% van de theoretische potentiële methaanproductie, maar verschilt sterk per mestsoort. Voor de meeste onderzochte mestsoorten geldt in principe dat een groot deel van de methaanproductie niet benut wordt.
- De samenstelling van de varkensmest (mestsoort) bepaalt de hoogte van de methaanproductie haalbaar bij een bepaalde verblijftijd.
- Een verdere optimalisatie van de mestvergisting (evt. met een klein aandeel covergisting) is mogelijk. Vervolgonderzoek naar het optimaliseren van mestvergisting is daarvoor nodig.

•

Bij het verbeteren van de mestvergisting kan ook nog gedacht worden aan:

- thermofiele mestvergisting (nadat een deel van de ammoniak is verwijderd),
- een tweetrapsvergisting met een ontsluiting van de vaste fase na de eerste vergistingsstap,
- een tweetrapsvergisting waarbij de mest eerst mechanisch wordt gescheiden in een dikke fractie (mestkoek) en een dunne mestvloeistof. De dikke fractie kan vervolgens worden vergist met een zgn. droge vergistingssysteem met relatief lange verblijftijd (dit wordt o.a. toegepast voor organische huisvuilfracties).

De dunne fractie kan mogelijk worden vergist in een high rate anaeroob vergistingssysteem met korte verblijftijd.

Referenties:

- Timmerman, M. en W. H. Rulkens, 2009. Korte inventarisatie naar voorbehandeling van mest t.b.v. hogere biogasproductie. Rapport 287. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Timmerman, M., J.W. van Riel, I. Bisschops en M. van Eekert, 2009. Optimaliseren van mestvergisting. Animal Sciences Group, onderdeel van Wageningen UR, Lelystad. Rapport 243.

BI.5.3 Decentrale boerderijvergister (500 m³)

Een derde mogelijkheid is nog niet operationeel en daarmee nog niet gepubliceerd, maar is een idee van J. Sanders voor een andere aanpak van de mestvergisting. Het idee richt zich op een decentrale boerderijvergister met een centrale WKK elders, of verdere opzuivering van al opgezuiverd methaan voor het aardgasnet.

Hierbij wordt uitgegaan van 500 ton droge stof mais (25 ha) als cosubstraat bij 1.000 m³ mest, dat ca. 180.000 m³ CH₄ en evenveel CO₂ levert (het gaat hier om een equivalent van 100 kWh). Het biogas wordt met een kleine compressor op 60 bar gebracht in aanwezigheid van beperkte hoeveelheid water waarin het CO₂ gas voor een groot deel oplost. Daardoor wordt het methaan voorgezuiverd en kan het met een kleiner volume worden getransporteerd naar een centrale WKK, of naar een opzuiverstation om in het aardgasnet (ook 60 bar) te worden gebracht. Het methaan kan met 60 vrachtwagens (50 m³) worden getransporteerd. Het water met CO₂ (en ongetwijfeld nog enige CH₄) wordt getransporteerd naar een kas waar een WKK of slechts een aardgaskachel in gebruik is ter verwarming en aanmaak van CO₂. Door de druk van het water af te laten komt het gas vrij en bij één op één menging met aardgas ontstaat er een mengsel dat goed brandbaar is en waaruit een dubbele hoeveelheid CO₂ komt vergeleken met het gebruikte aardgas.

Er wordt ca. 8000 GJ aan gas (met 48 k€ waarde) geproduceerd en 180 ton CO₂ ter waarde van 12 k€. Wanneer een deel van het biogas voor eigen gebruik komt van de boer, krijgt het gas per GJ 10 € waarde i.p.v. de 6 € waarmee gerekend is. Met 1500 €/ha en de kosten voor de vergister en het hogedruksysteem voor methaan en CO₂, lijkt deze business case ook op kleine schaal winstgevend. Het digestaat kan zonder veel transportkosten worden geplaatst op de eigen 25 ha; er zijn geen transporten over de weg voor nodig. Eventueel kan de compressor een deel van de vrachtwagen zijn, die het gas collecteert uit tijdelijke gas-opslag in gaszakken om zodoende de investeringen per boer te verlagen.

Met 1.000 van deze vergisters kan 1 miljoen m³ mest worden verwerkt en 25.000 ha mais en 180 miljoen m³ methaan dat genoeg is voor 100 MW of in het aardgasnet kan worden opgenomen. Er vindt weinig tot geen transport van grondstof en residuen plaats, het vraagt een lage kapitaalskosten, omdat alleen het meest nodige decentraal gebeurt, er vindt verwaarding van methaan én van CO₂ plaats. Uiteindelijk is dit systeem nog te verbeteren door combinaties te maken met fosfaatverwijdering en/of NH₃-verwijdering.

Inhoud

Bijlage II	Expertbijeenkomst I: Kansrijke ketens voor het verwaarden van digestaat	61
BII.1	Samenvatting	61
BII.2	Programma Expertbijeenkomst Kansrijke ketens voor het verwaarden van digestaat	62
BII.3	Welkom en doel en context van de dag, Roland Bus	63
BII.4	Verwerkingsopties voor digestaat, presentatie prof. J. Sanders, Wageningen UR	63
BII.5	Aantekeningen werkgroep Verwerkingsopties voor de dikke fractie	64
BII.6	Aantekeningen werkgroep Mineralen-concentraten uit digestaat	66
BII.7	Aantekeningen werkgroep Chemische bewerking dunne fractie	68
BII.8	Aantekeningen werkgroep Productie Biomassa uit de dunne fractie	70
BII.9	Aantekeningen werkgroep Strategieën gericht op voorkomen (dezelfde deelnemers als bij biomassa)	71
BII.10	Werkgroep NOW	73
BII.11	Werkgroep HOW	75
BII.12	De belangrijkste inzichten samengevat	77
BII.13	Deelnemerslijst	79

Bijlage II Expertbijeenkomst I: Kansrijke ketens voor het verwaarden van digestaat

Auteurs: Charlot Teng, Dorien Brunt, Annemieke Smit

BII.1 Samenvatting

Op 2 december 2011 werd een expertbijeenkomst over kansrijke technieken/ketens voor het verwerken van digestaat georganiseerd in opdracht van de provincie Gelderland door Wageningen UR en Wing. De bijeenkomst vormt onderdeel van het project BION (Biogas Infrastructuur Oost-Nederland) waarin de provincie de productie van biogas wil versnellen. Eén van de maatregelen om dat te bereiken is het verwaarden van digestaat.

De expertbijeenkomst had als doel om met ondernemers, onderzoekers en overheid een aantal concrete verwerkingsketens van digestaat nader te beschouwen. We bespraken de kansen en belemmeringen voor deze ketens vanuit verschillende perspectieven: duurzame afzet van mineralen, technologieën, economische haalbaarheid, maatschappelijke inpasbaarheid en juridische vraagstukken. Het resultaat valt samen te vatten in twee grote lijnen voor toekomstige acties: kansen verzilveren en wegnemen van belemmeringen.

Kansrijke opties voor de verwerking van digestaat op korte termijn zijn: drogen van digestaat, mineralenconcentraat en opwaardering van biogas. Kansrijke opties voor de verwerking van digestaat binnen vijf jaar zijn: grondstoffen halen uit mengvoederstromen, efficiënt vergisten, mestverwerking zonder covergisting en anorganische winning van zuivere eindproducten. Samenwerking tussen partijen in de keten is noodzakelijk, in de vorm van ketencontracten, met rwzi's en waterschappen.

De andere lijn is meer gericht op het wegnemen van belemmeringen, die vaak buiten het bereik van de actieve ondernemers liggen, maar waar de provincie een faciliterende rol in kan hebben. Belemmeringen kunnen van verschillende aard zijn. Naast technologische belemmeringen en de economische haalbaarheid zijn er bij de verwerking van digestaat belemmeringen bij de duurzame afzet van mineralen, juridische belemmeringen en belemmeringen van maatschappelijke aard:

- Voor de afzet van digestaat is kwalificering van producten in de verwerkingsketen (een 'kwaliteitslabel') belangrijk, vooral voor eindproducten en de kwaliteit van input in de vergister. Met heldere kwalificeringen kan de markt zich organiseren. Rijk en EG staan hiervoor aan de lat.
- Daarnaast is het vinden van locaties voor de verwerking van digestaat vaak lastig, evenals het doorlopen van de benodigde vergunningentrajecten. Consistent beleid en het stroomlijnen van procedures zijn hiervoor belangrijk. Gemeente en provincie kunnen hiervoor de regie nemen en inzetten op heldere randvoorwaarden en een gestroomlijnde doorloop van het vergunningentraject. Hiervoor is ook de samenwerking tussen provincie en gemeenten belangrijk.
- Een derde soort belemmeringen voor de afzet van digestaat heeft te maken met de maatschappelijke kosten en baten. Voor verwerkingsopties die nu groots ingezet kunnen worden, zoals mineralenconcentraten, zijn de maatschappelijke kosten nog erg hoog. Er zijn verschillende stappen nodig die veel energie en chemicaliën kosten, terwijl in de verwerkingsoptie weinig waarde wordt toegevoegd.

De kansen en belemmeringen die geagendeerd zijn tijdens de expert bijeenkomst op 2 december worden verder uitgewerkt en opgepakt. Daarnaast onderzoekt de provincie begin januari 2012 of ze kan voorzien in de behoefte aan kennis-management en het faciliteren van kennisuitwisseling tussen ondernemers, onderzoekers en vertegenwoordigers van de overheid.

BII.2 Programma Expertbijeenkomst Kansrijke ketens voor het verwaarden van digestaat

datum: vrijdag 2 december '11

locatie: Provinciehuis Arnhem

tijdstip: ochtend van 9 tot 13.00 uur, met aansluitend een lunch

8.30 uur	Inloop met koffie en thee
9.00 uur	Welkom door dagvoorzitter Dorien Brunt
9.05 uur	Doel en context van de expertbijeenkomst, Roland Bus, provincie Gelderland
9.15 uur	Kansrijke ketens: verwerkingsopties voor digestaat, presentatie Prof. Johan Sanders, Wageningen UR
9.45 uur	Kennismaken rond 'kansrijke ketens'
10.00 uur	Werkgroepen per keten Stap 1. Introductie op technieken en producten Kloppen technieken, kloppen producten? Op welk schaalniveau speelt deze keten?
10.20 uur	Stap 2. Wat zijn kansen en knelpunten voor de verschillende stappen in de keten? Wat en wie zijn nodig voor het benutten van kansen en oplossen van knelpunten? Bespreking van verschillende aspecten: • Duurzame afzet van mineralen • Technologieën • Economische haalbaarheid • Maatschappelijke inpasbaarheid • Juridische vraagstukken
11.00 uur	Koffiepauze en verkennen van de andere ketens
11.15 uur	Reflectie op de kansen en knelpunten. Interview met Geert Boosten, Innovatienetwerk, Roland Bus en Jeroen Sluijsmans, provincie Gelderland gevolgd door plenair gesprek
11.45 uur	Werkgroep NOW • Welke ketens kunnen nu al breed neergezet worden? • Waarom is dat nog niet gelukt? Werkgroep HOW • Innovatief én realiseerbaar • Hoe krijgen we pilots van de grond en met wie? Werkgroep WOW • Intrigerende ideeën voor de toekomst. • Wat moeten we weten, organiseren en met wie?
12.30 uur	Plenair gesprek: Waar zou Gelderland op in kunnen zetten en waarom?
12.50 uur	Doorkijk op vervolg door Roland Bus
13.00 uur	Lunch



BII.3 Welkom en doel en context van de dag, Roland Bus

Doel: Komen tot kostenreductie afzet digestaat voor realisatie biogasinfrastructuur in Gelderland (BION)

Speerpunten van provincie Gelderland

- Duurzame economie, werkgelegenheid en innovatie
- Energietransitie
- Versterken agrarische sector: duurzame landbouw en vitaal platteland
 - Inzet op BION draagt bij aan alle drie speerpunten
 - Niet alleen, maar samenwerking van 5 O's: Leren voor Duurzame Ontwikkeling

Principes van Biogas Infrastructuur Oost-Nederland (BION)

Stimuleren productie biogas door opzetten van efficiënte productie- en verwerkingsketen

- Collectief vs. individueel
- Decentraal produceren, centraal opwerken
- Transporteer gas en geen mest
- Realisatie van de benodigde infrastructuur
- Biogasproductie niet los zien van mestoverschot
- Inzetten op duurzame digestaatverwerking

Verwachting van deze expertmeeting

- Bouwen aan kennis en kennisnetwerk rondom verwaarding van digestaat
- Overzicht van kansen en belemmeringen voor het verwaarden van digestaat en het benodigde instrumentarium
- Eerste stap om te komen tot een businesscase, om in een vervolgbijeenkomst verder uit te werken.



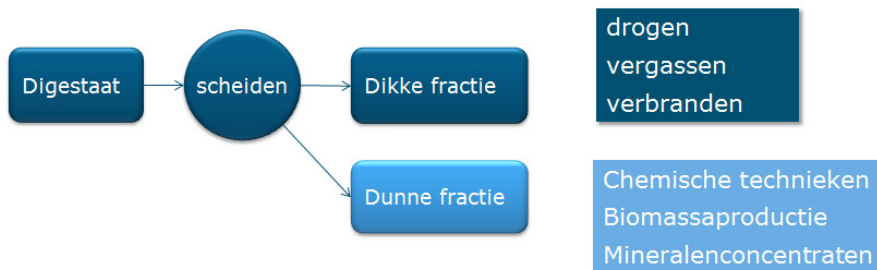
BII.4 Verwerkingsopties voor digestaat, presentatie prof. J. Sanders, Wageningen UR

Prof. Johan Sanders gaf een presentatie rond de drie centrale vragen voor de expertbijeenkomst:

- Hoe kan de afzet van digestaat worden verbeterd?
- Hoe kunnen de kosten van de verwerking worden verlaagd?
- Hoe kan worden gezorgd voor vermarktbare producten?

Prof. Johan Sanders presenteerde een overzicht van de verschillende verwerkingsopties en werkte deze opties vervolgens verder nader uit.

Schematisch overzicht van verschillende verwerkingsopties



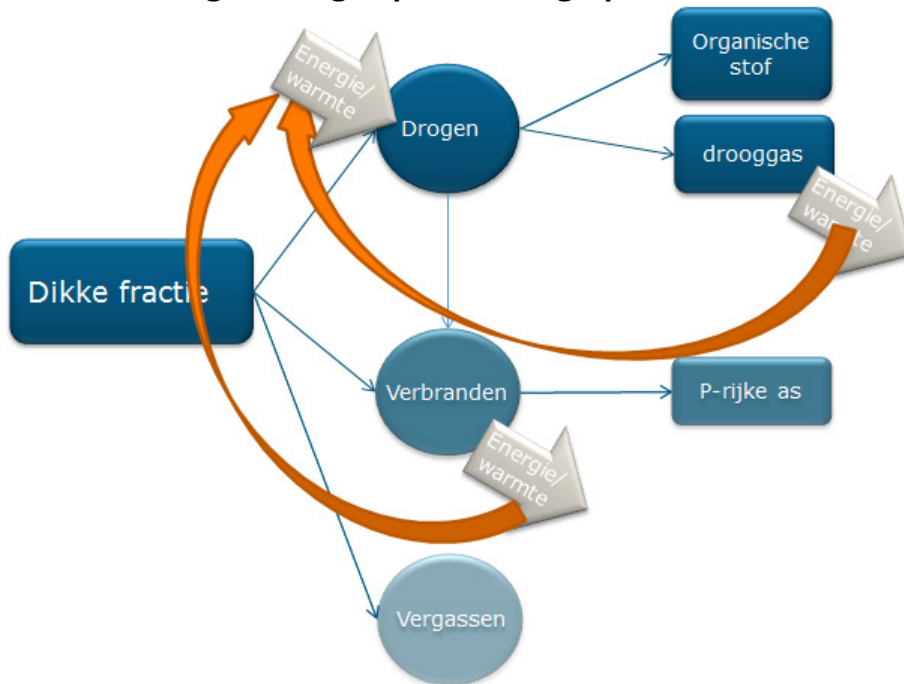
De opdracht voor de werkgroepen was om de kansen en knelpunten voor de verschillende opties in beeld brengen vanuit verschillende perspectieven:

- Economische haalbaarheid
- Duurzame afzet van mineralen
- Beschikbaarheid technologie of kennis
- Maatschappelijke inpasbaarheid
- Regelgeving, juridische vraagstukken

In werkgroepen zijn de verwerkingsopties verder uitgewerkt rond drie vragen:

- Klopt het schematische overzicht?
- Wat zijn belangrijke knelpunten?
- Waar liggen de belangrijkste kansen?

BII.5 Aantekeningen werkgroep Verwerkingsopties voor de dikke fractie



Deelnemers (op basis van visitekaartjes)

1. Henk Kruidhof, Ceres Milieutechniek
2. Bart Docters van Leeuwen, Heidro droogtechniek
3. Bart Verberkt, Waterstromen
4. Henno Haaring, Dorset
5. Arend Bolt, Van Gansewinkel Groep
6. Martijn Wagener, Essent
7. Ron van Heijningen, GMF Gouda
8. Jan de Jong, Essent
9. Jochen Görtzen, Biovalor
10. Jaap Uenk, Dofco
11. Jeroen Sluijsmans, provincie Gelderland, gespreksleider



Kansen

De werkgroep signaleert verschillende kansen voor het omgaan met de dikke fractie (dat vrijkomt na mestscheiding/vergisting):

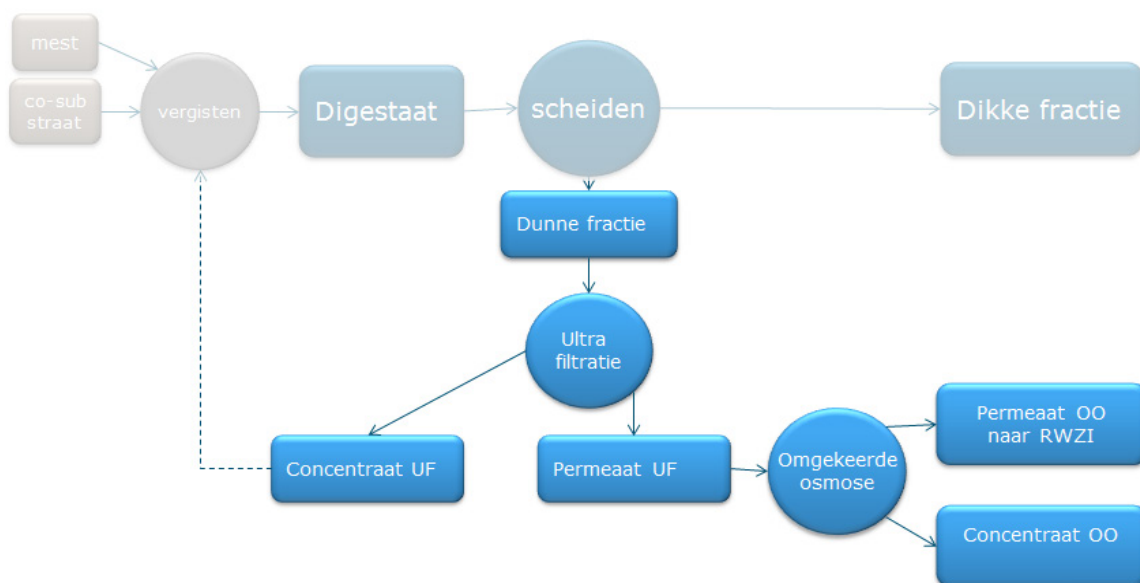
- Herstellen van mineralenkringlopen, lokaal, regionaal, en gelet op het mineralen overschot in Nederland zijn er afzetmogelijkheden in Duitsland en andere Europese regio's. Verschillende productvormen zijn denkbaar zoals gedroogde mestkorrels, struviet, mineralenconcentraten e.d. Droogtechnieken voor mestkorrels zijn al operationeel op verschillende plaatsen.
- Economische kansen in termen van bedrijvigheid, werkgelegenheid, innovaties. Buitenlandse afzetmogelijkheden zijn groot. Rendementsverbeteringen lijken kansrijk door:
 - het benutten van restwarmte van andere bedrijven.
 - gebruik van energie-efficiëntere droog technologieën, zoals 'lagere temperatuur contact drogen onder vacuüm' en niet-thermische droogtechnieken zoals de 'pulverizing air drying technologie'.
 - gebruik van nieuwe mestscheidings technologieën.
- Verwaarden van de gedroogde producten. Dit is mogelijk door deze verder te bewerken.

Knelpunten

In prioriteitsvolgorden van hoog naar laag:

- **Kwaliteitslabel voor digestaatproducten:** Digestaatproducten verschillen in aard en omvang. Klanten vragen om kennis/informatie over de werking/kwaliteit als meststof, bodemverbeteraar. Daarvoor zijn testen via veldproeven nodig. Die zijn kostbaar en het ontbreekt aan budgetten. *Wie of wat is nodig:* Een samenwerking tussen fabrikanten van mestkorrels en andere mineraal houdende producten, onderzoeksinstellingen en (eind)gebruikers van de producten.
- **Beleid, vergunningen en maatschappelijke acceptatie:** Complexe vergunningsregels, maatschappelijke weerstanden tegen mestvergistingbedrijven en een discontinu overheidsbeleid belemmert initiatiefnemers. Ook wordt een onbalans ervaren in het beleid rond groengasproductie en het mineralenoverschot. *Wie of wat is nodig:* hier ligt een rol voor de beleidsketen: EU, rijk, provincie, gemeenten. Wellicht kan de Crisis & Herstelwet (Atsma) daar een rol in spelen.
- Onbekendheid met locaties waar **potentieel bruikbare restwarmte** beschikbaar is en het ontbreken van stimulansen vanuit beleid om die te benutten. *Wie of wat is nodig:* ZLTO geeft aan een landelijke inventarisatie te hebben van potentiële restwarmteleveranciers. De provincies zijn nodig om dit qua RO en vergunningen mogelijk te maken. Ook is onduidelijk of businesscases daadwerkelijk rendabel worden, want de restwarmte is vast niet gratis.
- **Rentabiliteit:** veel factoren zijn van invloed op de rentabiliteit zoals de afzetwaarde, schaal (centraal/decentraal) en logistieke kosten. *Wie of wat is nodig:* ondernemers zien voor zichzelf een rol om dit knelpunt op te lossen, en zij zien zichzelf voldoende bekwaam om dit knelpunt te tackelen.

BII.6 Aantekeningen werkgroep Mineralen-concentraten uit digestaat



Deelnemers

- Jos van Gastel, ZLTO
- Martien van Kempen, Kempfarm
- Bart van der Velpen, Royal Haskoning
- Anneloes Verhoek, Stichting Mestverwerking Gelderland
- Nico Verdoes, Wageningen UR Livestock Research
- Charlot Teng, Wing, gespreksleider



Kansen	Knelpunten
Technisch bewezen verwerkingsoptie met beleidsdraagvlak.	Regelgeving rondom afzet kunstmestvervanger (uit dierlijke mest) moet nog goedgekeurd worden door EG Is nog niet veelvuldig toegepast (alleen nog toegepast op lokale schaal). Hierdoor is ook financiering lastig. Regelgeving rondom afzet (dierlijke mest).
Anders scheiden vóór de verwerkingsoptie is kansrijk. Hiervoor zijn andere stalsystemen nodig. Provincie kan stimuleren om versneld over te stappen op andere stalsystemen en breed kijken naar de duurzaamheid van stalsystemen.	De verwerkingsoptie kost veel energie en chemicaliën (grote footprint t.o.v. waarde eindproduct). De duurzaamheid van het proces is moeizaam qua profit en planet (people is onduidelijk).
Beleid (kwalificering) voor zowel de dunne fractie als de eindproducten. Laat beleid aangeven waar het product aan moet voldoen, niet hoe het gemaakt moet worden. Beleid voor export (P) en de concentraten.	Door kwalificering kunnen eindproducten meer waarde krijgen (vervangen van kunstmest). Bijvoorbeeld categorisering door het Rijk en EG.
Scheiden van concentraat in afzonderlijke N- en K-stroom. Concentraat centraal bundelen in een coöperatie door bijv. een ZLTO.	Er wordt in de verwerkingsoptie onvoldoende waarde gecreëerd: - te lage NK concentratie in concentraat OO. - de verwerkingsoptie moet een stap worden in een grotere keten.
Formuleren van doelvoorschriften op elke overheids laag stimuleert marktwerking.	Verlaging van de kosten voor de afzet van digestaat leidt tot verhoging van kosten voor de aankoop van co-substraat, omdat vergisten aantrekkelijker wordt en daarmee de druk op de co-substraatmarkt toeneemt.
Schema	
- Er zijn optimalisatiemogelijkheden voor vergisting van concentraat uit de ultrafiltratie. Concentraat van de UF kan mogelijk vergist worden. Maar de vraag is daarbij of dit veel extra biogas oplevert. De andere mogelijkheid is om het concentraat eventueel bij de dikke mestfractie te voegen. - Er zijn verschillende toepassingen denkbaar voor permeaat OO (hergebruik, combinaties met bedrijven/ industrie) -> stap in een keten. - Concentraat OO kan verder geconcentreerd worden.	- De verwerkingsoptie vraagt hoge investeringen en hoge kostprijs met beperkt return. - Eindproducten zijn niet hoogwaardig genoeg. - Voorbehandeling voor membraanfiltratie is nog onderontwikkeld. - De stap 'omgekeerde osmose' vergt veel energie.

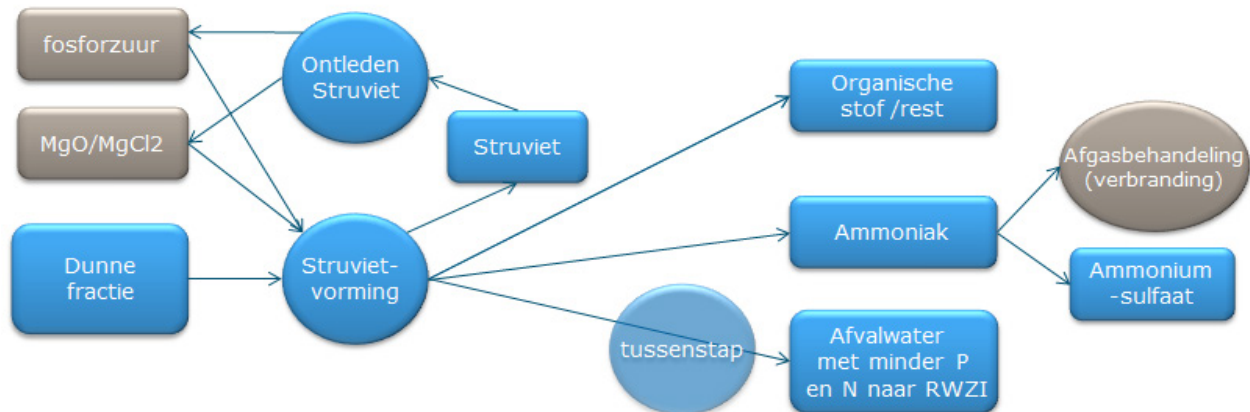
Concluderend

Op korte termijn (de komende vijf jaar) is dit één van de meest kansrijke technieken voor de verwerking van digestaat en voor BION; het is een technisch bewezen optie met beleidsdraagvlak. De ontwikkeling van deze verwerkingsoptie is sterk vanuit beleid gedreven, vanuit de EU is hier sterk op ingezet. Op de lange termijn wordt het (nog) niet als een kansrijke techniek gezien in verband met de lage economische rentabiliteit; de eindproducten hebben weinig waarde, zeker ten opzichte van de stappen en hoeveelheid energie en chemicaliën die nodig zijn om de eindproducten te vervaardigen.

Advies: laat de ontwikkeling nu vooral doorgaan en de kennis die eruit voortkomt kan gebruikt worden voor optimalisatie en zoeken van meer duurzame wegen.

Om deze verwerkingsoptie een versnelling mee te geven zijn a) locaties nodig en b) vergunningen. Hiervoor zijn respectievelijk **gemeente** en **provincie** nodig **en** met name de **samenwerking** tussen die twee is van belang. Ook werd aangegeven dat er een actie voor de provincie lag in de vorm van lobby naar EL&I en EU. Er moeten voor de verwerking van digestaat meerdere technieken goedgekeurd worden, om te optimaliseren willen we niet alleen vastzitten aan omgekeerde osmose.

BII.7 Aantekeningen werkgroep Chemische bewerking dunne fractie



Deelnemers (op basis van visitekaartjes)

1. Jan van den Broek, Byosis
2. Johan Thiescheffer, Sustec
3. Boris Colsen, Colsen BV
4. Martin Wilschut, GMB
5. Gijs van Selm, Waterstromen
6. Violtje Lebuf, Vlaams coördinatiecentrum mestverwerking
7. Marjolein Kruidhof, Ceres milieutechniek
8. Naten van Hemelrijk, LT Eco
9. Wim Rulkens, voormalig hoogleraar Wageningen UR
10. Dorien Brunt, Wing, gespreksleider



Reactie op het schema

- De productie van struviet is interessant om in de komende jaren te volgen.
- Goede struviet heeft marktwaarde: de moeite waard om in de vorm van een pilot verder uit te werken. Op dit moment is er in een interessant niche voor struviet (tuincentra etc.), waar in principe een hoge prijs voor het product wordt betaald. Duitsland is een interessant afzetmarkt. De vraag is natuurlijk wat de marktprijs doet als je grote hoeveelheden struviet produceert en daar een markt voor probeert te vinden.
- De toepassing in Nederland is nog beperkt door wettelijke bepalingen.
- Een belangrijk aandachtspunt bij de vorming van struviet is de beschikbaarheid van fosfaat. Fosfaat is duur en is nauwelijks aanwezig in de dunne fractie. Mogelijk dat fosfaat gewonnen kan worden uit de dikke fractie. Daarvoor bestaan verschillende mogelijkheden. Eén van de mogelijkheden is biologische verzuring van de dikke fractie. Onderzoek op labschaal heeft hier aanwijzingen voor gegeven.
- De vraag is of afgasverbranding om ammoniak te verwijderen uit afgassen wel de meest optimale methode is.

- Het hele proces moet bekeken worden: van wijze van vergisten en de verschillende technieken die beschikbaar zijn voor de struvietvorming (kristallisatie, filtratie, precipitatie, etc.) op:
 1. Kostenefficiëntie.
 2. stadium waarin de techniek zich bevindt.

Met aandacht voor:

- De wijze van vergisten beïnvloedt de kwaliteit van het uiteindelijke struviet (thermofyle vergisting, toepassing drukhydrolyse).
- Er zijn verschillende technieken voor struvietvorming gericht op het herwinnen van kalium.
- Slim omgaan met laagwaardige warmte (o.a. warme stallucht, restwarmte die vrijkomt bij de productie van elektriciteit uit biogas, afvalwater niet lozen op RWZI, maar de laagwaardige warmte weer benutten voor het volledig indampen en drogen van het digestaat. Dit leidt uiteindelijk tot een droog korrelachtig product (voorbeeld hiervan in België: boerderij die opgestart is in 2008 en die heel efficiënt omgaat met laagwaardige warmte. De kosten van dit proces liggen op een niveau dat toepassing economisch interessant is. Natan van Hemelrijck heeft hier meer info over).

Kansen en knelpunten

Kansen	Knelpunten
Positieve valorisatie door: • Afname van producten door kunstmest of chemische industrie. • Past binnen een strategie gericht op duurzaamheid.	Er is een mismatch tussen aanbod en vraag van de mineraalrijke producten: de markt ontwikkelt niet snel genoeg. Is samenwerking met kunstmestindustrie mogelijk of interessant? Door productie van kunstmest uit de dunne fractie neemt de markt voor de kunstmestindustrie af.
Biedt kansen voor een efficiëntere vergisting: meervoudige mestverwaarding. De gehele keten van mestverwerking integraal moet worden bekeken. Het gehele proces levert verschillende producten: • Gas • Struviet • Warmte (al dan niet uit verbranding organische stof)	
Het biedt kansen voor • Demo • Opschalen naar full scale Dit vraagt: • samenwerking in de keten. • dit soort bijeenkomsten helpen daarbij. • garantiefaciliteiten: zekere mate van afdekken van risico's.	• Zoek een schaal die past bij het risico: niet te snel opschalen, maar wel snel genoeg! • In wetgeving zitten nog knelpunten: toepassingen van struviet. • Borgstelling/garantiestelling met als doel: een duwtje in de rug voor de voorhoede van ondernemers die het risico aan willen gaan. • Geen subsidies.
Het kan een nevenactiviteit zijn op een boerderij.	R.O. vergunningenbeleid is stroef. Voor pilot is nog wel een ontheffing aan te vragen, maar hoe hiermee om te gaan als de inzet full scale is?

Wie/ wat is er nodig?

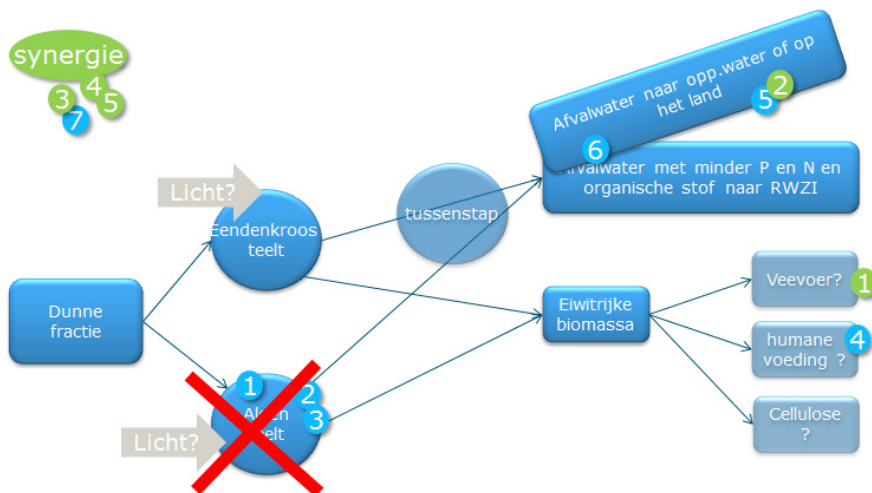
We zitten op het randje dat het gaat lopen

- Goed regelen van aanvoer van varkensmest.
 - Overheid: duurzaam energiebeleid nadat de quotering is afgeschaft.
 - Samenwerking in de keten: bewerkstelligen van synergie over de grenzen van bedrijven.
Bijvoorbeeld om de kosten van opslag van mest op bedrijven te beperken. Het gaat om het slim verbinden van veehouderij, energiebedrijven, akkerbouw en industrie. Bijvoorbeeld: als men de mest direct op haalt bij de boerderij om te verwerken, bespaar je op opslagkosten en levert de verwerking meer biogas op. Maar dan moet je dit proces, deze route, ook kunnen garanderen. Dus ook de afzet van biogas en het vermarkten van producten.
- Op welk schaalniveau moet ingestoken worden? Het is van belang dat er samengewerkt wordt en er een coördinatie op het totaal zit.
- Het is een jonge onrijpe markt, we moeten samen 'know how' opbouwen: ondernemers, overheid en onderzoek.
- Binnen de provincie zou een accountmanager wenselijk zijn. Deze accountmanager moet zich richten op kennis en snelheid van procedures binnen de provincie.

BII.8 Aantekeningen werkgroep Productie Biomassa uit de dunne fractie

Deelnemers

1. Hayo Canter Cremers, CCAadvies
2. Joop Colsen, Colsen BV
3. Coert Petri, Waterschap Rijn en IJssel
4. Johan Sanders, Wageningen UR
5. Fons Goselink, Provincie Gelderland
6. Annemieke Smit, Wageningen UR, gespreksleider

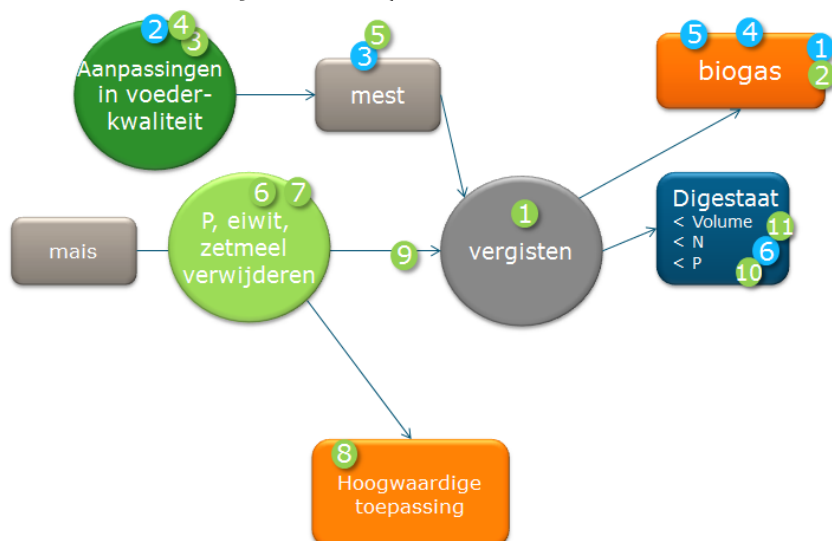


Figuur 7

Schema door de werkgroep aangepast en van commentaar (kansen: groen en belemmeringen: blauw) voorzien (zie nummers in onderstaande tabel).



BII.9 Aantekeningen werkgroep Strategieën gericht op voorkomen (dezelfde deelnemers als bij biomassa)



Kansen

- 1 Thermofiel vergisten.
Dat is sneller: 20 i.p.v. 40 dagen.
Bij 55 °C . Kennisontwikkeling nodig om in te spelen op veranderingen in aanvoerstromen.
- 2 Zwavelzuur is op de locatie van biogasproductie weer te gebruiken voor binding van NH_3 .
- 3 Minder en zwavelarme eiwitten voeren.
- 4 Door grasraffinage minder eiwitten in het voer, daardoor minder N in de mest.
- 5 N zit vooral in de urine, P in de vaste mestkoek. In Sneek pilots met direct scheiden van menselijke urine en fecaliën, voor het bij elkaar komt. Kan dat in de stal ook? Kogien trainen?
- 6 S uit eiwitten halen voor de maisstengels in de vergister gaan
- 7 Opsplitsen van mais, zoals dat door Biosys gebeurt. Van zetmeel wordt ethanol gemaakt.
- 8 Toepassingen zonder verontreinigingen. P, eiwitten. Is niet (in contact geweest met) mest.
- 9 Ontsluiten cellulose en hemicellulose. Daarmee wordt er uit de resten (stengels) toch nog biogas geproduceerd.
- 10 Bundelen van struvietstromen.
(regio's zoals Brabant + Limburg of Gelderland en Overijssel). Dan is het eenvoudiger om afzetroutes te vinden. Grote bedrijven die een groen profiel willen. P in groene vaatwastabletten.
- 11 Statiegeld op P, N en K heffen. Je betaalt het als je kunstmest of voedergewassen koopt en krijgt dat terug wanneer je terug levert.

Knelpunten

- 1 Zwavel in biogas. Moet eerst verwijderd worden.
- 2 Veel import van voedergewassen nodig. Deze bevatten veel eiwitten (met daarin N en S). Runderen hebben niet zoveel eiwitten nodig.
- 3 Veel N in dierlijke mest.
- 4 Biogas is het enige product dat te verwaarden is. Dat is onvoldoende om het proces op te laten lopen. Bovendien wordt subsidie gegeven op het leveren van biogas. Dat wordt met 15 ct per m^3 opgewerkt tot groen gas en door ondernemer weer afgenomen voor gebruik op het bedrijf. Alleen door te leveren op het net ontvangt ondernemer subsidie, terwijl het op eigen bedrijf goed kan worden gebruikt, ook zonder opwerking (à €0,15/ m^3)
- 5 Subsidie. Door exploitatiesubsidie op vergisters wordt er (te) veel ingezet op de productie van biogas en onvoldoende gekeken naar andere mogelijkheden met co-substraat.
- 6 De stroom struviet is te klein om in te kunnen zetten op kunstmestproductie. De huidige 400 ton is niet genoeg, er is 4000 ton per jaar nodig.

Wie en wat hebben we nodig?

Verwerking door eendenkroosteelt

- Afstemming tussen waterschap, LTO, ondernemers en provincie over de kaders rond loosbaar water (welke mineralen in welke concentraties, maar ook andere stoffen zoals hormonen en antibiotica).
- Bundeling van struvietstromen, zodat de stroom wordt vertienvoudigd en er een productie van P-kunstmest van de grond kan komen.

Voorkomen

- Economische evaluatie van alle opties. Er zijn zoveel knoppen om aan te draaien. In het voer, in de mest, in het co-substraat, in de manier van vergisten en de vele verschillende opties voor het verwerken van digestaat. Deze evaluatie moet op bedrijfsniveau en op gebiedsniveau worden uitgevoerd. De kans is groot dat deze laat zien dat het reduceren van de aanvoerstroom en de samenstelling ervan het meeste economisch voordeel oplevert. Deze evaluatie moet op een verantwoorde en consistente manier worden uitgevoerd en vraagt om een goed onderzoekskader. De vraag is of bedrijven bereid zijn om mee te werken en cijfers op tafel te leggen. Vanuit het optimistische idee dat iedereen toch bereid is om de wereld schoner en groener te maken kun je op medewerking rekenen, er zijn natuurlijk ook bedrijven die flink hebben geïnvesteerd in het verwerken van digestaat en die zullen niet graag meewerken aan een evaluatie waaruit blijkt dat ze niet op het meest rendabele spoor zitten.
- Het is zaak om stoffen eerder in de keten te optimaliseren en veevoer of co-substraat te bewerken. Wat de koe niet nodig heeft moet je er ook niet instoppen. Ook het mestplan van LTO werkt teveel van de achterkant (er is mest), terwijl werken aan de voorkant het probleem veel kleiner zou kunnen maken. Veehouderijbedrijven krijgen in 2012 te maken met de verplichting om mest te verwerken. Door voeroptimalisatie en mestscheiding (benutting dunne fractie als kunstmestvervanger) kan het bedrijf de kringloop sluiten. Bedrijven met ruim 250 melkkoeien kunnen straks met mestscheiding, -bewerking en biogaswinning op bedrijfsniveau een kostenbesparing realiseren en tegelijk een verduurzamingslag maken.
- Het gaat hier om een 'doorbraak' in het systeem en je kunt er de 'weeffout' in het huidige economisch gedreven mondiale veevoedselsysteem mee herstellen. Door herstel van deze weeffout prik je bovendien de 'food for fuel' discussies door!

BII.10 Werkgroep NOW

In de werkgroep NOW gaven de deelnemers hun visie op kansrijke opties voor de verwerking van digestaat, wat nodig is om deze opties te versnellen en, tot slot, waar de provincie Gelderland specifiek op in kan zetten.

Kansrijke opties voor de verwerking van digestaat nu.

1. Keep it realistic

Verschillende deelnemers bepleitten een zo eenvoudig (realistisch) mogelijke verwerking van digestaat, met zo min mogelijk tussenstappen.

- Scheiden in een dikke fractie voor export en een vloeibare fractie om te strippen.
- Wining van nutriënten (ammoniak en kalium).
- Nieuw mestverwerkingsproces op basis van mechanisch scheiden, biologisch verwerken in MBR (Membraan BioReactor), reverse osmose voor loosbaar water.
- Mestverwerken met eendenkroos.

2. Drogen van digestaat

Er kwamen verschillende mogelijkheden aan de orde voor het drogen van digestaat.

- Droging met restwarmte.
- Totaal droging/ verwerking.

- Thermisch drogen op grote schaal.
- Energiezuinig drogen; inzet als brandstof en mineralen terugwinning voor hergebruik.

Bij deze optie hoort de uitbreiding van de exportmarkt voor mestkorrels (N + P + K).

3. Verbranding op kleine schaal

Een positief punt van deze optie ten opzichte van de variant op grote schaal is het beperkte transport, nadelig is de emissie.

4. Opwaardering van biogas

- Vloeibaar biogas, cryogeen.
- Biogasopwaardering tot CH₄ en CO₂.

5. Partnerships (contracten) binnen een keten (afspraken over afzet van de dikke fractie)

6. Mineralenconcentraat

Deze verwerkingsoptie kwam uit de eerste werkgroeproude als een kansrijke verwerking op de korte termijn.

7. Combinatie met bestaande systemen, bijvoorbeeld de rioolwaterzuiveringsinstallatie

Wie of wat versnelt?

• Technieken

Voor de ontwikkeling van technieken (1, 2, 3 en 6) geldt dat de verplichting op mestverwerking ontwikkeling en toepassing van mestverwerkingsprocessen versnelt. De sector is **aan zet** voor ondernemerschap en innovatie. Dit betekent dat de **ondernemers in de sector** actie moeten ondernemen. Zij hebben hiervoor nodig van het Rijk en de (koepelorganisaties van) provincie en gemeente:

- Consistent beleid en handhaving van het beleid (**Rijk, provincie en gemeente**) om langetermijncontracten aan te kunnen gaan.
- Doelstellingen bij mineralen (**Rijk en EU**) voor langetermijn zekerheden voor de mogelijkheid voor afzet van eindproducten.
- Doelvoorschriften (**Rijk, provincie en gemeente**) die innovaties mogelijk maken.
- Toetsingscriteria van vergunningen en procedures die vooraf helder zijn (**provincie en gemeente**).
- Vergunningenprocedures die goed georganiseerd en geregistreerd zijn ('niet van loket naar loket gestuurd worden met steeds nieuwe eisen') (**provincie en gemeente**).
- Plekken waar technieken kunnen worden toegepast (**provincie en gemeente**).

NB. Afstemming tussen de overheden is hierbij van groot belang en verdient daarom bijzondere aandacht.

• Innovaties voor opwaardering van eindproducten

Voor innovaties en verwaardig in de keten zijn (wel) subsidies nodig in de vorm van revolverende fondsen en garantstelling. *Specifiek in Gelderland, omdat de agrarische sector hier een belangrijke rol speelt.*

• Samenwerking

Voor partnership en het bouwen van een keten is het nodig dat partijen elkaar kunnen vinden. Een bijeenkomst als vandaag speelt daarin een rol.

Waar kan Gelderland op in zetten?

De provincie Gelderland kan inzetten op stimulering van de mestverwerking, omdat de agrarische sector (in potentie) een 'topsector' van Gelderland is. Daarnaast is in dit werkveld veel winst in synergie te behalen waar het gaat om verduurzaming van energie (zoals BION) en mineralen (biobased economy).

De provincie kan innovaties in de sector stimuleren door inzet van revolverende middelen en garantstellingen. Om bestaande technieken te stimuleren is heldere en consistente regelgeving belangrijk in de vorm van doelvoorschriften. Daarnaast kan het soepel doorlopen van vergunningenprocedures erg helpen (*snel doorlopen van benodigde procedures door actieve ondersteuning en meedenken helpt mij meer dan € 100.000*, aldus één van de deelnemers).

Inspirerende Brabantse voorbeelden voor het ondersteunen van de bouw van een keten worden aangedragen door ZLTO:

- 'Business case mestverwaarden' die door ZLTO wordt uitgevoerd in samenwerking met Vion Ingredients, Rabobank, Agrifirm en Lltb.

Doelstelling van dit project is om dikke mestfracties die vrijkomen bij de lokale mestverwerkinginitiatieven op enkele centrale locaties te drogen met industriële restwarmte. Eind van dit jaar zijn er twee tot vier concrete locaties waar begonnen kan worden met de projectontwikkeling.

- Het projectbureau lokale mestverwerking, een samenwerkingsverband tussen ZLTO en Mestac, Exlan Consultants (Agrifirm), Arvalis en LLTB.

Doelstelling van het 'Projectbureau lokale mestverwerking' is om een versnelling te geven aan de ontwikkeling van lokale initiatieven. Het bureau zoekt locaties en de ondernemers (trekkers) in het veld en werkt vervolgens op 'no cure no pay' basis business plannen uit. De deelnemende partijen doen mee voor eigen kosten en risico. De algemene kosten worden (projectleider, projectadministratie etc.) worden gefinancierd door Lltb, Mestbank Zuid en Zlto.

Een Limburgs voorbeeld, dat ook in Gelderland toegepast kan worden, voor het ondersteunen van een netwerk en samenwerking tussen partijen zijn Innovatiecafés (forum).

BII.11 Werkgroep HOW

In de werkgroep HOW gaven de deelnemers hun visie op opties voor de verwerking van digestaat die in de komende vijf jaar gerealiseerd kunnen worden en waar de provincie Gelderland specifiek op in kan zetten. Kansrijke opties voor de verwerking van digestaat die binnen vijf jaar te realiseren zijn.

1. Grondstoffen halen uit bestaande mengvoederstromen

Door uit agroresiduen allerlei diervoedergrondstoffen zoals eiwit maar ook energiedragers te winnen, die geen of nauwelijks fosfaat en kalium bevatten en die prima kunnen worden opgenomen in mengvoerders en daarmee het fosfaat-gehalte kunnen reduceren tot voor het dier gewenste niveau. Dat heeft ook effect op de mineralengehalten in de mest. Daarnaast komen fracties vrij met fosfaat en met kalium die als kunstmest kunnen/ mogen worden ingezet.

Een eerste fabriek van dit soort kost 15 miljoen euro en is over vijf jaar commercieel en draait dan zonder subsidie.

2. Efficiënt vergisten

Mest vergisten in minder dan vijf dagen. Materiaal is mest en zuiveringslib op een RWZI. De mineralen die gewonnen worden zijn ammoniumsulfaat (vloeibaar) en Ca, Mg, N en P (vast).

Het beeld over vijf jaar is twee mestverwerkingsinstallaties in Gelderland die ieder 100.000 ton kunnen verwerken.

- lokale afzet kunstmest
- optimale energie afzet /verbruik
- lokale aanvoer van mest
- economisch haalbaar en opschaalbaar

3. Mestverwerking zonder (co)vergisting

Productie-installatie waar biogas, mineraal arme compost, struviet en mineralenconcentraat wordt geproduceerd zonder co-vergisting.

Uit de dunne fractie worden de nutriënten teruggewonnen en de dikke fractie wordt biologisch en thermisch gedroogd.

4. Anorganische winning van zuivere eindproducten

Trefwoorden hierbij zijn:

- Economische rendabele recuperatie van P.
- Nutriënten splitsen tot geconcentreerde zuivere eindproducten.
- Waardecreatie met photobioreactor.
- Kali winnen uit dunne fractie.

Rond dit onderwerp zijn nog geen concrete eindbeelden voor over vijf jaar te formuleren.

Wel een concrete onderzoeksvraag, namelijk 'Hoe win je Kali terug?'

Het doel is dat de terugwinning van kali over vijf jaar in iedere installatie plaats vindt.

Over drie jaar zou er 'mest op maat' geproduceerd kunnen worden.

5. Samenwerking in de keten

Om het economisch rendabel te krijgen is samenwerking in de keten (Biomassa-centrales, kunstmestindustrie, Thermphos, RWZI) noodzakelijk. Daarbij kan worden gedacht aan mestverwerking op een RWZI.

Aansluiten bij het streven van de RWZI om een energiefabriek te worden en duurzaam te opereren, o.a. door N en P terug te winnen. Processen op een RWZI: vergisten van de mest, omzetting van biogas in elektriciteit, scheiden van de mest in dunne en dikke fractie, terugwinning van N uit retentaat en dunne fractie, gezamenlijk drogen van slib en dikke mestfractie, afvoer van het gedroogde materiaal naar een centrale verbrandingsinstallatie met energie terugwinning, P-bevattende as naar kunstmestindustrie of P-industrie.

Trefwoorden hierbij zijn:

- ketencontracten
- wat je lokaal kunt doen, moet je lokaal doen
- rwzi's
- waterschappen
- Duiven (als voorbeeld van verbrandingsinstallaties voor natte of gedroogde mestkoek, echter in Duiven is geen terugwinning P uit as mogelijk)

Waar kan Gelderland op in zetten?

Het is belangrijk dat de verschillende partijen elkaar kunnen vinden. Het gaat dan om samenwerking binnen de keten, samenwerking tussen overheid en ondernemers en de inbreng van kennis uit de onderzoeksinstituten.

Verder is het belangrijk dat er gezocht wordt naar duurzame oplossingen die voor de exploitatie niet afhankelijk zijn van subsidies. Subsidies voor innovaties zijn echter wel nodig om het risico voor nieuwe ontwikkelingen niet helemaal bij de ondernemers te leggen. De volgende punten worden genoemd:

- **Onderzoeksvraag:** onderzoek naar economisch rendabele terugwinning van kali.
- Exploitatiesubsidies uitfasen: foute stimulans. Wel **inzetten op subsidies voor innovatie**
- Samen - met de 5 O's - een **businesscase** opbouwen. Dit kan via verschillende aanvliegroutes:
 - Starten vanuit de behoefte om biogas te produceren en daar vervolgens de initiatieven op te enten. Mest koppelt je mee aan deze doelstelling. Bio-ethanol plant.
 - Starten met een economische analyse: welke verwerkingsopsties zijn binnen vijf jaar kosten neutraal? Eerst een kosten/baten analyse en daar vanaf laten hangen welke producten er geproduceerd gaan worden.

- Een **accountmanager** instellen binnen de provincie: iemand die de praktijk van de ondernemers en de praktijk van beleid en vergunningverlening kan verbinden en een bijdrage kan leveren aan de kennisontwikkeling zowel binnen de betrokken overheden als binnen de keten.
- Een **kenniscentrum**/ kennis café/ Community of Practice (CoP) waar betrokkenen elkaar kunnen ontmoeten en aan de samenwerking in de keten en tussen overheid en ondernemers kunnen werken.



BII.12 De belangrijkste inzichten samengevat

Bouwen aan kennis en een kennisnetwerk

Het bouwen aan kennis is één van de voorwaarden voor een rendabele verwerking van digestaat. Tijdens de bijeenkomst werd kennis gedeeld en vergaard rond de volgende centrale vragen:

- Hoe kan de afzet van digestaat worden verbeterd?
- Hoe kunnen de kosten van de verwerking worden verlaagd?
- Hoe kan worden gezorgd voor vermarktbare producten?
-

Daarnaast is het voor het bouwen aan ketens voor de verwerking van digestaat belangrijk dat partijen in de digestaat-verwerking elkaar kunnen vinden.

Kansen om te verzilveren

Een kansrijke optie voor de verwerking van digestaat is de productie van kunstmest uit digestaat. Bij de RWZI in Olburgen wordt dat al gedaan. Samenwerking tussen partijen in de keten is noodzakelijk! In de vorm van ketencontracten, met RWZI's en waterschappen. Een verrassende aanpak werd door Johan Sanders gepresenteerd. Hij wil het mineralenvraagstuk aanpakken door veevoer eerst te raffineren, de waardevolle eiwitten en mineralen te scheiden en waarbij een reststroom de co-vergister in kan.

In 2012 komt er een verplichting op duurzame mestverwerking. Naar verwachting zal deze verplichting de ontwikkeling van digestaat-verwerking versnellen. De ondernemers in de sector zijn aan zet voor ondernemerschap en innovatie. Om belemmeringen bij regelgeving en procedures te slechten hebben zij de overheid nodig.

Voor stimulering van innovaties en verwaarding in de keten zijn subsidies nodig in de vorm van revolverende middelen en garantstelling.

Belemmeringen om aan te pakken

Belemmeringen kunnen van verschillende aard zijn. Naast technologische belemmeringen en de economische haalbaarheid zijn er bij de verwerking van digestaat belemmeringen bij de duurzame afzet van mineralen, juridische belemmeringen en belemmeringen van maatschappelijke aard.

Voor de afzet van digestaat is kwalificering van producten in de verwerkingsketen (een 'kwaliteitslabel') belangrijk, vooral voor eindproducten, maar ook voor de kwaliteit van input in de vergister. Met heldere kwalificeringen kan de markt zich organiseren. Rijk en EU staan hiervoor aan de lat.

Daarnaast is het vinden van locaties voor de verwerking van digestaat vaak lastig, evenals het doorlopen van de benodigde vergunningentrajecten. Consistent beleid en het stroomlijnen van procedures zijn hiervoor belangrijk. Gemeente en provincie kunnen hiervoor de regie nemen en inzetten op heldere randvoorwaarden en een gestroomlijnde doorloop van het vergunningentraject. Hiervoor is ook de samenwerking tussen provincie en gemeenten belangrijk.

Een derde soort belemmeringen voor de afzet van digestaat heeft te maken met de maatschappelijke kosten en baten. Voor verwerkingsopties die nu groots ingezet kunnen worden, zoals mineralenconcentraten, zijn de maatschappelijke kosten nog erg hoog. Er zijn verschillende stappen nodig die veel energie en chemicaliën kosten, terwijl in de verwerkingsoptie weinig waarde wordt toegevoegd.

Aanbevelingen

Gedurende de dag werden drie hoofdpunten geformuleerd die van belang zijn voor het verder ontwikkelen van de biobased economy. Deze zijn:

- Kennisontwikkeling, -ontsluiting en delen van kennis in de keten.
- Risicodekking van innovaties.
- Wegnemen van belemmerende wet- en regelgeving en ingewikkelde procedures.

BII.13 Deelnemerslijst

voornaam		achternaam	organisatie
Pieter		Boelens	Evodos
Arend		Bolt	Van Gansewinkel Groep
Jan	van den	Broek	Byosis Group
Jochen		Görtzen	Biovalor
Hayo		Canter Cremers	CC Advies
Joop		Colsen	Colsen
Boris		Colsen	Colsen
Bart		Docters van Leeuwen	Linea Trovata
Jos	van	Gastel	ZLTO
Henno		Haaring	Dorset
Ron	van	Heijningen	Royal GMF-Gouda
Naten	van	Hemelrijck	LT Eco
Jan	de	Jong	Essent
Martien	van	Kempen	Kempfarm
Henk		Kruidhof	Ceres milieutechniek
Marjolein		Kruidhof	Ceres milieutechniek
Viooltje		Lebuf	ARBOR
Coert		Petri	Waterschap Rijn en IJssel
Arjen		Prinsen	Groot Zevert
Gijs	van	Selm	Waterstromen
Johan		Thiescheffer	Sustec
Jaap		Uenk	Dofco
Bart	vander	Velpen	Royal Haskoning
Bart		Verberkt	Waterstromen
Anneloes		Verhoek	Stichting Mestverwerking Gelderland
Martijn		Wagener	Essent
Nanne		Wams	ForFarmers
Martin		Wilschut	GMB
Johan		Sanders	Wageningen UR
Wim		Rulkens	oud-hoogleraar Wageningen UR
Nico		Verdoes	Wageningen UR
organisatie			
Roland		Bus	Provincie Gelderland
Rita	ten	Dam	Provincie Gelderland
Fons		Goselink	Provincie Gelderland
Jeroen		Sluijsmans	Provincie Gelderland
Annemieke		Smit	Alterra Wageningen UR
Dorien		Brunt	Wing
Charlot		Teng	Wing

Inhoud

Bijlage III	Expertbijeenkomst II: Business cases voor het verwaarden van digestaat	83
BIII.1	Inleiding	83
BIII.2	Drogen van digestaat: de (eu)regiokorrel	84
BIII.3	Synergas: waterzuivering en verwerking dunne fractie	86
BIII.4	Bioraffinage	88
BIII.5	Reflectie en doorkijk op het vervolg	91
BIII.6	Programma	93
BIII.7	Deelnemers	94

Bijlage III Expertbijeenkomst II: Business cases voor het verwaarden van digestaat

BIII.1 Inleiding

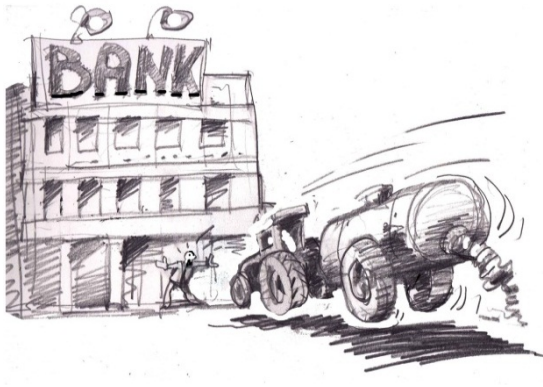
Op 1 februari 2012 vond een werkbijeenkomst plaats over Businesscases voor de verwaarding van mest. De bijeenkomst werd georganiseerd door de provincie Gelderland vanuit het provinciale project Biogasinfrastructuur in Gelderland (BION), waarin de provincie de productie van biogas wil versnellen. Eén van de maatregelen om dat te bereiken is het verwaarden van digestaat.

Deze werkbijeenkomst is het vervolg op de expertbijeenkomst die op vrijdag 2 december 2011 in het provinciehuis te Arnhem is georganiseerd over economisch rendabele technieken voor de verwerking van digestaat. Deze vervolgbijeenkomst is erop gericht om een eerste stap te zetten richting een business case rond de verwerking van digestaat c.q. het verwaarden van meststromen, mogelijk op de Laarberg. De resultaten van deze strategische verkenning kunnen ook van nut zijn voor andere locaties in Gelderland. Roland Bus, projectleider BION, licht het project Biogasinfrastructuur in Gelderland toe en het belang van perspectiefvolle business cases voor de verwerking van digestaat. De presentatie kunt u downloaden van http://netwerkdurzaamenergie.wing.nl/Kansen_voor_Digestaat

Christiaan Kats is de projectontwikkelaar van de Laarberg. Hij schetst de ambities voor de Laarberg. In tijden van crisis is het belangrijk om kansen te zoeken en aan te pakken door te kijken naar waar de behoeften liggen, waarvan kunnen we de afzet garanderen? Hiervoor de 'bottom-up benadering' toepassen: eerst bij ondernemers langs gaan en kansen inventariseren. Creëren van meerwaarden is de kern van de boodschap. Door synergie tussen ondernemingen, samenwerking. Dan gaan kostenprofielen naar beneden. Daarnaast is het de ambitie van de Laarberg om een aantrekkelijke werkomgeving te realiseren. In deze regio wordt het een probleem om in de toekomst hoogopgeleide mensen te vinden. Daarom zoekt de Laarberg samenwerking met Wageningen UR en TU Twente.

De Laarberg zet in op de top drie van de TOP-sectoren van Nederland. Daarbij is gekeken naar waar de Achterhoek sterk in is en wat sterker gemaakt kan worden: 1. High tech maakindustrie, 2. AgroFood en 3. Duurzame energie (hier wil men in de Achterhoek sterk in worden). Verbinden is voor de Laarberg een kernwaarde, tussen de sectoren en met het onderwijs. De ruimtelijke vertaling van deze ambities is weergegeven in een korte animatie. De ruimtelijke drager is de linie 1627.

De kernvraag is: zou je van Laarberg een greenzone kunnen maken, waarin anders omgegaan wordt met regelgeving? Niet op één onderdeel, op alle onderdelen. Ook in samenwerking met gemeenten. Het gehele gebied als proeftuin. Daarnaast een Green Revolving Fund Laarberg, een fonds met kapitaal voor ondernemers dat breed inzetbaar is voor innovaties (daarvoor kan men niet naar de bank) of (deel)financiering via 'crowdfunding'. Iedereen zit op zijn eigen tak (in de eigen sector), terwijl het in de Achterhoek bruist van de energie die juist gekoppeld moet gaan worden. Dagvoorzitter Dorien Brunt vat samen 'we zijn vandaag op zoek naar concrete ideeën en slimme samenwerkingsconstructies'.



Henk van Ruitenbeek

Geert Boosten geeft de werkgroepen een paar tips mee. Belangrijk in een businesscase is wat we kunnen maken? En welke partijen willen dit hebben? Kijk naar de setting van het bedrijventerrein en wat voor partners heb ik dan nog meer nodig op het terrein / directe omgeving. Waardering van biogas, waar zitten de partijen die bereid zijn meer te betalen voor het product en hoe kan ik een stap verder te kijken.

BIII.2 Drogen van digestaat: de (eu)regiokorrel

Deelnemers: Bert van Asselt, Bart Docters van Leeuwen, Bram Groot Wassink, Jan Groot Zevert, Henk Haaring, Roy Reinders, Hans Rouwmaat, Wolfgang Schwöppe, Jaap Uenk, Nico Verdoes, facilitator Charlot Teng.

Wenkend perspectief

Het wenkend perspectief voor deze businesscase is de combinatie van produceren van mestkorrels door het drogen van digestaat met restwarmte (en elektriciteit) en het produceren van duurzame energie.



Henk van Ruitenbeek

Waarom perspectiefvol?

De businesscase is perspectiefvol om een aantal redenen die hier bondig worden toegelicht.

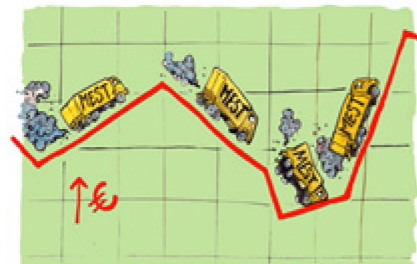
De producten die gemaakt worden voorzien in een behoefte:

- De mestkorrels die geproduceerd worden voorzien in de (wereldwijde) vraag naar meststoffen.
- De duurzame energie voorziet in de behoefte aan groene energie.

Ook de verwerking van mest die niet uitgereden kan worden op het land voorziet in een behoefte door de verplichte mestverwerking voor agrariërs in het nieuwe mestbeleid. Een mestverwerkinginstallatie in de buurt met het certificaat 'erkend verwerker' is voor deze agrariërs een 'licence to produce' en daarmee een noodzaak.

De geproduceerde mestkorrels en energie kunnen rendabel worden dankzij de stijgende kunstmestprijzen en stijgende kosten van fossiele energie.

Een 'escape' in de businesscase voor als de vraag naar mestkorrels achter blijft, is het verbranden van gedroogde mest. Dit heeft niet de voorkeur, omdat het niet duurzaam is. Het voorziet wel in een behoefte van bedrijven als Twence en Van Gansewinkel die het aanbod aan afval voor de vuilverbrandingsinstallaties hard zien terug lopen.



Henk van Ruitenbeek

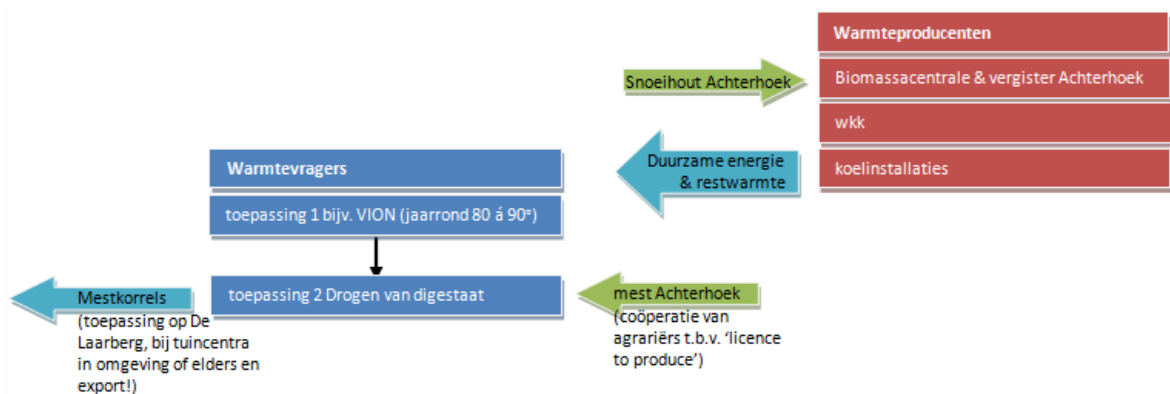
Termijn

Op de langere termijn biedt bioraffinage waarschijnlijk oplossingen voor de mestproblematiek (hoewel daar hoge kosten voor gemaakt moeten worden), de geschetste businesscase is dus vooral perspectiefvol om op korte termijn te realiseren (< 5 jaar). De techniek voor het drogen van digestaat is voorhanden, de contacten tussen partijen zijn al gelegd en er zit energie van partijen op deze businesscase om door te rekenen en te realiseren. Belangrijk is dat zeer snel aan de slag gegaan wordt: 'vandaag besluit, morgen investeren en over twee jaar draaien'. Hiervoor is de vergunningverlening het kritieke pad.

Keten rond de businesscase

Een businesscase voor een centrale drooginstallatie op de Laarberg kan alleen echt perspectiefvol zijn in combinatie met goedkope restwarmte die lokaal wordt geproduceerd (warmte laat zich immers niet transporteren). Een biomassacentrale die gevoed wordt door snoeihout uit De Achterhoek zou hiervoor een geschikte warmteproducent zijn, op dit moment loopt een onderzoek naar een dergelijke installatie, beschikbaarheid van biomassa en een inzamelstructuur. Gerealiseerde voorbeelden van biomassacentrales staan in Cuijk (combinatie met een vergister, grote installatie) en in Hengelo (Ov.) waar snoeiafval wordt ingezet voor de verwarming van een zwembad in een samenwerking met Twence. Belangrijk voor de haalbaarheid en duurzaamheid is dat de warmte van een installatie zo volledig mogelijk ('24/7') benut wordt. Naast producenten van warmte zijn in de keten dus ook energievragers nodig, bijvoorbeeld het koelhuis van slachterij VION. Een schatting van een reële omvang van de drooginstallatie is een verwerkingscapaciteit van 100.000 ton, dit houdt in dat de mest van 20 á 30 km rondom de Laarberg aangevoerd zal worden. In de Achterhoek kunnen dan twee centrales staan, ook nog één in bijvoorbeeld Doetinchem of Varsseveld. De mestkorrels worden geproduceerd voor een nichemarkt van tuincentra (90% droge stof), kunstmest is duurder. Perspectief voor de toekomst zit in het aanpassen van de samenstelling van de korrels aan de vraag van de klant: een goede samenstelling voor een goede prijs. Voor de schrale, natte fractie zal altijd ook nog een oplossing nodig zijn (zie groep Synergas).

De keten voor het drogen van digestaat op de Laarberg kan er als volgt uitzien:



Conclusie

Belangrijkste conclusie: drogen is voor dit moment een zeer goed toepasbare en bewezen effectieve oplossing voor verwerken van de droge fractie van digestaat en er zijn ondernemers die brood zien en mogelijk willen investeren in een centrale drooginstallatie op de Laarberg met een keten van warmteleveranciers. Belangrijkste voorwaarde: snel aan de slag! Belangrijkste actie hiervoor: zorgen dat de vergunningen en het bestemmingsplan voor de locatie rond komen. De gemeenten stellen zich welwillend op, ze hechten er waarde aan dat mestverwerking op deze schaal plaatsvindt op een regionaal bedrijventerrein. De handschoen voor het organiseren van de vergunning zou opgepakt moeten worden door BV De Laarberg. Gijs van Selm, Jan Groot Zevert, Bart Docters van Leeuwen en Hans Rouwmaat willen zich inzetten en meedenken. Jaap Uenk kan nog gevraagd worden om zich bij deze groep te voegen, hij kon het middagprogramma niet meedoen.



BIII.3 Synergas: waterzuivering en verwerking dunne fractie

Deelnemers: Martin Stor, Geert Boosten, Boris Colsen, Arie Kluit, Coert Petri, Koos Wessel, Gert Gerdes, Thijs Kamkuiper, Wim Rulkens, Dorien Brunt

Wenkend perspectief

In deze businesscase gaat het om het terugwinnen van mineralen uit de dunne fractie van digestaat en het verder zuiveren van het digestaat, waarbij gebruik gemaakt wordt van:

- de warmte die geproduceerd wordt bij de verwerking van mest, vooral bij de opwekking van elektriciteit uit biogas
- de kennis, expertise en infrastructuur van de RWZI
- de kennis en expertise van bedrijven die technologie leveren voor mestverwerking of zich al bezig houden met mestverwerking en de kennis van onderzoekinstellingen

Waarom perspectiefvol?

- het biedt een oplossing voor een gedeelte van het mestprobleem
- de kunstmestvervangende mineralen kunnen terug naar de veehouder
- synergie met warmte, kennis en infrastructuur van de RWZI's maakt dat het businessmodel op korte termijn is te implementeren
- de keten en de kennis zijn aanwezig in de Achterhoek

Het wordt perspectiefvol door gebruik te maken van de mogelijkheden die al aanwezig zijn bij sommige van de RWZI's in Gelderland, bij Groot Zevert, of mogelijk ook op de Laarberg.

Er zijn meerdere opties om het businessmodel rond te krijgen. Hierbij spelen locaties en synergie met andere economische activiteiten een belangrijke rol. De verschillende opties in de context van de Achterhoek en de voor- en nadelen hiervan zouden beter in beeld gebracht moeten worden.

Mogelijke afnemers

In principe kun je struviet maken of een geconcentreerde ammonium sulfaat oplossing.

Wie zijn mogelijke afnemers hiervan?:

- Kunstmestproducenten
- Afzet van struviet in Azië via meststofhandelaren
- Terug naar het agrarische bedrijf waar de mest vandaan kwam



Waarde creatie

Het is een businessmodel waarin bezuinigen van kosten door het streven naar synergie centraal staat en in mindere mate het creëren van toegevoegde waarde. Hierbij spelen verschillende aspecten een rol:

1. duurzame verwerking van de mest gericht op de terugwinning van N, P, K voor hergebruik
2. winning van energie uit mest
3. vermijden van emissies van broeikasgassen zoals CO₂, CH₄, N₂O. etc.

De reductie van de CO₂-emissie in dit productieproces biedt in principe de mogelijkheid om waarde te creëren. Maar de vraag is welke partijen hebben daar belang bij en hoe is dit te vermarkten? Geldt in principe als een verdienste van de gehele agrarische sector.

Slimme ketens bouwen

De opgave in dit perspectief is het bouwen van slimme ketens. Aspecten waarbij rekening moet worden gehouden is:

- transport en toegankelijkheid van locaties
- aanwezigheid van restwarmte die benut kan worden
- aanwezigheid van kennis
- uitzicht op stabiele en constante mestlevering
- uitzicht op stabiele en constante afzet van vermarktbare producten
-

Binnen twee jaar aan de praat

Mestoverschotten vormen een ernstig probleem. Binnen 2 à 3 jaar zijn er oplossingen nodig.

Het kan en het is noodzakelijk om het verwerken van de dunne fractie binnen twee jaar aan de praat te hebben. Het biedt een oplossing voor het mestprobleem. Bedrijfsleven, RWZI's én agrarische ondernemers willen ermee verder.

Vliegwiel

Er zijn verschillende opties denkbaar. Via een voorstudie kunnen de verschillende opties met elkaar worden vergeleken. Vervolgens zou dan via een pilot plant onderzoek op hoofdlijnen vastgesteld moeten worden of het gekozen systeem in voldoende mate werkt. Concreet betekent dit:

1. Haalbaarheidstudie. Voor de zomer een haalbaarheidstudie waarin de voor- en nadelen van drie mogelijke locaties in beeld gebracht worden:

- RWZI's
- Groot Zevert
- De Laarberg

2. Proefinstallatie. Na de zomer een proefinstallatie neerzetten op de meest perspectiefvolle locatie.

Belangstellende bedrijven die zich deze middag hebben gemeld interesse hiervoor te hebben zijn: Martin Stor, Koert Petri, Thijs Kampkuier en Boris Colsen. Naar verwachting hebben ook Ceres en GMB belangstelling voor een vervolgtraject.



Slotopmerkingen

We hoeven ons niet alleen op de dunne fractie te richten. Mogelijk is totale mestverwerking op een locatie, economisch gezien, in sommige situaties zinvoller.

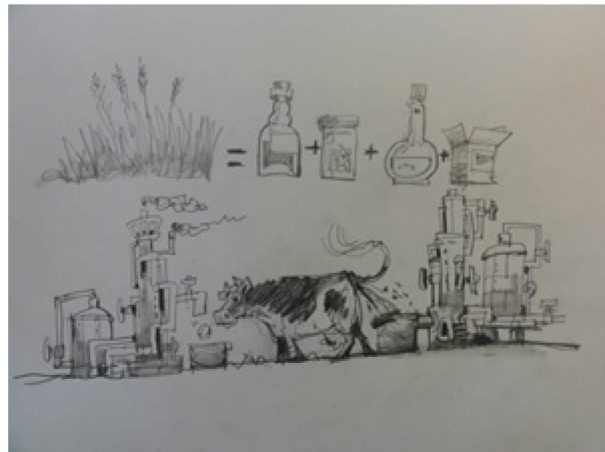
Het bovenstaande is een kort verslag, maar nog geen business case. Het is wel goed mogelijk om op grond van dit verslag een kansrijke business case te formuleren. In eerste instantie als concept dat vervolgens met de relevante partijen verder kan worden besproken en daarna zo nodig kan worden aangepast.

BIII.4 Bioraffinage

Businesscase bioraffinage van biomassa voordat het veevoer wordt.

Wenkend perspectief

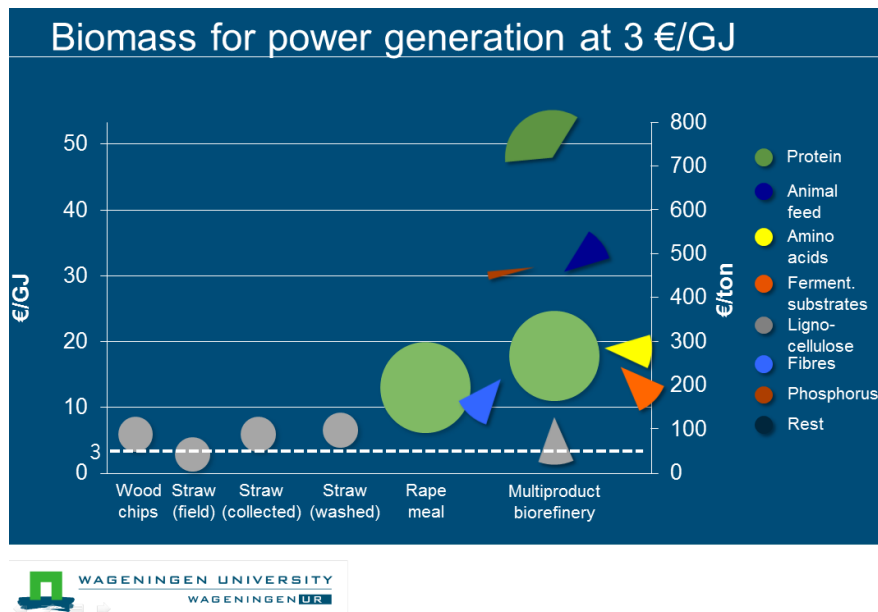
- Meer waarden halen uit de groene grondstoffen gras en mais. Door bioraffinage van gras en mais in eiwitten, lignocellulose en mineralen kan deze grondstof efficiënter worden benut. Een koe gebruikt nu ca. 25% van de eiwitten uit gras. Door bioraffinage is dat eiwit 100% te benutten. De lignocellulose zou als co-vergistingsmateriaal de biogasproductie kunnen verhogen. Daardoor waardetoevoeging aan biomassa.
- Door mineralen uit veevoer te winnen en terug te leiden naar de productiegronden kunnen lokale kringlopen worden gesloten en vermindert het mestprobleem (minder N en later mogelijk ook minder P in mest).
- Deze businesscase is niet gericht op het verwerken van digestaat (in tegenstelling tot de andere tafels op 1 februari), maar op het verkleinen van de hoeveelheid nutriënten in de mest en digestaat.
- Nieuwe economische dragers voor industriële en agrarische bedrijven (technologieontwikkeling, maakindustrie), nieuwe afnemers van nieuwe producten.
- Doorontwikkelen van bioraffinagetechnologie (gras, mais, reststromen en mest).
- Aanpakken van de (te hoge) eiwitgehalten in veevoer en daarmee ureumgehalte in mest verminderen.



Henk van Ruitenbeek

Waarom is dit een waardevolle business case?

- De business case biedt oplossing voor een aantal bestaande problemen in het gebied. Er is voor de veehouders een gebrek aan veevoer, dat moet geïmporteerd worden. Daar komen veel brandstofkosten (transport) bij kijken en het voer is eigenlijk te duur om alleen als grondstof voor vlees en melk te dienen. Bovendien leidt de grote import van voer tot een groot overschot van mineralen in de regio.
- Een ander probleem in de regio is dat de Achterhoek op dit moment een te weinig uitdagende en aantrekkelijke werkomgeving vormt voor hoog opgeleide technologen. De businesscase kan een bijdrage leveren aan de kennisontwikkeling over de raffinageprocessen, de maakindustrie (de apparaten maken die nodig zijn voor raffinage) en de afnemers van nieuwe producten (eiwitten, vezels, mineralen) die als groene grondstof voor andere producten kunnen dienen (biobeton, verpakking/papier).
- De businesscase voorziet in het maken van hoogwaardige grondstoffen uit gras en mais vóór het als veevoer wordt ingezet, een efficiëntere inzet van eiwitten, waardoor minder veevoer nodig is. Dat leidt tot minder import van veevoer (lagere ecologische footprint), minder brandstof gebruik voor transport en kunstmestfabricage en een stap richting een meer gesloten kringloop.
- Verder draagt deze businesscase bij aan een sterkere koppeling tussen technologie en agroproductie, levert het kennisontwikkeling (raffinage, nieuwe producten, juridisch) en hardware ontwikkeling op, die als nieuwe economische dragers in het gebied nieuw arbeidspotentieel aantrekken.
- Voor de overheid is een rol als facilitator weggelegd (ontmoeting, regelgeving).

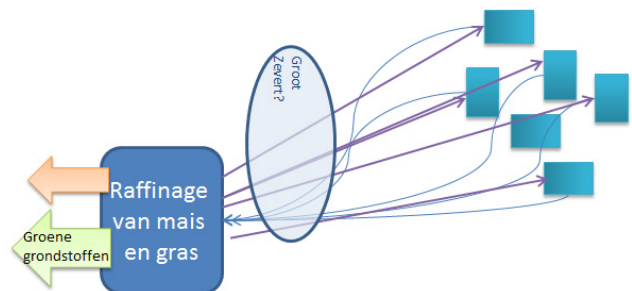


Naam?

Nieuwe bouwstoffen van de Laarberg, Bio raffinaderij Laarberg, Green Botlek, Groenlo Greenport, Duurzaam kenniscentrum groene productie, Regionale groene producten uit Groenlo

Hoe ziet de business case eruit?

- 1) Biomassa (gras en/of mais) van 5-10 agrarische bedrijven (300-500 ha) wordt (verzameld) en naar een bio-raffinaderij gebracht.
- 2) De raffinage van gras en mais levert eiwitten, lignocellulose en mineralen. Een koe gebruikt nu ca. 25% van de eiwitten uit gras. Door bioraffinage is dat eiwit 100% te benutten. Het eiwit gaat als veevoer weer naar de veehouderijbedrijven.
- 3) Daarnaast levert het andere componenten die als grondstof kunnen dienen (groen pijl): mineralen (P, dat in kunstmest verwerkt kan worden), eiwitten, biogas/ethanol en vezels (waar papier, isolatiemateriaal of verpakkingsmateriaal van kan worden gemaakt).
- 4) Het raffinage proces moet ook ontwikkeld, gebouwd, onderhouden en verbeterd worden. Het levert daarmee nieuwe kennis, nieuwe behoefte aan techniek en installaties, nieuwe werkgelegenheid en scholingsmogelijkheden op (oranje pijl).



Aanvullende opmerkingen bij de business case

Bij stap 1:

- Eventueel kunnen deze stromen (eerst) samengebracht en verdeeld worden bij Groot Zevert. Daar kan ook een link worden gelegd met de kroos-/algenproductie.
- Het kan ook dat de geïmporteerde biomassa meteen via de raffinaderij gaat (en niet de lokaal geproduceerde biomassa). De mais wordt toch al getransporteerd en kan via de raffinaderij.

Bij de stappen 1 en 2):

- Vergelijk dit met een regionale voerorganisatie, zoals nu in het noorden van het land is opgezet. Dat is/was pas kostendekkend met 3.000 ha. Die structuur kan als 'romp' dienen en de ervaring van die organisatie kan hier worden toegepast.
- De pilot van Byosis omvat nu 32 ha, dat is niet rendabel te maken. Opschalen naar 300 ha maakt het levensvatbaar. Die omvang is ook voor de agrarische sector te bevatten en is een goede omvang om te beginnen. Niet meteen te groot maken, daar worden de risico's te groot van.

Bij stap 2):

- Byosis heeft hier ervaring met maisraffinage. In het project Grassa!! wordt een business case uitgewerkt met een mobiele grasraffinaderij. De verwachting is dat die business case hoogstwaarschijnlijke eind van dit jaar sluitend is te maken.
- Het veevoer dat na raffinage naar de veehouderijbedrijven gaat bevat veel minder eiwitten dan gras en mais. Dat levert voor het vee geen problemen op, omdat het eiwitgehalte in het huidige veevoer veel hoger is dan nodig. Door minder eiwit te voeren bevat de mest bovendien minder methaan en minder ureum, waardoor minder broeikasgasemissie en minder nitraatuitspoeling zou kunnen optreden.
- Deze business case kan de veevoederimport flink reduceren, omdat eiwitten uit lokaal geproduceerde gras/mais veel efficiënter worden benut.
- Op dit moment is het binnen de regelgeving niet mogelijk om gewassen eerst van het bedrijf te halen en later een deelproduct daarvan weer terug te brengen, vooral niet om het als bodemverbeteraar of meststof toe te passen. Daarvoor moet de regelgeving worden aangepast. EL&I stelt voor om in een proef te onderzoeken waarop de regel is gebaseerd, of de 'basis' van de regel nog bestaat en hoe dat moet worden veranderd. EL&I ziet hier de noodzaak van en ziet mogelijkheden via een Green Deal.
- Als het vee minder overtollige eiwitten en P als voer krijgt, wordtook het mineralenoverschot in de mest minder. Heeft dit wellicht een negatief effect op de biogasproductie? Dat zou kunnen, maar voor de resterende mest kan een deel van de mais of gras weer als co-vergisingsproduct worden gebruikt. Door voorbehandeling van lignocellulose kan de biogasproductie uit dat materiaal nog wel worden verbeterd.
- Tijdens de plenaire presentatie is een aantal keren gevraagd of het 'gedegradeerde' materiaal wel als veevoer ingezet kan worden. Kan het vee er wel op leven? Accepteert de maatschappij (en consument) wel dat de koe niet meer op gras en mais leeft? De groep weerlegt dit bezwaar.



Bij stap 3):

- Het is verstandig eerst op de bulkproducten in te zetten om een kasstroom te genereren (veevoer, vezels, biogas en meststoffen). Dit is al een hoogwaardiger toepassing dan wanneer alles als veevoer of coovergistingsmateriaal wordt gebruikt, waardoor de waarde van het biomassaproduct stijgt. In een later stadium kan naar nicheproducten (vooral specifieke eiwitten) toegewerkt worden.
- Wanneer nicheproducten aan de orde zijn kan, in aanvulling op HAN, Universiteit Twente en Wageningen UR, ook de Radboud Universiteit (Nijmegen) aangetrokken worden voor medische toepassingen.
- Er wordt een aantal potentiële afnemers genoemd, die nu of in de nabije toekomst op de Laarberg komen. Deze zouden betrokken moeten worden bij de verdere ontwikkeling van de business case. In ieder geval moet gekeken worden of ze interesse hebben om aan te haken, Hulshof proteïneproducts (afnemer), Vion (andere reststroom als input), Rouwmaat (als afnemers van vezels als groene grondstof voor biobouwmateriaal).

Bij stap 4:

- Het raffinagepark kan een marktplaats worden. Een werkplaats/productieplek waar afnemers naar toe komen en vragen stellen, een experimenteerplaats voor studenten en potentiële afnemers van producten uit de groene pijl, een voorbeeld voor andere agrariërs en stimulans om aan te haken, een kenniscentrum of -werkplaats.
- Laat relatief kleine coöperaties beginnen, maar zorg voor een koepelstructuur, die de vragen op hoger niveau kunnen oppakken en structureren (regelgeving).

Wie hebben we nodig?

- Partijen die tegen bestaande krachtenveld (kunstmest en veevoerfabrikanten) in durven te gaan.
- Goede communicatie naar omgeving (acceptatie), financiers, leveranciers en afnemers.
- Aanvoer van biomassa (Groot Zevert wil hier op inzetten).
- Grassa!!

Wie wil meedenken in een vervolgtraject:

- Gerrit Brummelman (EL&I)
- Arjan Prinsen (Groot Zevert)
- Theo Bijman (Nijhuis Water Technology)
- Hayo Canter Cremers (CC Advies)
- Jan van den Broek (Byosis)
- Jeroen Ververs (RABO)



BIII.5 Reflectie en doorkijk op het vervolg

De drie groepen hebben gedurende de middag de business cases verder uitgewerkt en zijn vooral bezig geweest met het identificeren van vervolgstappen. Gezien de geanimeerde discussies en de vele aantekeningen op flappen is er ook in de laatste uren nog hard gewerkt. Dorien Brunt sluit de dag plenair af met een vraag aan de drie groepen om het vliegwiel, dat de business case in beweging zal brengen, te presenteren.

De business case 'Waterzuivering en terugwinning van mineralen', die gedurende deze dag de naam 'Synergas' heeft gekregen, wordt gepresenteerd door Wim Rulkens. Deze groep is bezig geweest met dunne fractie en had als uitgangspunt binnen twee jaar een substantiële mestverwerking te kunnen realiseren. Wat is hier allemaal voor nodig? De groep heeft een aantal factoren geïdentificeerd:

- Er is een leverancier van mest nodig.
- Er moet een keuze gemaakt worden welk product gemaakt gaat worden: vaste fractie, dunne fractie, gas of een combinatie
- Er is een gegarandeerde afzet voor producten nodig, waarvoor het noodzakelijk is een leverancier te betrekken in het proces.
- Er zijn betrouwbare technologische processen nodig, nu mestverwerking wordt verplicht.
- Waar ga je die mest verwerken? Locaties met vergunning / goedkope warmte. Gunstig voor transport / woonomgeving. Dit leidt tot keuzemogelijkheden: Laarberg, Groot Zevert, RWZI.
- Wat zijn de mogelijkheden op deze locatie? Fractieverwerking, totaal verwerking (RWZI). Mest zelf, slib, mestkoek, kun je hier ook nog energie uithalen?

Er zijn zoveel vragen en keuzes te maken, daar is op één dag niet uit te komen. Hier is een haalbaarheidsstudie voor nodig. Dan kunnen er keuzes gemaakt worden voor een locatie en daar een pilot

worden geplaatst om te kijken of het proces werkt op grote schaal. Waarom is dit ondanks alle onzekerheden de moeite waard? Binnen twee jaar moet de landbouwsector de mestverwerking kunnen realiseren, dit kan niet wachten op studies en onderzoek. Er moet op korte termijn iets worden gerealiseerd. Een aantal mensen in de groep heeft al aangegeven mee te willen denken bij de haalbaarheidsstudie.

De groep die zich met het scenario 'Drogen met restwarmte' bezighield geeft aan geen pilot te willen opzetten, maar snel aan de slag te willen met een installatie waar 200 veehouders hun mest kunnen brengen. Er zou een koppeling gemaakt kunnen worden met een biomassacentrale gestookt op snoeihout uit de Achterhoek voor de warmte. De financiering is natuurlijk van belang. Wie zouden willen investeren? Onder andere boeren voor wie gecertificeerde mestverwerking de voorwaarde is om te mogen boeren, verwerkers van mestproducenten/ producenten van producten uit digestaat. Hoe is het gesteld met commitment in de regio, ook dat is een vraag die beantwoord moet worden. Echter, het belangrijkste is de vergunning. De ondernemers zien de doorlooptijd van het vergunningstraject als grootste belemmering om zich te vestigen op de Laarberg. Het traject van vergunningaanvraag moet nu in gang gezet worden en dan kan het verder uitwerken van de business case parallel daaraan worden voortgezet. Wie is nu aan zet voor vergunningentraject? De groep ziet hiervoor een rol voor BV Laarberg. Door de vergunningaanvraag in gang te zetten wordt het terrein aantrekkelijk om te vestigen. Een aantal mensen uit de groep biedt aan om mee te denken (zie uitwerking van de werkgroepbijeenkomst). Zij zien potentie voor de uitwerking van de business case, maar vinden dat het verkrijgen van de vergunning een onontbeerlijke eerste stap is.

De derde groep, waarin over bioraffinage werd gesproken heeft de business case verder doorgesproken en heeft al meteen een aantal acties in gang gezet. De heer Brummelman van EL&I heeft aangegeven dat de belemmeringen in de regelgeving mogelijk voor een deel zijn weg te nemen, wanneer de business case in aanmerking komt voor een Green Deal. Hij heeft de groep gevraagd om hiervoor een eerste tekst op te zetten en in te dienen. Het vliegwieltje bij deze case is de groep enthousiaste mensen. Mensen die hier iets in zien en verder willen. Deze groep moet uitgebreid worden met mensen die de aanvoer van biomassa regelen en technologie inbrengen. Bovendien zijn de afnemers van de producten van belang. Het lijkt verstandig om eerst in te zetten op de productie van bulkproducten (veevoer, vezels, biogas en meststoffen). Als de business case daarop haalbaar is kan worden gestart. In een later stadium kan dan worden gezocht naar de productie van hoogwaardiger producten (specifieke eiwitten), maar daar moet dan ook een afnemer voor worden gevonden. De business case heeft daarmee nog potentie voor verdere ontwikkeling.

Jeroen Sluijsmans geeft namens de provincie een blik op de toekomst. Deze dag heeft mooie nieuwe ideeën en initiatieven opgeleverd. Het is nu zaak om te kijken of we meer groen gas kunnen produceren met mest. Met wat er vandaag gedaan is kunnen we tot concrete cases komen. Hiervoor zijn haalbaarheidsstudies nodig en, zoals door deelnemers genoemd, binnen twee jaar concrete investeringen. Daarnaast is het raffineren van mais een concreet initiatief waar we wat mee moeten. Ondernemers willen er mee door, hopelijk haken er op 10 februari op het congres in Groenlo meer van dit soort ondernemers aan. Dit proces moet aangejaagd worden. Vanuit provincie Gelderland zullen we dit moeten stimuleren en faciliteren. Door regie te nemen, bijeenkomsten te organiseren, verkenningen doen voor revolverende fondsen en subsidie. Martin Stor heeft hulp aangeboden, de Rabobank heeft interesse. Het moet nu mogelijk zijn om een doorbraak te bevorderen, een kanteling van ketens in energie productie. Doorbraken van vandaag moet binnen twee à drie jaar te realiseren zijn.

Oogst van de dag; er zijn vandaag mensen bijeen die wat willen met onderwerpen waar perspectief in zit. Er zijn vandaag mensen die willen aanjagen en meedenken. We zullen hier met een aanjaagteam regie opzetten zodat we de energie van vandaag kunnen vasthouden en concreet maken. Er is veel en goed werk verricht, daarvoor wordt iedereen hartelijk bedankt.

Christiaan Kats laat weten dat hij blij is dat door het aanbod van de Rouwmaatgroep dat de expertmeeting nu op locatie Laarberg kon plaatsvinden. Veel krachten komen naar boven en die worden ingebracht in een

innovatiecontract. Een aantal mensen gaat snel schrijven. Kats ziet grote kansen voor groen gas en aanverwante biobased economy. Het congres op 10 februari is een volgende stap in het vliegwiel, met Europarlementariërs, de provincie, lokale bestuurders en veel ondernemers. Hij hoopt daarna weer bij elkaar te komen om grip te houden op de ontwikkelingen en ziet de Laarberg als een geschikte locatie voor mestverwerking. Verder bedankt ook hij een ieder voor de inzet.

BIII.6 Programma

Werkbijeenkomst Business cases voor de verwaarding van mest

datum: woensdag 1 februari 2012

locatie: gebouw van Rouwmaat Groep, Den Sliem 93, 7140 AB Groenlo

tijdstip: 9.00 tot 17.00 uur

Doel van de dag

Het doel van de dag is het verkennen van perspectievolle business cases voor de verwaarding van mest.

Werkwijze

We werken in drie groepen een mogelijke business case uit en brengen voor- en nadelen van de verschillende denkrichtingen in beeld. De denkrichtingen zijn:

1. Synergie met waterzuivering en chemische verwerkingsmethoden. De technieken hiervoor zijn grotendeels bekend (en beproefd), maar de combinatie van technieken kan meerwaarde opleveren. Hier kan worden ingezet op strippen, dat is operationeel maar duur. Alternatief kan zijn struvietvorming, maar dat vraagt veel fosfaat. De fosfaat zou uit de dikke fractie kunnen worden gewonnen. Bovendien kan opschalen van de struvietproductie en doorverwerking naar P-kunstmest hier een economisch interessante uitwerking zijn.
2. Drogen met restwarmte. Hiervoor is energie/restwarmte belangrijk. Mogelijk zijn daar op de Laarberg koppelingen te leggen. Wellicht zijn of komen er bedrijven die hun restwarmte willen valoriseren en een goede deal kunnen sluiten met de drogers. Dit is een optie die tijdens de eerste werkbijeenkomst (op 2-12-11) als zeer kansrijk werd gezien. Daar spelen zaken als 'waar vind ik restwarmte?', 'hoe krijg ik dat voor een goede prijs?' en 'hoe krijg ik de vergunningen rond?'
3. Efficiëntieverhoging van de vergisting en kansen voor bioraffinage. Deze optie zet op korte termijn in op het verhogen van de biogasproductie, door het 'verbeteren' van het ingangsmateriaal. Op langere termijn kan worden ingezet op het beter benutten van waardevolle (maar voor dieren minder noodzakelijke componenten uit gewassen).

Door meerdere denkrichtingen te volgen, verkennen we de bandbreedte van ketens die zich rond de verwaarding van digestaat op de Laarberg zouden kunnen vestigen.

De resultaten van deze strategische verkenning kunnen ook van nut zijn voor andere locaties in Gelderland.

Programma op hoofdlijnen

9.00 uur	Inloop en ontvangst
9.30 uur	Welkom door dagvoorzitter Dorien Brunt Inleiding door Roland Bus (provincie Gelderland)
9.45 uur	Ambities voor de Laarberg door Christiaan Kats (ontwikkelaar De Laarberg)
10.00 uur	Werkgroepronde 1: bespreken en beschrijven van de missie van de business case
10.30 uur	Koffiepauze
11.00 uur	Werkgroepronde 2: verbeelden van de businesscase en de omgeving. Hoe ziet de wereld van de business case eruit? Welke marktkansen zien we? Welke bedrijven en partners zijn er voor nodig? Hoeveel bedrijven van welke grootte? Hoe lopen stromen? Wat is nodig als input, waar en van wie komt dat vandaan? Wat is output en waar en naar wie gaat dat toe? Een tekenaar verbeelt de dialoog tussen woord en beeld
13.00 uur	Lunch en tijd om elkaar te ontmoeten en spreken

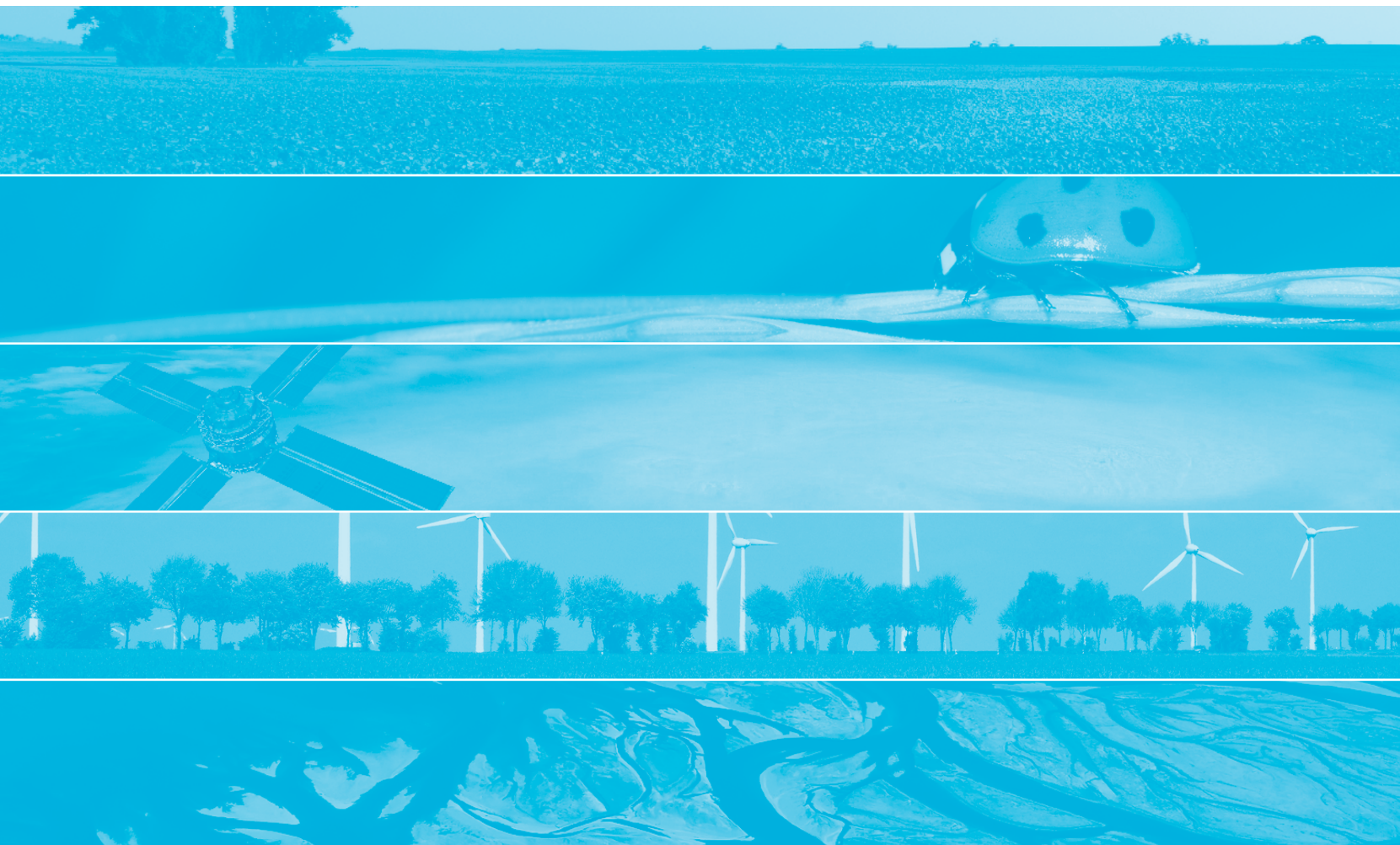
14.00 uur	Korte plenaire presentatie van de drie denkrichtingen aan de hand van beelden en steekwoorden
14.30 uur	Reflectie: wat lossen deze denkrichtingen op en wat niet? Welke kansen en belemmeringen bestaan in twee of drie uitwerkingen? Wordt dit business? Wie gaan trekken aan de verdere ontwikkeling van de business case?
15.00 uur	Werkgroepronde 3: aan de slag met de resultaten van de reflectie, aanscherpen van de denkrichtingen
15.45 uur	Terugkoppeling van de highlights uit werkgroepronde 3
16.00 uur	Afsluiting, blik op de resultaten en doorkijk op vervolg door Jeroen Sluijsmans en Christiaan Kats
16.15 uur	Borrel, tijd om elkaar op informele wijze te spreken

BIII.7 Deelnemers

Maarten		Arentsen	TU Twente
Bert	van	Asselt	Agentschap NL
Theo		Bijman	Nijhuis Water Technology
Geert		Boosten	Innovatienetwerk en consultant
Jan	van den	Broek	Byosis Group
Gerrit		Brummelman	Ministerie EL&I
Hayo		Canter Cremers	CC Advies
Boris		Colsen	Colsen b.v.
Bart		Docters van Leeuwen	Linea Trovata
Joke		Emaus	Regio Achterhoek
Jan		Groot Zevert	Groot Zevert
Henk		Haaring	Dorset
Thijs		Kampkuiper	Groot Zevert/ HAN
Arie		Kluit	Nijhuis Water Technology
Marcel		Meijer	Gemeente Berkelland
Henk		Ormel	BVA
Coert		Petri	Waterschap Rijn & IJssel
Arjen		Prinsen	Groot Zevert
Roy		Reinders	Gemeente Oost-Gelre
Wolfgang		Schwöppe	Rouwmaatgroep
Gijs	van	Selm	Waterstromen
Martin		Stor	Achterhoeks Centrum voor Technologie
Jeroen		Verver	Rabobank Achterhoek Oost
Bram		Groot Wassink	Groot Zevert/ HAN
Coos		Wessels	BWA
Jaap		Uenk	Dofco
Wim		Rulkens	oud-hoogleraar WUR
Johan		Sanders	Wageningen UR
Nico		Verdoes	Wageningen UR
Gastheerschap			
Gert		Gerdes	Rouwmaatgroep
Hans		Rouwmaat	Rouwmaatgroep
Christiaan		Kats	De Laarberg

Organisatie

Roland		Bus	Provincie Gelderland
Rita	ten	Dam	Provincie Gelderland
Jeroen		Sluijsmans	Provincie Gelderland
Annemieke		Smit	Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Dorien		Brunt	Wing
Charlot		Teng	Wing



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl