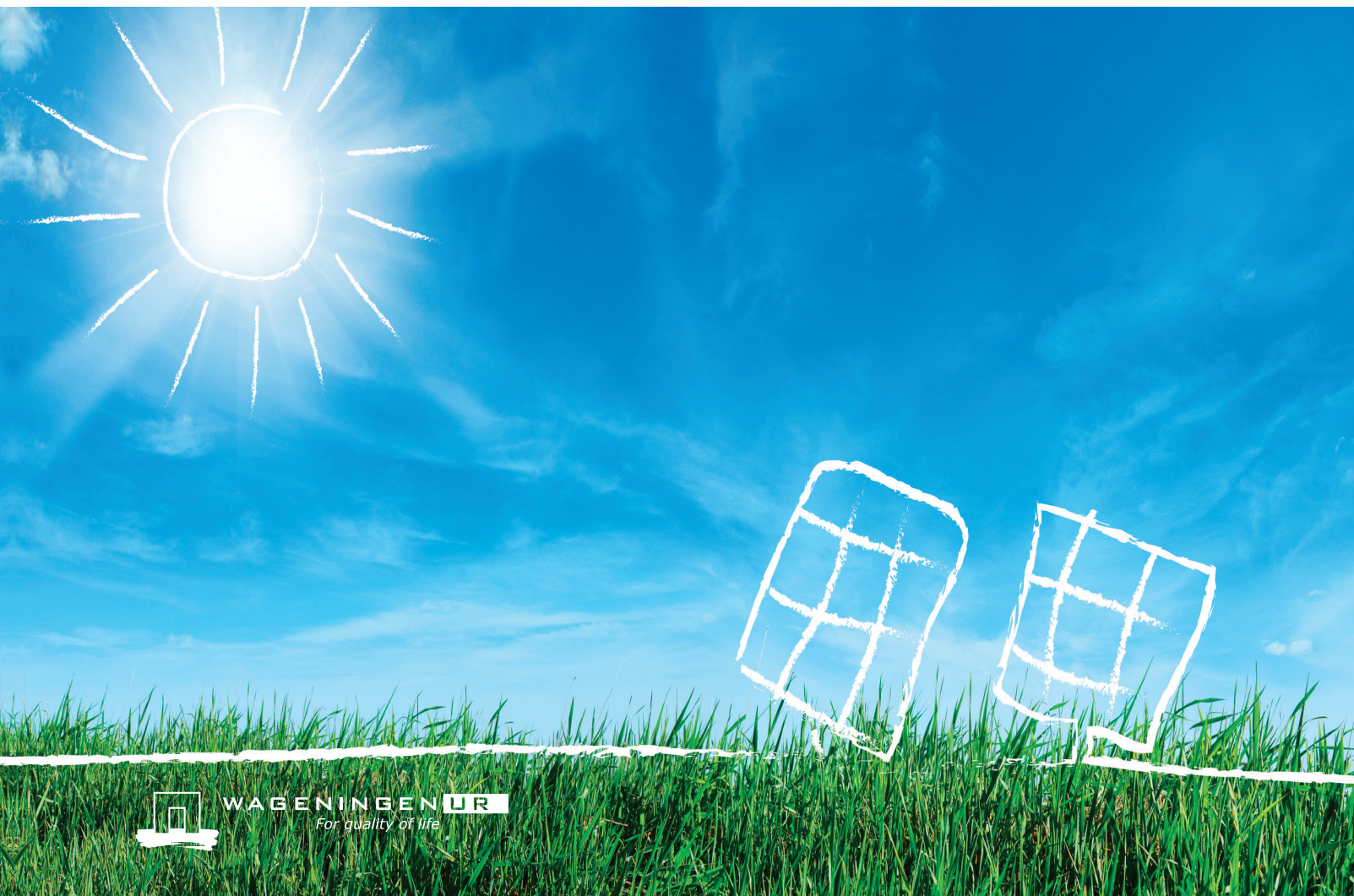


Verwerking van digestaat uit co-vergisting

Auteur: Paul Hoeksma



Verwerking van digestaat uit co-vergisting

Auteur: Paul Hoeksma

© 2013 Wageningen, ACRRES – Wageningen UR

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van ACRRES-Wageningen UR.

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

Dit project is tot stand gekomen dankzij:



ACRRES
wordt mede
gefinancierd door
de Europese Unie



PROVINCIE FLEVOLAND

ACRRES – Wageningen UR

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

Inhoud

1	INLEIDING.....	5
2	WAT IS DIGESTAAT	7
3	VERWERKINGSOPTIES	9
3.1	Mechanisch scheiden	9
3.2	Verwerking vaste fractie.....	13
3.2.1	Composteren.....	13
3.2.2	Drogen	14
3.2.3	Verbranden.....	15
3.2.4	Overige.....	16
3.3	Verwerking vloeibare fractie.....	16
3.3.1	Productie van mineralenconcentraat	16
3.3.2	Ammoniak strippen.....	18
3.3.3	Trans-Membraan-Chemo-Sorptie (TMCS)	19
3.3.4	Teelt eendenkroos.....	20
3.3.5	Teelt algen.....	20
4	KOPPELING DIGESTAATVERWERKING EN ALGENTEELT BIJ ACRRES	23
5	GERAADPLEEGDE BRONNEN.....	25

1 Inleiding

Het rendement van co-vergistingsinstallaties staat de laatste jaren in Nederland in toenemende mate onder druk. Dit wordt deels veroorzaakt door de schaarste aan energierijke grondstoffen en de steeds hogere prijs die daarvoor betaald moet worden en door de stijgende kosten voor de afzet van het digestaat. Een van de mogelijkheden om tot een rendementsverbetering van co-vergisting te komen is het verwerken van digestaat tot producten die lagere afzetkosten met zich meebrengen.

De schaarste aan hoogenergetische grondstoffen, die geschikt zijn voor co-vergisting, wordt onder andere veroorzaakt doordat een deel van deze producten verdwijnt naar ons omringende landen, waar er een hogere prijs voor wordt betaald. Dit heeft te maken met verschillen in subsidieregelingen tussen Nederland enerzijds en Duitsland en België anderszijds, waar de condities aanzienlijk gunstiger zijn met hogere subsidieniveaus en een langere subsidieperiode. Het gevolg van deze ongelijkheid is dat interessante co-producten (reststromen) die hier vrijkomen niet voor Nederlandse vergisters beschikbaar zijn. Dit betekent dat gezocht moet worden naar alternatieve grondstoffen voor co-vergisting. Deze zullen vaak minder makkelijk anaeroob afbreekbaar zijn omdat ze een hoog gehalte aan lignocellulose bevatten, zoals maïsstengels en natuurgras, waardoor een voorbehandeling noodzakelijk is.



Foto 1: drie reactoren van een covergistingsinstallatie in Heeten (Ov.) (foto: Livestock Research)

In 2011 werd in Nederland 1.9 Mton digestaat geproduceerd, waarvan 28% op het eigen bedrijf en 54% op een ander landbouwbedrijf werd afgezet; de rest (16%) werd geëxporteerd (van Bruggen, 2012). Omdat digestaat van co-vergiste mest qua bemestende waarde niet wezenlijk verschilt van dierlijke mest moet het daarmee concurreren op een krimpende afzetmarkt. De afzetkosten van digestaat zijn daarom gekoppeld aan de afzetkosten van onvergiste mest en zullen daarmee min of meer gelijke tred houden. De afzet van digestaat is een forse kostenpost (tot 40% van de productiekosten van biogas) die zwaar drukt op het economisch rendement van veel co-vergistingsinstallaties. Verwerking van digestaat en benutting van de toepassingsmogelijkheden van de eindproducten kan het economisch rendement van co-vergisters verbeteren, temeer als daarbij de restwarmte die vrijkomt bij de omzetting van biogas in elektriciteit wordt benut. In deze notitie worden beschikbare verwerkingstechnieken en mogelijke toepassingen van de verwerkingsproducten op een rij gezet.

2 Wat is digestaat

Digestaat is het materiaal dat resteert na co-vergisting van een mengsel van dierlijke mest (minimaal 50%) en organische co-producten. De massa van digestaat bedraagt ongeveer 90% van de massa van het uitgangsmateriaal. De samenstelling van digestaat is variabel en sterk afhankelijk van de gebruikte grondstoffen (dierlijke mest en co-producten) en het vergistingsproces. Een algemene samenstelling van digestaat is daarom niet te geven. Wel kunnen enkele belangrijke effecten van vergisting op de grondstoffen worden aangegeven.

Tijdens het vergistingsproces wordt een deel van de organische stof omgezet in methaan en koolstofdioxide. Hierdoor daalt het gehalte aan organische stof en droge stof. Digestaat is dus vloeibaarder dan de inputstromen. De mate waarin organische stof wordt afgebroken hangt af van de samenstelling. Suikers, eiwitten en vetten zijn gemakkelijk door anaerobe microorganismen af te breken, terwijl vezelig en houtig materiaal met een hoog gehalte aan lignine en hemicellulosestructuren moeilijk anaeroob afbreekbaar zijn.

Door de afbraak van organische stof (o.a. eiwitten) komt organisch gebonden stikstof vrij in de vorm van ammoniumstikstof, evenals organisch gebonden fosfor dat vrijkomt in de vorm van fosfaat. De afbraak van vluchtige vetzuren zorgt er voor dat de pH van digestaat hoger is dan van dierlijke mest. Onder deze omstandigheden is er kans op neerslagen van struviet en andere zouten in de reactor. Secundaire nutriënten, sporenelementen en zware metalen die de vergister ingaan zijn terug te vinden in het digestaat. De N/P-verhouding in digestaat kan aanzienlijk verschillen van die in dierlijke mest omdat co-producten vaak veel minder P bevatten dan dierlijke mest.

Vergisting wordt doorgaans als continu proces bedreven in een volledig gemengde reactor. Het digestaat dat de reactor verlaat bestaat daardoor uit een mengsel van materiaal dat meer of minder vergaand is vergist.

De eigenschappen van digestaat zijn globaal vergelijkbaar met die van dierlijke mest. Digestaat kan als meststof in de landbouw binnen de grenzen van de Meststoffenwet worden toegepast, mits de gebruikte co-producten op de lijst met toegestane producten staan.

3 Verwerkingsopties

De verwerkingstechnieken die voor dierlijke mest geschikt zijn kunnen in principe ook voor verwerking van digestaat worden toegepast. Bij digestaat bestaat het voordeel dat op de locatie waar het geproduceerd wordt goedkope energie beschikbaar is in de vorm van restwarmte van de WKK-installatie, die ingezet kan worden voor de verwerking. Indien biogas niet in elektriciteit wordt omgezet maar wordt opgewerkt tot groen gas is geen goedkope thermische energie beschikbaar. Het gewenste eindproduct bepaalt welke verwerkingstechnieken toegepast kunnen worden. De meest gangbare en perspectiefrijke verwerkingsopties worden in dit hoofdstuk belicht.

3.1 Mechanisch scheiden

Het doel van mestscheiding is om uit drijfmest een stapelbare vaste fractie en een dunne, vloeibare fractie te produceren. De dikke fractie is rijk aan organische stof en fosfaat en bevat 20 tot 35 % droge stof. De dunne, vloeibare fractie is rijk aan opgeloste nutriënten zoals minerale stikstof en kalium en bevat circa 5 % droge stof. Beide fracties zijn meststoffen waarvan de samenstelling beter kan aansluiten bij de behoefte van specifieke gewassen, waardoor een groter deel van de aanwezige mineralen kunnen worden benut in vergelijking met het oorspronkelijke digestaat. De vaste fractie is een waardevolle organische meststof voor de akkerbouw. De dunne fractie is geschikt als stikstofmeststof met een relatief hoog gehalte aan direct opneembare stikstof en een laag fosfaatgehalte. De samenstellingen van de vaste en vloeibare fractie na scheiding kunnen variëren in gehalten aan droge stof, stikstof, fosfaat en kalium, afhankelijk van de scheidingstechniek en het uitgangsmateriaal. In Tabel 1 worden de stikstof, fosfaat en kaligehalten weergegeven van drijfmest en vergiste drijfmest en de dikke en dunne fracties daaruit, gescheiden met dezelfde mestscheider (vijzelpers).

Tabel 1: Nutriëntgehalten in rundveedrijfmest en vergiste rundveedrijfmest en in de dikke en dunne fracties na scheiding met een vijzelpers (Verloop et al, 2009)

Mest(fractie)	Stikstofgehalte (N) g/kg	Fosfaatgehalte (P ₂ O ₅) g/kg	Kaligehalte (K ₂ O) g/kg
A drijfmest	3,4	1,0	5,7
A dikke fractie	4,0	1,9	4,8
A dunne fractie	3,2	0,8	5,6
B vergiste drijfmest	3,5	1,0	6,0
B dikke fractie	4,5	3,6	5,2
B dunne fractie	3,1	0,7	5,6

Uit Tabel 1 blijkt dat het fosfaatgehalte in de dikke fractie na scheiding van vergiste drijfmest hoger was dan na scheiding van drijfmest. Maar omdat de hoeveelheid dikke fractie uit vergiste drijfmest lager was (130 kg dikke fractie per ton gescheiden mest) dan uit drijfmest (170 kg dikke fractie per ton gescheiden mest) was de hoeveelheid

fosfaat in beide dikke fracties ongeveer gelijk. Het drogestofgehalte van beide dikke fracties was ongeveer gelijk (ca. 20 % droge stof).

Het **scheidingsrendement** is een belangrijk kengetal voor de effectiviteit van mestscheiding. Het scheidingsrendement is het percentage van de hoeveelheid van een mestbestanddeel (bijv. droge stof, stikstof, fosfaat, kali) in de ingaande drijfmest of vergiste drijfmest dat bij scheiding in de dikke fractie terecht komt. Een hoger scheidingsrendement betekent dat een groter deel van een bestanddeel uit drijfmest in de dikke fractie terecht komt. In Tabel 2 wordt het gemiddeld scheidingsrendement voor droge stof, stikstof, fosfaat en kali weergegeven van niet vergiste en vergiste rundveedrijfmest, waarbij beide zijn gescheiden met een vijzelpers en een trommelscheider. Hieruit blijkt dat het scheidingsrendement voor droge stof en fosfaat tussen rundveedrijfmest en vergiste rundveedrijfmest niet wezenlijk verschilt, terwijl het scheidingsrendement voor stikstof en kali van vergiste drijfmest wat lager is.

Tabel 2: Gemiddelde scheidingsrendement voor droge stof, stikstof, fosfaat en kali **van rundveedrijfmest en van vergiste rundveedrijfmest**, beide gescheiden met een vijzelpers en een trommelfilter (Verloop et al, 2009).

Mestsoort	Scheidingsrendement (%)			
	Droge stof	Stikstof (N)	Fosfaat (P ₂ O ₅)	Kali (K ₂ O)
Rundveedrijfmest	46	22	32	17
Vergiste rundveedrijfmest	44	15	32	13



Foto 2: Mestscheiding met een vijzelpers (foto: Smits B.V.).

Voor het mechanisch scheiden van digestaat zijn verschillende technieken beschikbaar, zoals trommelfilter, vijzelpers, zeefbandpers en centrifuge.

Een trommelfilter bestaat uit een holle roterende trommel, aan het oppervlak voorzien van een gaas, waar mest doorheen wordt geleid. Grote delen worden door het gaas tegengehouden. Dunne fractie stroomt naar buiten.

Een vijzelpers is een machine waarin een schroef ronddraait binnen een cilindrische geperforeerde buis met gaatjes van 0,15 – 1,0 mm. De dunne fractie wordt via deze perforaties van de rest van de mest gescheiden. De schroef transporteert de dikke fractie naar het uiteinde van de buis waar deze is voorzien van een pers. De tegendruk van de pers is instelbaar, waardoor de kwaliteit van zowel de dunne als de dikke fractie variabel is.

Een zeefbandpers is een machine waarbij de meststroom tussen twee parallel uitgevoerde

transportbanden wordt geperst, waarvan één dient als zeefband via welke dunne fractie afgevoerd wordt. Bij de meeste types zeefbandpersen dient de onderste band als zeefband. De bovenste band is meestal een gesloten persband die met drukrollen tegen de zeefband wordt geperst. De drukrollen zijn in hoogte verstelbaar zodat de persdruk kan worden aangepast aan de te behandelen mestsoort. Bij scheiding met een zeefbandpers is een vlokmiddel vereist.

Een (decenteer)centrifuge bestaat uit een dichte trommel met daarin een schroef. Door de trommel een hoge rotatiesnelheid te geven ontstaat er een G-kracht. Deze centrifugale kracht, die op de ingebrachte mest wordt uitgeoefend, zorgt ervoor dat zware mestdeeltjes naar de wand van de trommel gedreven worden. De langzaam draaiende schroef zorgt er voor dat het gesedimenteerde materiaal getransporteerd wordt naar de achterste conische deel van de trommel. Hier wordt het sediment verder ingedikt onder invloed van de blijvende centrifugale kracht en vervolgens afgevoerd.

In Tabel 3 worden samenstellingen weergegeven van vergiste varkensdrijfmest, gescheiden met een centrifuge en een vijzelpers. Hier valt op dat het fosfaatgehalte van de dikke fractie uit de centrifuge aanmerkelijk hoger is dan van de dikke fractie uit een vijzelpers. Het scheidingsrendement voor fosfaat bedroeg ruim 60 % bij de centrifuge en minder dan 20 % bij de vijzelpers.

Tabel 3: Samenstelling (in g/kg) van de fracties uit **vergiste varkensdrijfmest** voor en na scheiding met een centrifuge en een vijzelpers (De Buissonjé en Smolders, 2002)

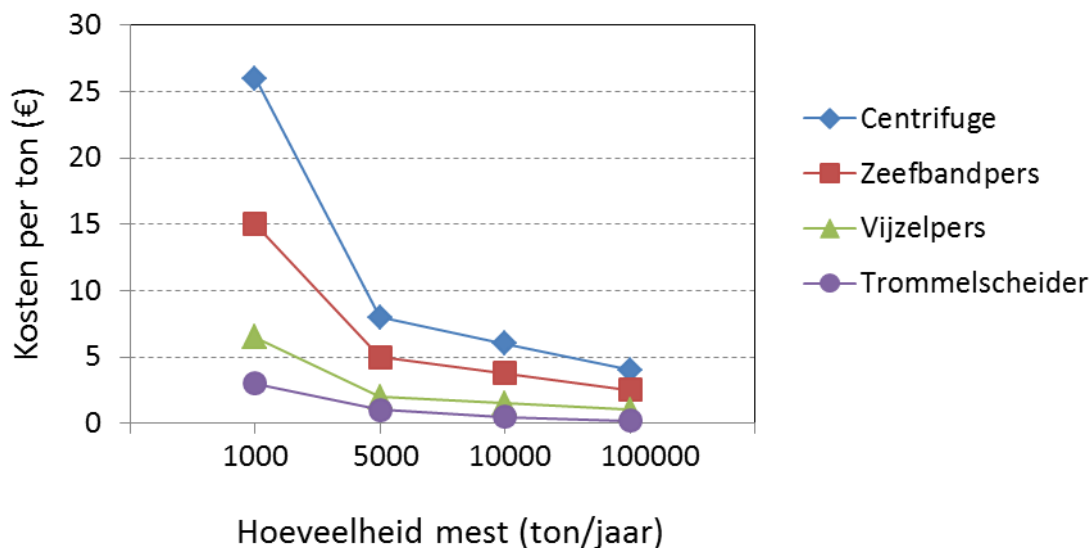
	Dr. stof	Org. stof	N-totaal	N-NH ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Centrifuge						
Ingaande vergiste drijfmest	41	23	5,2	3,6	1,5	4,8
Dikke fractie	270	190	9,2	5,1	17,2	4,8
Dunne fractie	26	13	4,7	3,5	0,4	4,7
Vijzelpers						
Ingaande vergiste drijfmest	38	23	5,2	3,7	1,3	4,9
Dikke fractie	240	210	7,8	4,1	4,8	5,1
Dunne fractie	34	18	5,0	3,7	1,2	4,9

De scheidingsrendementen (en kosten) van mestscheiders lopen sterk uiteen. Het scheidingsrendement voor fosfaat neemt toe in de volgorde trommelfilter-vijzelpers-zeefbandpers-centrifuge (Schröder *et al.*, 2009). Daarnaast is het scheidingsrendement ook afhankelijk van de samenstelling van het uitgangsmateriaal. Hoe hoger het drogestof- en fosfaatgehalte van het uitgangsmateriaal hoe hoger het scheidingsrendement voor droge stof, fosfaat, stikstof en kali, d.w.z. hoe meer van deze componenten in de vaste fractie terecht komen (Tabel 4).

Tabel 4: Scheidingsrendement van een centrifuge als functie van het droge stofgehalte van de ingaande rundveedrijfmest (niet vergist, zonder hulpstoffen, Frost 2007)

Drogestofgehalte ingaande drijfmest (g/kg)	40	50	60	70	80
Hoeveelheid dikke fractie per ton gescheiden drijfmest (kg)	71	95	119	142	166
Drogestofgehalte van de dikke fractie (g/kg)	235	245	256	266	276
Drogestofgehalte van de dunne fractie (g/kg)	25,8	29,6	33,5	37,4	41,3
Scheidingsrendement (%)					
Droge stof	46	49	52	54	57
N-totaal	21	-----	-----	-----	30
P ₂ O ₅	59	-----	-----	-----	70
K ₂ O	9	11	12	14	15

De kosten van mestscheiding hangen af van de techniek en van de hoeveelheid te scheiden mest. Figuur 1 toont de kosten van scheiding per ton mest in relatie tot de jaarlijkse hoeveelheid te scheiden mest voor verschillende scheidingstechnieken.



Figuur 1 Kosten van mestscheiden in relatie tot hoeveelheid te scheiden mest (bron: Schröder *et al.*, 2009)

Mechanisch scheiden is vaak een eerste stap in een verwerkingsproces waarbij de vaste en/of de vloeibare fractie verdere bewerkingen ondergaan. In de volgende paragrafen worden de verwerkingsopties van beide fracties afzonderlijk behandeld.

3.2 Verwerking vaste fractie

3.2.1 Composteren

Het doel van composteren is meerledig: drogen door vochtverdamping, kiemdoding, verkrijgen van stabiel product. Stabiel wil zeggen dat (nagenoeg) geen zuurstofopname en dus geen omzettingen meer plaats vinden.

Composteren is een proces waarbij micro-organismen onder aerobe omstandigheden organisch materiaal afbreken tot kooldioxide en water. Het is een exotherm proces waarbij de temperatuur in het composterende materiaal kan oplopen tot 70°C. Bij deze temperatuur vindt afdoding van ziektekiemen plaats. De vrijkomende warmte zorgt voor vochtverdamping (Melse *et al.*, 2004; Lemmens *et al.*, 2007)).

Het uitgangsmateriaal voor compostering dient aan een aantal eisen te voldoen:

- C/N-verhouding 25-30
- Gehalte aan vrij water 50-60%
- Hoge porositeit (ds-gehalte > 25%)

Als de C/N-verhouding van de vaste fractie te laag is voor een vlotte compostering dan kan organisch materiaal worden toegevoegd, zoals bermgras, natuurgras, stro, houtsnippers etc. Deze materialen zorgen ook voor een hogere porositeit. Bij het toevoegen van extra materialen moet bedacht worden dat de normen voor zware metalen niet worden overschreden. Anders mag het eindproduct niet als meststof worden afgezet.

Het eindproduct van compostering bestaat uit een rulle, geur arme, humeuze en ziektekiemvrije compost. De samenstelling van het eindproduct van de compost is sterk afhankelijk van het uitgangsmateriaal en de intensiteit en duur van het composteringsproces. Bij 'volledige' compostering wordt tot 50% van de organische stof afgebroken en kan een droge stofgehalte van 80% en een volumereductie van 60% worden bereikt.

Compostering resulteert in een hygiënisch eindproduct, mits het materiaal gedurende 60 minuten een behandeling van 70°C heeft ondergaan. Door gerichte processturing, b.v. gedoceerde inbreng van zuurstof en regelmatig omzetten, kan aan deze eis worden voldaan.

Tijdens compostering treden emissies op van geur en ammoniak. Er worden ammoniakemissies gemeld van 50% van de oorspronkelijk aanwezige hoeveelheid stikstof. Compostering dient daarom in een gesloten ruimte plaats te vinden met zuivering van de ventilatielucht om emissies van ammoniak en geur naar de atmosfeer te vermijden.

3.2.2 Drogen

Drogen van de vaste fractie heeft tot doel het verkrijgen van een droog eindproduct dat beter af te zetten is dan het oorspronkelijke product of dat kan dienen als uitgangspunt voor korrelen of voor verbranding.

Er bestaat een groot aantal typen industriële drogers die in aanmerking komen voor het drogen van de vaste fractie van digestaat (Smit *et al.*, 2012). Echter met de meeste van deze drogers is in dit veld nog weinig of geen ervaring opgedaan. De belangrijkste typen drogers, die gebruik kunnen maken van restwarmte van de WKK, zijn:

- Directe drogers met direct contact tussen materiaal en drooggas (trommeldroger, fluid bed droger, banddroger)
- Indirecte drogers met warmtewisselaar (trommeldroger, fluid bed droger, peddeldroger)
- Vacuümdrogers, werken bij lage droogtemperatuur

Bij drogen is mogelijke zelfontbranding van het digestaat een punt van aandacht. Preventieve maatregelen op dit punt zijn vereist.

Het droogproces vergt een grote energie input. De benodigde energie is bij benadering gelijk aan de verdampingswarmte van het aanwezige water. Technieken om de benodigde hoeveelheid warmte te reduceren, zoals meertrapsdrogen, het gebruik van warmtepompen en stoomdrogen, gaan gepaard met hoge investeringen.

In het algemeen kan worden gesteld dat de kosten van drogen, mede door de technische problemen die eraan kleven, dermate hoog zijn dat ze toepassing sterk bemoeilijken; dit geldt vooral voor varkensdrijfmest (Lemmens *et al.*, 2007). Bij pluimveemest (met een aanzienlijk hoger drogestofgehalte) biedt droging met stallucht, al dan niet in combinatie met compostering of thermische nadroging, kostentechnisch meer perspectief. Voor dikke fractie van digestaat van covergisting zijn verschillende typen platendrogers beschikbaar die werken met teruggewonnen warmte van de WKK (generator die draait op biogas). Deze drooginstallaties zijn voorzien van chemische en biologische luchtwassers om de uitstoot van ammoniak, fijn stof en geur te beperken. Volgens indicatieve berekeningen van Lensink en Wassenaar (ECN-KEMA, 2012) moet de waardevermeerdering van het digestaat minstens € 20 per ton bedragen gedurende minimaal 10 jaar om de investering in een warmteterugwinnings- en drooginstallatie voor digestaat rendabel te maken.



Foto 3: Binnenzijde van platendroger voor dikke fractie digestaat van covergisting waarbij gebruik gemaakt wordt van teruggewonnen restwarmte van de WKK (foto: Livestock Research)

Het eindproduct van het droogproces heeft een ds-gehalte van meer dan 80%. Dit product is geschikt om tot korrels te persen. Na het persen wordt een hittebehandeling toegepast om een stabiele en hygiënische korrel te verkrijgen. Sanitatie kan overigens ook vóór het drogen plaatsvinden. Mestkorrels vinden meestal afzet buiten Nederland.

3.2.3 Verbranden

Het doel van verbranden van de (gedroogde) vaste fractie is in de eerste plaats het produceren van elektrische energie met als bijkomend doel het terugwinnen van waardevolle componenten uit het digestaat.

Een interessante optie is om het verbranden van de vaste fractie te combineren met gelijktijdige energierecuperatie. De restwarmte die vrijkomt bij de productie van elektrische energie kan worden gebruikt voor het drogen van het ingangsmateriaal. Hiermee wordt een proces gecreëerd met een hoog energetisch rendement, maar dan wel bij grootschalige toepassing.

Na verbranden van de vaste fractie van digestaat resteert een droge as (ca. 7% van de massa) met ruim 20% fosfaat, enkele procenten kali en een miniem gehalte aan stikstof (< 0,1%). Verder bevat de as geringe concentraties aan zware metalen. Het fosfaat kan worden teruggewonnen voor de productie van fosfaatkunstmest, mits de gehalten aan koper, zink en ijzer voldoende laag zijn (Melse *et al.*, 2004). Mogelijke technieken voor fosfaatterugwinning moeten nog verder worden ontwikkeld.

Het is in Nederland niet toegestaan om de as als meststof aan te wenden. Het dient daarom zijn weg te vinden buiten de landbouw, b.v. in de cementindustrie of wegenbouw.

Rookgas uit digestaatverbranding bevat stof, NO_x, SO₂, HCl etc. Rookgasreiniging is daarom noodzakelijk, hetgeen een hoge investering vergt.

3.2.4 Overige

Er zijn momenteel meerdere technieken, in verschillende fasen van ontwikkeling, die in potentie voor de verwerking van biomassa en dus ook van de vaste fractie van digestaat in aanmerking komen. Te noemen zijn:

- Vergassen
- Pyrolyse
- Hydrothermolysen
- HTU (Hydro Thermal Upgrading)

Met elk van deze technieken is nog geen ervaring opgedaan voor het verwerken van de vaste fractie van digestaat. Geschat wordt dat de ontwikkeling van deze technieken mogelijk nog 10 jaar vergt (Smit *et al.*, 2012).

3.3 Verwerking vloeibare fractie

3.3.1 Productie van mineralenconcentraat

Het doel van het produceren van mineralenconcentraat is het verkrijgen van een minerale meststof met eigenschappen die vergelijkbaar zijn met kunstmest, die toegepast kan worden als kunstmestvervanger en die dus boven de gebruiksnorm dierlijke mest kan worden aangewend. Hierdoor kunnen mineralen in digestaat volledig worden benut en kan het gebruik van kunstmest worden gereduceerd.

Het productieproces uitgaande van de vloeibare fractie bestaat uit twee bewerkingen (Hoeksma *et al.*, 2011).

De eerste bewerking bestaat uit het verwijderen uit de vloeibare fractie van organisch materiaal, zodat een 'schone' minerale vloeistof, vrij van vaste en zwevende (colloïdale) deeltjes, overblijft. Hiervoor zijn verschillende technieken beschikbaar. In de huidige praktijk is flotatie (air flotation) het meest gangbaar. Hierbij worden flocculanten, in de vorm van polyacrylamides, aan de vloeistof toegevoegd en wordt vervolgens lucht in fijne belletjes in de vloeistof gebracht. In de flotatie unit nemen de luchtbelletjes de vaste deeltjes mee naar de oppervlakte. Het flotatieslib wordt afgescheiden van de vloeistof.

De tweede bewerking bestaat uit het concentreren van de minerale vloeistof door middel van omgekeerde osmose. Dit is een vorm van membraanfiltratie waarbij onder hoge druk (50-100 bar) water door het membraan wordt geperst en de opgeloste mineralen achterblijven. Dit proces vereist relatief veel energie omdat de osmotische druk van de vloeistof moet worden overwonnen. Door middel van omgekeerde osmose kan een concentratiefactor van 2-3 worden bereikt. Het mineralenconcentraat omvat derhalve 30-50% van de ingaande massa.

Het resterende permeaat, dat ca. 50% van de oorspronkelijke hoeveelheid digestaat uitmaakt, bestaat uit water met zeer lage concentraties aan opgeloste zouten, o.a. ammonium, dat op het riool kan worden geloosd. Lozing op oppervlaktewater vereist een nabehandeling b.v. middels een ionenwisselaar.

Het mineralenconcentraat is te beschouwen als een vloeibare NK-meststof met ca. 8 g/kg stikstof en kalium en vrijwel geen fosfaat. Stikstof komt voor 90% voor in de vorm van ammonium. Het concentraat vind z'n weg zowel op grasland als in de akkerbouw. Wegens het hoge ammoniumgehalte en de relatief hoge pH van 7,5 – 8 moet mineralenconcentraat emissie-arm worden toegediend.

Het perspectief van de productie van mineralenconcentraat staat en valt met de erkenning van mineralenconcentraat als kunstmest(vervanger) die boven de gebruiksnorm voor dierlijke mest kan worden aangewend.



Foto 4: Productie van mineralenconcentraat d.m.v. omgekeerde osmose (foto: Livestock Research)



Foto 5: Machine voor aanwending van mineralenconcentraat, hier in aardappelgewas (foto: Loonbedrijf Kuunders)

3.3.2 Ammoniak strippen

Strippen van ammoniak heeft tot doel stikstof uit de dunne fractie te verwijderen en op te vangen in een zure oplossing, zodat een minerale N-meststof wordt verkregen.

Het stripproces begint met het toevoegen van loog om de pH te verhogen tot ca. 10 en eventueel verhogen van de temperatuur waardoor het evenwicht NH_4/NH_3 verschuift in de richting van vrije ammoniak. Vervolgens wordt lucht door de vloeistof geblazen. De met de lucht meegevoerde ammoniak wordt in een sterk zuur, b.v. zwavelzuur, geabsorbeerd. Door middel van strippen kan meer dan 90% van de ammoniak uit de vloeibare fractie worden verwijderd.

Het eindproduct van ammoniak strippen met verdund zwavelzuur bestaat uit een ammoniumsulfaat oplossing met een stikstofgehalte van maximaal 12%. Dit product is geschikt voor toepassing als vloeibare N-meststof, b.v. in de tuinbouw.

Als restproduct blijft over de gestripte dunne fractie met een geringe concentratie aan $\text{NH}_3\text{-N}$ en een relatief hoge concentratie aan kalium. De eindconcentratie is afhankelijk van het type stripproces en de procesomstandigheden.

Ammoniakstrippen kan gezien worden als een bewezen techniek, waarvan de kosten sterk kunnen variëren, o.a. afhankelijk van de samenstelling (buffercapaciteit) van de te strippen vloeistof en de afzetmogelijkheden van de ammoniumsulfaat oplossing. Van den Bulk en Reitsma (STOWA, 2012) schatten de kosten van grootschalig strippen op € 1,9 – 3,2 per kg N en tekenen daarbij aan dat die kosten voor meer dan 60 % voortkomen uit het gebruik van chemicaliën.

3.3.3 Trans-Membraan-Chemo-Sorptie (TMCS)

TMCS heeft net als ammoniakstrippen tot doel stikstof uit de dunne fractie te verwijderen en op te vangen in een zure oplossing, zodat een minerale N-meststof wordt verkregen.

Het proces verloopt als volgt. De vloeibare fractie wordt verwarmd en vervolgens wordt de pH verhoogd door toevoeging van loog, waardoor het evenwicht ammonium/ammoniak verschuift naar ammoniak. Daarna wordt de vloeibare fractie over de TMCS-membraan gevoerd met aan de andere zijde van het membraan een sterk geconcentreerd zuur (zwavel-, salpeter- of fosforzuur). Door het TMCS-membraan worden gasvormige componenten zoals ammoniak, overgedragen naar de zure kant van het membraan. De drijvende kracht hiervoor is het concentratieverschil in de vloeistoffen aan beide zijden van het membraan. Een ammoniakverwijderingsrendement van 90% is naar verwachting mogelijk. Voor een effectief proces is het vereist dat met een redelijk 'schone' vloeistof wordt gewerkt. De vraag is daarom of het proces geschikt is voor de dunne fractie na simpele mechanische scheiding of dat een voorbewerking, b.v. flotatie, noodzakelijk is.

Het eindproduct van het TMCS-proces bestaat uit enerzijds een effluent (met minder stikstof) en anderzijds een N-concentraat. In een pilotinstallatie, met mineralenconcentraat als uitgangsvloeistof, is aangetoond dat een stikstofconcentraat met een stikstofgehalte van 50 g/kg (als ammoniumsulfaat) bereikt kan worden (Hoeksma & de Buissonjé, 2012).

Het effluent dat resteert na het TMCS-proces heeft nagenoeg hetzelfde volume als voor de behandeling. Alle niet vluchtige componenten, zoals fosfaat en kalium, worden in het effluent teruggevonden.



Foto 6: Proefinstallatie voor TMCS op mineralenconcentraat (foto: Livestock Research)

3.3.4 Teelt eendenkroos

Toepassing van de dunne fractie als grondstof voor de teelt van eendenkroos heeft tot doel het zuiveren van de dunne fractie en tegelijkertijd het produceren van eiwitrijk (ca. 35%) eendenkroos dat kan dienen als vis- en veevoer ter vervanging van sojaschroot. Eendenkroos kan ook als grondstof voor co- vergisting worden gebruikt (Derksen en Zwart, 2010).

De teelt van eendenkroos vindt plaats in vijvers. Eendenkroos planten drijven aan de wateroppervlakte en zijn daardoor relatief eenvoudig te oogsten. Eendenkroos heeft zonlicht nodig en kan de dunne fractie van digestaat gebruiken als koolstof-, stikstof- en fosfaatbron. Mogelijk is voorbehandeling (verdunding) van de dunne fractie nodig om het stikstofgehalte op het gewenste peil van max. 50 mg/l te brengen. De productiesnelheid onder Nederlandse omstandigheden bedraagt 15-20 ton droge stof per ha per jaar.

Verwijderingsrendementen voor N en P hoger dan 90% zijn naar verwachting mogelijk, mits beide componenten in de juiste verhouding in het uitgangsmateriaal aanwezig zijn. Voor verwijderingspercentages die resulteren in een loosbaar effluent is echter een zeer lange verblijftijd (weken) of een additionele behandeling nodig.

3.3.5 Teelt algen

Toepassing van de dunne fractie als grondstof voor de teelt van algen heeft tot doel het zuiveren van de dunne fractie en tegelijkertijd het produceren van algen die kunnen dienen als biobrandstof en als vis- en veevoer. Het is ook mogelijk uit algen eiwitten (aminozuren) en chemicaliën te winnen.

Algen zijn in staat mineralen en organische stof uit de dunne fractie als voedingscomponenten op te nemen. Bij voldoende (zon)licht kan een productiesnelheid van 25 ton droge stof per ha per jaar worden bereikt. De teelt van algen kan plaatsvinden in open vijvers en in gesloten reactoren. Anders dan bij eendenkroos zijn algen in suspensie in het water en dienen door middel van centrifugeren, filtreren of

floteren met behulp van vlokmiddelen van het water afgescheiden te worden. Bij algenteelt is de lichtvoorziening een kritische factor. Algenvijvers moeten worden geroerd om bezinken te voorkomen en er voor te zorgen dat voldoende licht bij de algen wordt gebracht. Vertroebeling van het water dient voorkomen te worden. Dunne fractie van digestaat moet daarom een voorbehandeling ondergaan om vaste en zwevende deeltjes te verwijderen en een transparante vloeistof te verkrijgen alvorens deze als meststof wordt toegediend. Verdunnen met reeds behandelde vloeistof is ook een optie.

Behalve dat de dunne fractie voldoende transparant moet zijn, worden ook eisen gesteld aan de concentraties aan organische stof en nutriënten. De volgende maximaal toelaatbare concentraties worden genoemd (zeer globale schatting): 2000 mg/l BOD, 500 mg/l P en 1000 mg/l NH_3 . De tolerantiegrenzen dienen verder onderzocht te worden.

Middels algenteelt is het mogelijk N en P concentraties drastisch te verlagen. Als N en P in de juiste verhouding in de dunne fractie aanwezig zijn kunnen naar verwachting concentraties worden bereikt die voldoen aan de normen voor lozing op oppervlaktewater. Het is zinvol hier verder onderzoek naar te doen.

Andere afzetoptyes voor het behandelde water zijn: lozing op het riool en toepassing in de landbouw als irrigatie- of schoonmaakwater.



Foto 7: lozing op oppervlaktewater van het permeaat van omgekeerde osmose na polishing d.m.v. een ionenwisselaar (foto: Livestock Research)

4 Koppeling digestaatverwerking en algenteelt bij ACRRES

Een perspectiefrijke verwerkingsoptie voor digestaat is de productie van mineralenconcentraat mits dit wettelijk erkend wordt als kunstmestvervanger en boven de gebruiksnorm dierlijke mest kan worden aangewend. Als die erkenning er niet komt dan is het perspectief aanzienlijk minder gunstig. In dat geval is zuivering van de dunne fractie van digestaat in combinatie met de teelt van eendenkroos of algen een goed alternatief.

Bij ACRRES wordt digestaat geproduceerd uit rundveemest aangevuld met co-producten zoals voerresten, maïs(stengels) en natuurgras. ACRRES beschikt daarnaast over algenvijvers die in een kas zijn ondergebracht of buiten zijn aangelegd. Het ligt voor de hand het zuiveren van de dunne fractie van digestaat en algenteelt bij deze productie unit in praktijk te brengen en hier tevens een aantal onderzoeksvragen aan te koppelen. Het onderzoek zou zich moeten richten op het vaststellen van de gewenste kwaliteit, zowel fysisch (transparantie) als chemisch (nutriëntensamenstelling) van de dunne fractie in relatie tot de algen productiesnelheid en de kwaliteit van het effluent.

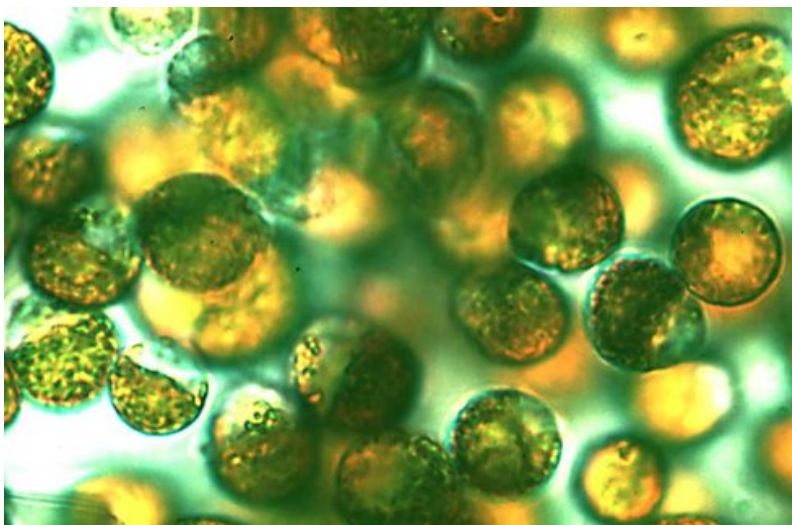


Foto 8: Groene algen, *Dunaliella sp.*, (foto: WageningenUR.nl)

5 Geraadpleegde bronnen

Van Bruggen, C. van (2012)

Co-vergisting van dierlijke mest 2006-2011. CBS, Den Haag.

Van den Bulk J.; Reitsma B. *et al.* (2012)

Explorative research on innovative nitrogen recycling, STOWA 2012 in prep.

Buisonjé, F.E. de & M. Smolders (2002)

Mest vergisten verlaagt scheidingsrendement, Praktijkkompas Varkens, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.

Derksen, H. en L. Zwart (2008)

Eendenkroos als nieuw eiwit- en zetmeelgewas: haalbaarheidsstudie november 2010 : eindrapport

Evers, A.G.; Haan, M.H.A. de; Buisonje, F.E. de; Verloop, J. (2010)

Perspectief mestscheiding op melkveebedrijven = Economic perspectives of manure separation on dairy farms, Rapport Wageningen UR Livestock Research 421, Lelystad.

Frost P. & S. Gilkinson (2007)

Evaluation of mechanical separation of pig and cattle slurries by a decanting centrifuge and a brushed screen separator, AFBI-Hillsborough.

Hoeksma, P, F.E. de Buisonjé, P.A.I. Ehlert en J.H. Horrevorts (2011)

Mineralenconcentraten uit dierlijke mest. Monitoring in het kader van de pilot mineralenconcentraten. Livestock Research Wageningen UR, Rapport 481, Lelystad.

Hoeksma, P. en F.E. de Buisonjé (2012), Mineralenconcentraten uit dierlijke mest.

Monitoring 2011. Livestock Research Wageningen UR, Rapport 626, Lelystad.

Lemmens, B., J. Ceulemans, H. Elslander, S. Vanassche, E. Brauns en K. Vrancken (2007)

Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor mestverwerking. VITO, Gent

Lensink S.M., Wassenaar J.A. (2012)

Basisbedrag warmteuitkoppeling bij bestaande mestcovergistinginstallaties, ECN-N-12-004

Melse, R.W., F.E. de Buisonjé, N. Verdoes en H.C. Willers (2004)

Quick scan van be- en verwerkingstechnieken voor dierlijke mest. Animal Sciences Group Wageningen UR, Wageningen.

Schröder, J., F.E. de Buisonjé, G. Kasper, N. Verdoes en K. Verloop (2009)

Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde. Plant Research International b.v., Rapport 287, Wageningen.

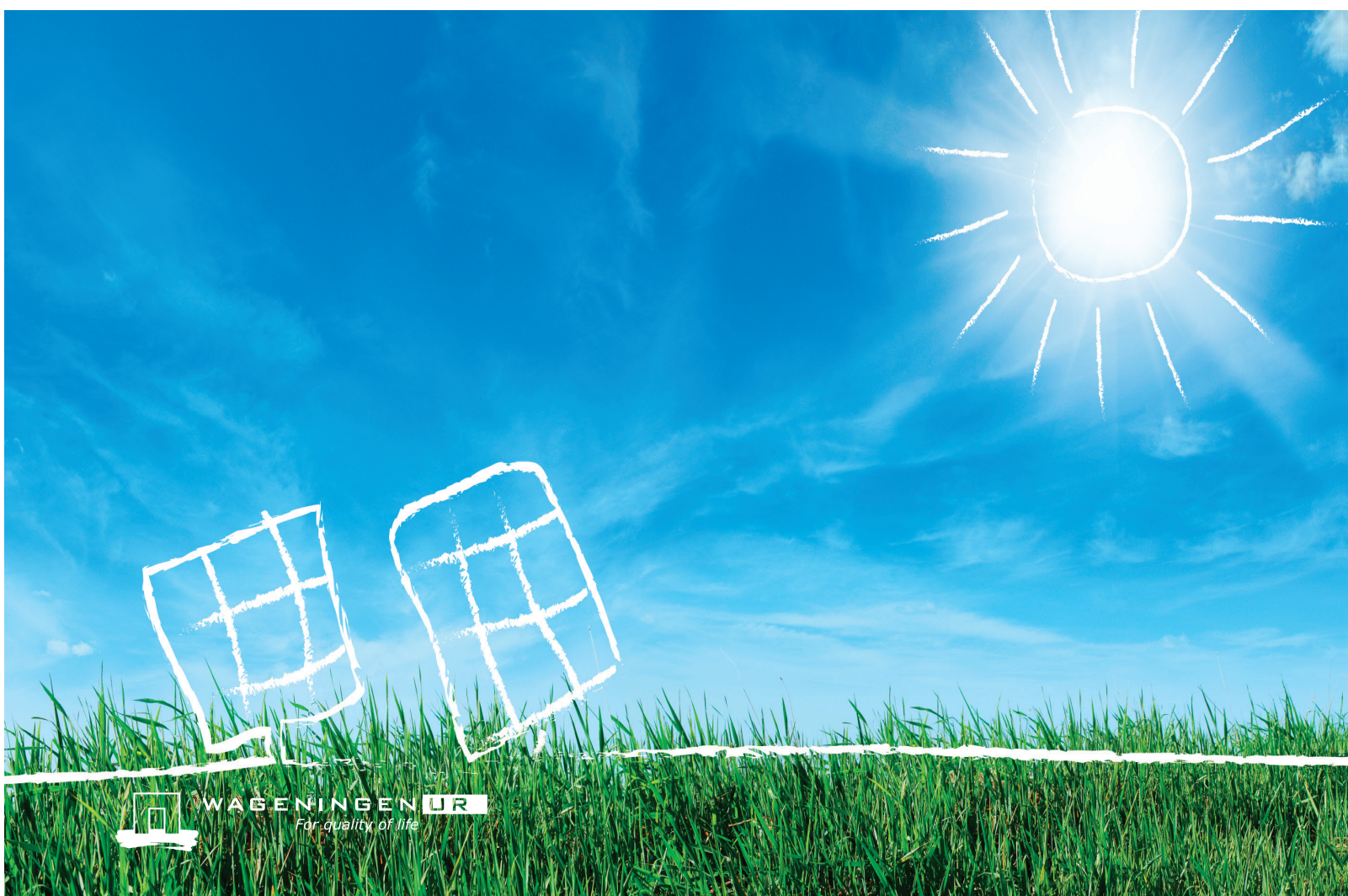
Smit, A., W. Rulkens, J.P.M. Sanders, N. Verdoes, Y. Teng en D. Brunt (2012) Verwerking van digestaat van mestvergisting. Verkenning van mogelijkheden tot kostenreductie. Alterra Wageningen UR, Rapport 2310, Wageningen.

Verloop, J.; Hilhorst, G.J.; Meerkerk, B.; Buissonjé, F.E. de; Schröder, J.J.; Haan, M. (2009) Mestscheiding op melkveebedrijven; resultaten van MOBIEDIK, Mobiele Mestscheiding in Dik en Dun. Wageningen : Plant Research International, Wageningen UR, (Rapport / Plant Research International 284) - p. 60.

www.mestverwerken.wur.nl

www.wageningenur.nl

<http://www.innovatienetwerk.org/nl/bibliotheek/nieuws/810/072012PresentatiesWorskhop27juni2012.html>



WAGENINGENUR

For quality of life