

# Toepassing van digestaat in de landbouw: bemestende waarde en risico's

Deskstudie in het kader van Energierijk

Willem van Geel & Wim van Dijk

© 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:



Hier wordt geïnvesteerd  
in uw toekomst vanuit  
het Europese Fonds  
voor Regionale Ontwikkeling



**PROVINCIE FLEVOLAND**

**Lelystad geeft lucht**



Ministerie van Economische Zaken,  
Landbouw en Innovatie

Projectnummer: 32 50106003

ACRRES – Wageningen UR

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

## Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING.....	7
2 BEMESTENDE WAARDE VAN DIGESTAAT .....	9
2.1 Samenstelling .....	9
2.2 Co-vergistingmaterialen.....	10
2.3 Stikstofwerking.....	11
2.3.1 Berekende werking .....	11
2.3.2 Gemeten N-werking .....	12
2.3.3 Bespreking N-werking.....	16
2.3.4 Werking van overige nutriënten.....	17
2.4 Gebruik van digestaat .....	17
2.5 Effect op de bodem.....	19
2.5.1 Zuurgraad en buffering .....	19
2.5.2 Organische stof.....	19
3 RISICO'S BIJ GEBRUIK VAN DIGESTAAT .....	23
3.1 Ziekteoverdracht .....	23
3.2 Zware metalen en overige verontreinigingen.....	23
3.3 Toelating co-producten en risicotoetsing .....	24
REFERENTIES.....	25



# Samenvatting

Digestaat is het restproduct dat overblijft na de (co)-vergisting van drijfmest voor de productie van biogas. Het kan als meststof worden gebruikt in de akker- en tuinbouw en worden toegepast zoals drijfmest. De eigenschappen van digestaat zijn globaal vergelijkbaar met die van dierlijke mest.

Digestaat wordt wettelijk aangemerkt als dierlijke mest. Bij vergisting van 100% plantaardige materialen wordt het verkregen digestaat aangemerkt als overige organische meststof. Voor de toepassing van digestaat gelden dezelfde regels als voor dierlijke mest ten aanzien van uitrijperioden, emissie-arme toediening en gebruiksnormen.

De (nutriënten)samenstelling van digestaat varieert sterk en is afhankelijk van de soort en samenstelling van de uitgangsmest en van de co-producten. De samenstelling van het digestaat is bepalend voor de bemestende waarde ervan en de stikstofwerking.

Veelal is in digestaat een wat groter deel van de stikstof in minerale vorm (Nm) aanwezig dan in de onvergiste mestsoort. Daardoor wordt van digestaat een wat hogere (1<sup>e</sup> jaars) N-werking verwacht. Die hogere N-werking werd in proeven bevestigd, hoewel de gevonden N-werking ten opzichte van onvergiste mest per individuele proef varieerde en soms ook lager was.

De hogere 1<sup>e</sup> jaars N-werking van digestaat in proeven viel niet alleen te verklaren uit een iets hogere Nm-fractie. Waarschijnlijk spelen meer processen een rol die de N-werking beïnvloeden, zowel bij digestaat van rundveedrijfmest (RDM) als van varkensdrijfmest (VDM). De indruk is dat stikstof die tijdens de vergisting vrijkomt door afbraak van de organische stof, wordt vastgelegd door bacteriën in de vergister c.q. opnieuw organisch wordt gebonden (en dus niet als Nm wordt gemeten). Na toediening van het digestaat aan de bodem, komt deze stikstof waarschijnlijk weer snel vrij.

Kennis over de stikstofwerking van het digestaat is van belang om de juiste dosering te kunnen bepalen, opdat niet teveel en niet te weinig werkzame stikstof wordt toegediend. Dit vraagt nog om nader onderzoek, specifiek naar de werking van de organische N-fractie van digestaat.

Door een hogere 1<sup>e</sup>-jaars N-werking is de stikstofbenutting uit digestaat door het gewas hoger dan uit onvergiste mest en kan met een lagere N-totaalgift worden volstaan. Dat leidt tot een lager N-overschot (bij gelijkblijvende gewasopbrengst en N-afvoer) en tot minder stikstofverlies naar het milieu.

De 1<sup>e</sup> jaars werking van het fosfaat in digestaat is naar verwachting iets hoger dan van de onvergiste mest + co-vergistingmaterialen. Op lange termijn zal uiteindelijk al het fosfaat vrijkomen. Aangenomen wordt dat de kali in digestaat voor 100% werkzaam is. Verder bevat het digestaat magnesium, zwavel, calcium en sporenelementen. Alle nutriënten die via mest en co-vergistingmaterialen de vergister ingaan, komen in het digestaat terecht.

Andere voordelen van gebruik van digestaat ten opzichte van drijfmest zijn:

- Digestaat is dunner en homogener dan de onvergiste uitgangsmest en daardoor beter verpompbaar.
- Digestaat geeft tijdens en na uitrijden minder stankoverlast dan onvergiste mest.

- Door de vergisting is een deel van de ziekteverwekkende bacteriën en schimmels in mest en co-vergistingmaterialen gedood en is het aantal kiemkrachtige onkruidzaden afgenomen.

Door vergisting van mest wordt een deel van de organische stof in de vergister afgebroken, die anders (bij toediening van onvergiste mest) in de bodem was gekomen. Anderzijds wordt extra organische stof toegevoegd door de co-vergistingmaterialen. De resterende organische stof in het digestaat is stabiel(er) (moeilijker afbreekbaar) dan de onvergiste organische stof en draagt relatief sterker bij aan de humusopbouw in de bodem.

Uit een modelberekening blijkt dat er qua humusopbouw vooral een groot verschil is tussen de vergiste mestsoorten: bij jaarlijkse toepassing van RDM-digestaat wordt veel meer organische stof aan de bodem toegevoegd dan bij jaarlijkse toepassing van VDM-digestaat. Het verschil in humusopbouw tussen de onvergiste mest en het digestaat is relatief klein ten opzichte van dat van de mestsoort.

Evenwel heeft co-vergisting van VDM wel een positief effect op de humusopbouw in de bodem: deze is bij toepassing van VDM-digestaat anderhalf keer zo hoog als bij toepassing van onvergiste VDM. Toepassing van digestaat van co-vergiste RDM leidt niet tot een hogere humusopbouw dan toepassing van onvergiste RDM.

Gebruik van digestaat geeft geen verzuring van de bodem. Vanwege de wettelijke toelatingseisen voor co-producten, zal het ook niet meer risico geven op verontreiniging van de bodem met zware metalen of gifstoffen dan bij toepassing van onvergiste dierlijke mest. Voor wettelijke toelating als co-vergistingmateriaal worden de producten onder meer getoetst op milieuhygiënische aspecten en risico van ziekteverspreiding voor mens, dier en gewas en verspreiding van onkruiden.

Via dierlijke mest en co-vergistingmaterialen kunnen voor dieren en planten ziekteverwekkende bacteriën en schimmels worden overgedragen en kunnen onkruidzaden worden verspreid. Door de vergisting vindt een reductie plaats van deze bacteriën en schimmels en van kiemkrachtige onkruidzaden. Om een ziektevrij digestaat te verkrijgen, moet het verder worden gehygiëniseerd door verhitting.

# 1 Inleiding

Digestaat is het restproduct dat overblijft na de (co)-vergisting van drijfmest voor de productie van biogas. Tijdens het vergistingsproces wordt een deel van de organische stof afgebroken en omgezet in biogas (bestaande uit methaan en koolstofdioxide). Hierdoor daalt het gehalte aan organische stof en droge stof. De massa van digestaat bedraagt ongeveer 90% van de massa van het uitgangsmateriaal (Hoeksma, 2012). Hoeveel organische stof er wordt afgebroken, hangt af van de samenstelling ervan en van het vergistingsproces.

Digestaat kan als meststof worden gebruikt in de akker- en tuinbouw en worden toegepast zoals drijfmest. De eigenschappen van digestaat zijn globaal vergelijkbaar met die van dierlijke mest (Hoeksma, 2012). Belangrijke verschillen van digestaat ten opzichte van drijfmest zijn (Ovinge, 2008):

- Digestaat is dunner (vloeibaarder) en homogener dan drijfmest.
- In digestaat is in verhouding een wat groter deel van de nutriënten in minerale vorm aanwezig dan in de uitgangsmaterialen (drijfmest en co-vergistingsproducten).
- Doordat er wat meer stikstof in minerale vorm aanwezig is, wordt een wat hogere stikstofwerking worden verwacht dan van de onvergiste mestsoort, mits emissiearm toegediend.
- Tijdens de vergisting is een aantal ziekteverwekkende bacteriën gedood.
- Onkruidzaden zijn meevergist, waardoor het aantal kiemkrachtige onkruidzaden is afgenomen.

Digestaat mag volgens de Nederlandse wetgeving als meststof worden gebruikt, als bij de vergisting niet meer dan 50 gewichtsprocent co-vergistingsmateriaal samen met de drijfmest is vergist en het co-vergistingsmateriaal wettelijk is toegelaten (DR-Loket, 2012). Het digestaat wordt dan aangemerkt als dierlijke mest. Als niet aan deze criteria is voldaan, wordt het vergiste materiaal aangemerkt als afvalstof. Een uitzondering is gemaakt voor digestaat dat is verkregen door vergisting van 100% plantaardige materialen die wettelijk zijn toegelaten voor vergisting. Dit digestaat mag als overige organische meststof worden gebruikt. Voor het gebruik van digestaat als meststof gelden dezelfde regels als voor dierlijk mest ten aanzien van uitrijperioden, emissie-arme toediening en gebruiksnormen.

Dit rapport gaat in op de bemestende waarde van digestaat voor de landbouw (hoofdstuk 2) en de risico's van het gebruik van digestaat (hoofdstuk 3).



*De mestvergister van Acres (foto: PPO Lelystad)*



## 2 Bemestende waarde van digestaat

### 2.1 Samenstelling

Alle nutriënten (inclusief sporenelementen alsook zware metalen) die via mest en co-vergistingsmaterialen de vergister ingaan, komen in het digestaat terecht.

Door de afbraak van organische stof komt organisch gebonden stikstof vrij in de vorm van ammoniumstikstof. Het aandeel ammonium-N ofwel minerale stikstof in digestaat als percentage van de totale hoeveelheid stikstof, is in digestaat veelal wat hoger dan in de onvergiste uitgangsmaterialen. Het aandeel minerale stikstof neemt echter niet altijd toe. Of het toeneemt, lijkt af te hangen van het stadium waarin het vergistingsproces zich bevindt op het moment dat de vergisting wordt stopgezet (de Boer, 2004).

De samenstelling van digestaat varieert sterk en is afhankelijk van de soort en samenstelling van de uitgangsmest en de co-producten (zie paragraaf 2.2). Het verdient daarom aanbeveling om bij toepassing van digestaat altijd de samenstelling te laten meten.

Uit diverse literatuurbronnen zijn gegevens verzameld over de samenstelling van digestaat. Het betreft: de Boer (2004); Timmerman et al. (2005); Timmerman et al. (2006); de Boer & Timmerman (2006); Schröder et al. (2007); Dekker et al. (2008); Ovinge et al. (2008); van Geel et al. (2010); Hoeksma et al. (2011); Van der Burgt et al. (2011). Op basis hiervan is een gemiddelde samenstelling berekend, die is weergegeven in tabel 1. Ter vergelijking is ook de gemiddelde samenstelling van onvergiste drijfmest weergegeven, zoals die in de adviesbasis bemesting staat (van Dijk & van Geel, 2012). Helemaal zuiver is de vergelijking niet omdat de gemiddelde samenstelling van digestaat op een relatief kleine dataset is gebaseerd ten opzichte van die van drijfmest.

Het percentage minerale stikstof in digestaat is volgens tabel 1 relatief gezien zo'n 10% hoger dan in de onvergiste drijfmest.

De stikstof/fosfaat-verhouding ( $N/P_2O_5$ ) in digestaat kan verschillen van die in onvergiste mest, omdat de co-producten meestal minder fosfaat bevatten dan dierlijke mest (met name varkensmest, die fosfaatrijk is). Uit de gemiddelde samenstelling in tabel 1 blijkt dat de verhouding  $N/P_2O_5$  in VDM-digestaat wat hoger is dan in onvergiste VDM. Bij RDM-digestaat en onvergiste RDM is deze verhouding volgens tabel 1 gelijk. Ook de kali/fosfaat-verhouding ( $K_2O/P_2O_5$ ) is bij VDM-digestaat iets hoger dan bij onvergiste VDM en bij RDM-digestaat lager dan bij onvergiste RDM. Een hogere  $N/P_2O_5$ -verhouding en  $K_2O/P_2O_5$ -verhouding is in het algemeen gunstig, omdat men dan binnen de fosfaat-gebruiksnorm met digestaat meer stikstof en kali uit kunstmest kan vervangen.

**Tabel 1. Gemiddelde samenstelling van varkens- en runderdrijfmest en van digestaat van VDM en RDM (gehalten in kg per ton; voor bronnen: zie tekst hierboven)**

Mestsoort	Droge stof	Org. stof	N-totaal	N-mineraal	N-organisch	Nm-fractie	$P_2O_5$	$K_2O$	$N/P_2O_5$	$K_2O/P_2O_5$
Varkensdrijfmest (mestvarkens)	93	43	7,1	4,6	2,5	0,65	4,6	5,8	1,5	1,3
VDM-digestaat	65	41	6,1	4,4	1,7	0,72	3,2	4,9	1,9	1,5
Rundveedrijfmest	85	64	4,1	2,0	2,1	0,49	1,5	5,8	2,7	3,9
RDM-digestaat	67	50	4,0	2,1	1,9	0,53	1,5	5,3	2,7	3,5

## 2.2 Co-vergistingsmaterialen

Toevoeging van organische co-producten aan drijfmest verhoogt de biogasproductie van de vergister. Een aantal organische afvalstoffen mag samen met drijfmest worden vergist. De toegelaten stoffen voor co-vergisting zijn vermeld in onderdeel IV van bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Deze lijst wordt regelmatig uitgebreid met nieuwe producten.

Als niet meer dan 50% co-vergistingsmateriaal (op gewichtsbasis) samen met drijfmest wordt vergist, mag het digestaat als meststof met type-aanduiding 'co-vergiste mest' worden gebruikt. Het wordt dan in zijn geheel als dierlijke mest aangemerkt. Als meer dan 50% co-vergistingsmateriaal wordt meevergist of als het materiaal niet in onderdeel IV van bijlage Aa staat, wordt het digestaat als een afvalstof aangemerkt en moet dan als afval worden afgevoerd (DR-loket, 2012).

Bij vergisting van uitsluitend plantaardige materialen (dus zonder dierlijke mest) wordt het digestaat ook als meststof aangemerkt, mits de plantaardige materialen zijn opgenomen in onderdeel IV, categorie 1, A t/m F en G1 van bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Categorie G1 is sinds 1 januari 2013 toegevoegd aan bijlage Aa. Voorwaarden is dat de producten onder categorie G de maximale toegestane waarden voor zware metalen en microverontreiniging niet overschrijden. Het digestaat dat is verkregen door vergisting van 100% plantaardig materiaal, wordt aangemerkt als overige organische meststof.

Door co-vergisting kunnen organische reststromen die als afval worden beschouwd en zouden moeten worden afgevoerd naar een stortplaats, na vergisting worden teruggevoerd naar de landbouw (mits ze zijn toegelaten voor vergisting). Ook de nutriënten in de reststromen worden teruggevoerd naar de landbouw. Kringlopen worden daardoor beter gesloten en de organische stof in reststromen wordt tot waarde gebracht (energieopwekking en onderhoud van de bodem met de rest-organische stof).

Nadeel is dat de hoeveelheid nutriënten uit "dierlijk mest" ingevolge de wetgeving toeneemt. Digestaat van co-vergiste mest wordt immers wettelijk in zijn geheel aangemerkt als dierlijk mest. De nutriënten uit co-vergistingsmaterialen van plantaardige oorsprong, zoals gewasresten, worden daardoor na vergisting aangemerkt als nutriënten uit dierlijke mest. Vergisting vergroot daardoor de hoeveelheid nutriënten in Nederland afkomstig uit dierlijke mest. Dit is een probleem voor de producent die het digestaat moet afzetten (in de mestmarkt overstijgt het aanbod de vraag), niet zozeer voor de ontvanger van het digestaat.

De keuze voor het type co-vergistingsmateriaal beïnvloedt de samenstelling en daarmee de bemestende waarde van het digestaat (Broeze et al., 2005). De gehalten fosfaat, kali, calcium en magnesium in co-vergistingsmaterialen kunnen zowel hoger als lager zijn dan in de drijfmest. Co-producten met een relatief hoog droge-stofgehalte leiden tot een relatief hoog organische-stofgehalte in het digestaat. Het betreft onder andere melasse, snijmais en koolzaadschroot. Eiwitrijke co-producten leiden tot een verhoogd N-gehalte (zowel Norg als Nm). Voorbeelden hiervan zijn eveneens koolzaadschroot en slachtafval. Verder leiden schroten, zoals koolzaadschroot, tot een verhoogd fosfaatgehalte. Kaliumrijke co-producten zoals melasse en aardappelstoomschillen leiden tot een verhoogd kaliumgehalte. Evenwel hebben de meeste co-producten een beperkt effect op de samenstelling van het digestaat.

Co-producten als dierlijk vet hebben hele lage nutriëntengehalten in vergelijking met drijfmest. Bij volledige afbraak van het vet in de vergister blijft als het ware alleen de (verdunde) vergiste mest als digestaat over. Vet is derhalve een heel neutraal en aantrekkelijk co-vergistingsproduct (Broeze et al., 2005). Het geeft een hoge biogasproductie en voegt weinig nutriënten toe aan het digestaat c.q. draagt weinig bij aan de verhoging van het nutriëntenoverschot uit dierlijke mest.

## 2.3 Stikstofwerking

### 2.3.1 Berekende werking

De stikstofwerking van digestaat wordt naast de soort vergiste mest mede beïnvloed door de aard van en de hoeveelheid co-vergistingsmateriaal die wordt meevergist. De N-werking zal daardoor wat sterker kunnen variëren dan van onvergiste mest.

De stikstofwerking van dierlijke mest kan worden berekend op basis van de gehalten N-mineraal (Nm) en N-organisch (Norg) in de mest (van Dijk & van Geel, 2012). Voor deze twee fracties gelden afzonderlijke werkingscoëfficiënten, nl. WCm en WCorg. De stikstofwerking kan dan als volgt worden berekenend:

$$\text{Stikstofwerkingscoëfficiënt} = (WCm * Nm + WCorg * Norg) / N\text{-totaal}$$

De stikstofwerkingscoëfficiënt van de Nm-fractie van dierlijke mest is afhankelijk van de toedieningsmethode c.q. van de ammoniakvervluchtungsverliezen. De adviesbasis bemesting (van Dijk & van Geel, 2012) hanteert hiervoor forfaitaire waarden, onder andere 95% voor bouwlandinjectie en 70% voor voorjaarstoediening in wintergraan met een sleufkouter of zodebemester.

Met deze vuistgetallen kan in principe ook de stikstofwerking van de minerale fractie van digestaat worden geschat. Echter, door de wat hogere pH van digestaat t.o.v. drijfmest, kunnen bij minder-emissiearme toedieningstechnieken dan bouwlandinjectie de ammoniakverliezen wat hoger zijn en daardoor de N-werking van de minerale fractie wat lager.

De stikstofwerkingscoëfficiënt van de Norg-fractie is afhankelijk van de afbraaksnelheid van de organische stof (verschilt per mestsoort), de C/N-verhouding van de organische stof, het toedieningstijdstip en de lengte van de stikstofopnameperiode van het gewas. De adviesbasis bemesting geeft ook forfaitaire waarden voor de WCorg van verschillende mestsoorten. Bij toediening in het voorjaar bedraagt deze bijvoorbeeld 10-20% voor rundveemest en van 40-60% voor varkensmest, afhankelijk van de lengte van de N-opnameperiode van het gewas.

Over de afbraaksnelheid van de organische stof van digestaat is weinig bekend. Op basis van respiratiemeting tijdens incubatie in een laboratoriumopstelling vonden Van der Burgt et al. (2011) dat de organische stof van co-vergiste mest iets langzamer werd afgebroken dan die van de onvergiste mest. Zij schatten de humificatiecoëfficiënt (HC) van de organische stof van VDM-digestaat op 0,36 en die van RDM-digestaat op 0,75. De HC is de fractie van de organische stof die een jaar na toediening aan de bodem nog over is (de effectieve organische stof; EOS) en zover is verteerd en omgezet dat het deel is gaan uitmaken van de bodem-organische stof. Voor de organische stof in onvergiste vleesvarkendrijfmest wordt een (forfaitaire) HC gehanteerd van 0,33 en voor die in onvergiste runderdrijfmest van 0,70.

De C/N-verhouding van de organische stof van digestaat varieert (afhankelijk van de ingaande mest en toegevoegde co-vergistingsmaterialen) en verschilt van die van

onvergist mest. Bij een lagere C/N-verhouding mineraliseert de stikstof sneller dan bij een hogere C/N-verhouding.

M.b.v. de HC en de C/N-verhouding van de organische stof kan het afbraak- en mineralisatiepatroon worden geschat met het mineralisatiemodel Minip (Janssen, 1996). Met bovenstaande afbraakgegevens en de gemiddelde samenstelling zoals weergegeven in tabel 1, is met behulp van Minip een eerstejaars N-werking (periode 1 april – 1 augustus) berekend voor N-totaal in de mest. De C/Norg-verhouding is berekend door uit te gaan van 50% C in de organische stof. De berekende N-werking bedraagt:

	<u>toediening met een</u>	
	<u>bouwlandinjecteur</u>	<u>zodebemester</u>
		(in wintergraan)
onvergist rundveedrijfmest	53%	41%
RDM-digestaat	55%	42%
onvergist varkendrijfmest	79%	63%
VDM-digestaat	80%	62%

Het verschil in berekende N-werking tussen digestaat en onvergist mest is gering. Het iets hogere aandeel N-mineraal in digestaat verhoogt de N-werking enigszins maar de bijdrage uit de organische fractie is iets lager dan van onvergist mest.

## 2.3.2 Gemeten N-werking

### 2.3.2.1 RDM-digestaat

Schröder et al. (2007) onderzochten de N-werking van een aantal mestsoorten, waaronder vergiste rundveedrijfmest (zonder co-vegetingsmateriaal) en onvergist rundveedrijfmest, in een meerjarige proef met grasland op een zandgrond. De mest werd gedurende vier opeenvolgende jaren jaarlijks toegediend met drie tot vier toedieningsmomenten per groeiseizoen. De toediening vond plaats met een zodebemester. De Nm-fractie van de vergiste mest bedroeg 0,59 van N-totaal en bij de onvergist mest 0,52.

De 1<sup>e</sup> jaars N-werking van onvergist RDM bedroeg 58% en van vergiste RDM 64%. De meerjarige N-werking na vier jaar van toediening (1<sup>e</sup> jaars werking + nawerking uit de voorgaande jaren) bedroeg 78% voor onvergist RDM en 73% voor vergiste RDM. Het betrof de gemiddelde, berekende N-werking op basis van droge-stofproductie en stikstofopname door het gras.

Wanneer het eerste jaar meer stikstof werkzaam c.q. beschikbaar is, is het logisch dat er dan voor de navolgende jaren minder beschikbaar is van het totale hoeveelheid N. De lange-termijnwerking van digestaat is derhalve niet hoger dan van de onvergist mest.

De Boer (2004) vergeleek de toediening van vergiste RDM (zonder co-vegetingsmateriaal) en onvergist RDM met een zodebemester op grasland op zware zeelei. De mest werd voor de eerste en derde snede toegediend. Ook werden bemesting met KAS en ammoniumsulfaat in de proef opgenomen.

Opvallend was dat, ondanks afbraak van organische stof tijdens de vergisting, de fractie organische gebonden stikstof (als percentage van de totale stikstof in de mest) nauwelijks veranderde. De Boer (2004) schreef dit toe aan vastlegging van minerale stikstof door groeiende bacteriepopulaties tijdens de vergisting.

Op basis van de totale stikstofinhoud van vier snedes gras leidde de Boer (2004) een N-werking t.o.v. KAS af van 68% voor vergiste RDM en van 45% voor onvergist RDM.

De hogere N-werking was niet te verklaren uit de Nm/Norg-verhouding. Deze was immers bij de vergiste en onvergiste mest vrijwel gelijk. Voor de hogere N-werking van vergiste RDM geeft de Boer (2004) drie mogelijke verklaringen:

- Organisch gebonden stikstof die tijdens de vergisting vrijkomt door afbraak van de organische stof, wordt weer opnieuw organisch gebonden, waarschijnlijk als gevolg van opname door groeiende bacteriepopulaties. Na toediening van het digestaat aan de bodem zal een deel van deze (anaërobe) bacteriepopulaties afsterven, wordt hun biomassa relatief snel afgebroken en komt een deel van de vastgelegde stikstof weer vrij.
- Vergiste drijfmest bevat meer bacteriën en enzymen dan onvergiste drijfmest. Na toediening aan de bodem stimuleren deze bacteriën en enzymen mogelijk de afbraak van zowel de organische stof in de mest als in de bodem. Een hogere afbraak van organische stof leidt tot meer mineralisatie van stikstof. Onbekend is hoe groot dit beschreven effect zou kunnen zijn.
- Na toediening van onvergiste drijfmest aan de bodem wordt een deel van de organische stof snel afgebroken. Dit gaat gepaard met groei van bacteriepopulaties in de bodem die stikstof vastleggen (immobiliseren). Deze stikstof komt na verloop van tijd weer vrij, als de hoeveelheid gemakkelijk afbreekbare organische stof in de bodem afneemt en de opgebouwde bacteriepopulaties door voedseltekort sterven. Op zware klei kan de afbraak van deze microbiële biomassa sterk worden vertraagd, waardoor de hermineralisatie van de vastgelegde stikstof eveneens traag verloopt. Omdat vergiste drijfmest minder (makkelijk afbreekbare) organische stof bevat, wordt er minder stikstof vastgelegd in de bodem en blijft er meer direct beschikbaar voor het gewas.

Dekker et al. (2007; 2008) onderzochten in 2006 en 2007 de N-werking van co-vergiste rundveedrijfmest in consumptieaardappel en snijmais op kleigrond. De N-werking werd vergeleken met die van onvergiste RDM. Ook was de gescheiden dunne fractie van RDM-digestaat (effluent) in de proeven opgenomen. Totaal zijn negen veldproeven uitgevoerd, waarvan bij vijf proeven de N-werking kon worden afgeleid. Dit betrof drie proeven met consumptieaardappel en twee proeven met snijmais (tabel 2). In aardappel is de RDM in 2006 vóór het poten toegediend met een zodebemester en vervolgens ingeëgd. Het digestaat en effluent zijn na poten over de ruggen aangebracht en toegedekt met grond door een schijvenaanaarder. In 2007 zijn alle meststoffen na poten toegediend met de sleepslangenmachine van Capelle met sterverkruimelaars, welke de mest oppervlakkig inwerken. In snijmais zijn de meststoffen in 2006 en 2007 toegediend met een zodebemester.

De Nm-fractie (van N-totaal) van het toegepaste digestaat was wat hoger dan van de onvergiste mest (tabel 2). De Nm-fractie van het effluent was nog hoger, maar fluctueerde sterk per proef c.q. partij.

De N-werking werd afgeleid op basis van versopbrengst, droge-stofopbrengst en N-opname. In tabel 2 is het gemiddelde van deze afleidingsmogelijkheden weergegeven. Gemiddeld werd voor digestaat een hogere (1<sup>e</sup>-jaars) N-werking gevonden dan voor de onvergiste mest. Per individuele proef varieerde de N-werking van het digestaat echter sterk ten opzichte van de onvergiste mest en was soms ook lager.

**Tabel 2. Nm-fractie en gevonden N-werking in Biogas Flevoland (Dekker et al., 2007 en 2008)**

Jaar	Gewas en plaats	Nm-fractie (van N-totaal)			N-werking (%)		
		onvergiste RDM	RDM-digestaat	effluent digestaat	onvergiste RDM	RDM-digestaat	effluent digestaat
2006	cons. aardappel, Lelystad <sup>1</sup>	0,59	0,64	0,80	42	34	49
2006	snijmaïs, Swifterbant <sup>2</sup>	0,51	-	0,54	23	-	51
2007	cons. aardappel, Lelystad <sup>1</sup>	0,51	0,60	0,71	45	32	80
2007	cons. aardappel, Dronten <sup>3</sup>	0,55	0,60	0,71	28	61	57
2007	snijmaïs, Swifterbant <sup>2</sup>	0,51	0,59	0,66	15	26	17
gemiddeld					30	38	51

<sup>1</sup> Gemiddelde van de berekende N-werking gebaseerd op bruto knolopbrengst, marktbaar opbrengst, knoldroge-stofopbrengst en N-opname in de knollen.

<sup>2</sup> Gemiddelde van de berekende N-werking gebaseerd op vers-opbrengst, droge-stofopbrengst en N-opname in het geoogste product.

<sup>3</sup> Gemiddelde N-werking gebaseerd op bruto knolopbrengst, marktbaar opbrengst en N-opname in de knollen.

### 2.3.2.2 VDM-digestaat

De Boer & Timmerman (2006) voerden in 2004-2006 geconditioneerde pottenproeven uit met gras waarin zij de N-opname door het gras bij toepassing van vijf co-vergiste varkensdrijfmesten vergeleken met de N-opname bij toepassing van de onvergiste uitgangsmest en van kunstmest. Er werden drie snedes gras geoogst.

De Nm-fractie (van N-totaal) van de co-vergisten mesten was in alle gevallen hoger dan van de onvergiste uitgangsmest. Bij de onvergiste uitgangsmest bedroeg de Nm-fractie gemiddeld 0,65 (0,61-0,68) en bij de co-vergiste mesten gemiddeld 0,75 (0,74-0,78).

Uit de co-vergiste mesten werd over de gehele groeiperiode meer stikstof geleverd en ook sneller. In tabel 3 is de schijnbare stikstofbenutting weergegeven totaal over alle snedes. De schijnbare N-benutting is de extra N-opname door het gras ten opzichte van gras zonder N-bemesting, uitgedrukt als percentage van de N-gift. Door de schijnbare N-benutting te delen door die van kunstmest-N (KAS) kan de stikstofwerkingscoëfficiënt worden berekend. Voor onvergiste VDM bedroeg deze gemiddeld 76% en voor co-vergiste VDM gemiddeld 96%.

**Tabel 3. Schijnbare N-benutting van vijf co-vergiste varkensdrijfmesten, hun onvergiste uitgangsmest en kunstmest in pottenproef met gras (naar: de Boer & Timmerman, 2006)**

Co-product	Schijnbare N-benutting (%)			Stikstofwerking (%)	
	Kunstmest	Uitgangsmest	Co-vergiste mest	Uitgangsmest	Co-vergiste mest
Beukergist	70	57	69	81	99
Aardappelzetmeelslib	68	49	61	72	90
Kwalizuivel	63	47	63	75	100
Maïskweekwater	68	51	67	75	99
Rode-koolconcentraat	67	51	62	76	93
Gemiddeld				76	96

Binnen het bedrijfssystemenonderzoeksproject Nutriënten Waterproof (NWP) te Vredepeel op zuidoostelijke zandgrond is gedurende vier opeenvolgende jaren (2006 t/m 2009) een strokenvergelijking aangelegd in enkelvoud met VDM-digestaat. In 2006 betrof het vergiste VDM zonder co-vergistingmateriaal en in 2007 t/m 2009 co-vergiste VDM. In alle vier de jaren is het VDM-digestaat vergeleken met onvergiste VDM in consumptieaardappel en suikerbiet en met RDM in snijmais alsook met kunstmest in alle drie de gewassen. De drijfmest en het digestaat werden toegediend met een bouwlandinjecteur.

In twee van de vier jaren was alleen het N-totaalgehalte van het digestaat bekend. In de andere twee jaren was ook de Nm-fractie bekend. Deze was hoger dan van de onvergiste VDM: gemiddeld 0,73 versus 0,67.

Uit de vierjarige vergelijking bleek dat het VDM-digestaat een waardevolle dierlijke meststof is. Het gebruik ervan resulteerde gemiddeld genomen in een gelijkwaardige tot hogere gewasopbrengst en een vrijwel gelijkwaardige productkwaliteit als bij gebruik van de andere meststoffen. Enkel in suikerbiet in 2006 had de toepassing van VDM-digestaat nadelig effect op de opbrengst en interne kwaliteit van de bieten door een hoge beschikbaarheid van stikstof uit het digestaat dan vooraf was geschat.

Hoewel geen stikstofwerking kon worden afgeleid, gaven het effect van VDM-digestaat op de opbrengst en N-opname door het gewas in vergelijking tot die van onvergiste mest en kunstmest de indruk dat de stikstofwerking van het VDM-digestaat aanmerkelijk hoger was dan van onvergiste varkensdrijfmest en mogelijk de werking van kunstmeststikstof dicht benadert.

De toepassing van het VDM-digestaat leidde t.o.v. de toepassing van onvergiste VDM tot een verlaging van het stikstofoverschot bij aardappel en ook tot een geringe verlaging bij suikerbiet. Mogelijk zou (langjarige) toepassing van VDM-digestaat daardoor kunnen bijdragen aan de verlaging van het nitraatgehalte in het grondwater.

### **2.3.2.3 Overig onderzoek**

In het project Energiekompas voor de Veenkoloniën (Wijnholds et al., 2010) is digestaat afkomstig uit een mestvergister vergeleken met onvergiste VDM en kunstmest in proeven met biogasmaïs in 2007 t/m 2009 en in proeven met zetmeelaardappel in 2008 en 2009. Het is niet duidelijk of het digestaat betrof van (co-)vergiste VDM of RDM. Het digestaat en de VDM werden toegediend met een bouwlandinjecteur.

De Nm-fractie (van N-totaal) van het digestaat was in 2008 iets hoger dan van de VDM (0,69 versus 0,65) en in 2009 lager dan van de VDM (0,52 versus 0,62). Van 2007 zijn geen gegevens beschikbaar over de Nm-fracties.

Uit het onderzoek werd geconcludeerd dat het digestaat een prima meststof is voor biogasmaïs, enigszins vergelijkbaar met varkensdrijfmest en dat digestaat kunstmest volledig kan vervangen bij de bemesting van biogasmaïs. Uit de proef van 2007 kon geen N-werkingscoëfficiënt worden afgeleid. Uit de proeven van 2008 en 2009 is beide jaren een werkingcoëfficiënt afgeleid van 100% op basis van droge-stofopbrengst. Op basis van N-opname door het gewas is een werkingcoëfficiënt afgeleid van ca. 70-90% in 2008 en ca. 60-90% in 2009. De N-werking van het digestaat leek in de proef van 2008 hoger te zijn dan die van VDM en leek in de proef van 2009 lager te zijn dan die van VDM.

Bij zetmeelaardappel is op basis van visuele waarnemingen gedurende het groeiseizoen en de opbrengst van de aardappelen een stikstofwerking afgeleid van gemiddeld 66% voor digestaat en 87% voor varkensdrijfmest, echter met een enorme variatie afhankelijk van het tijdstip en de aard van de waarneming. Het gemiddelde werkingspercentage is daarom niet erg betrouwbaar.

In 2007 is ook digestaat van puur vergiste maïs in de proef met teelt van biogasmaïs opgenomen. Er was geen duidelijk verschil in droge-stofopbrengst en N-opname door het gewas tussen bemesting met maïsdigestaat, digestaat uit de mestvergister of VDM. Er kon geen N-werkingscoëfficiënt worden afgeleid.

### 2.3.3 Bespreking N-werking

De eerstejaars N-werking van RDM-digestaat was in proeven door de bank genomen wat hoger dan van onvergist RDM. Relatief gezien was het verschil iets groter dan op basis van de theoretisch berekende N-werking werd verwacht.

De pottenproef met gras en de strokenvergelijking in NWP duiden erop dat de eerstejaars N-werking van VDM-digestaat aanmerkelijk hoger is dan van onvergist varkensdrijfmest en mogelijk de werking van kunstmeststikstof dicht benadert. De resultaten van Energiekompas geven geen uitsluitel over de hoogte van de stikstofwerking.

De hogere (eerstejaars) N-werking van digestaat is niet alleen te verklaren uit een iets hogere Nm-fractie. Wellicht spelen meer processen een rol die de N-werking beïnvloeden, zowel bij RDM-digestaat als VDM-digestaat, welke zijn genoemd door de Boer, 2004 (zie paragraaf 2.2.2.1).

De Boer (2004) vond onder meer dat bij vergisting van RDM, ondanks afbraak van organische stof, de fractie organische gebonden stikstof (als percentage van de totale stikstof in de mest) nauwelijks veranderde. Uit het onderzoek van Timmerman et al. (2006) met vergisting van varkensdrijfmest komt een soortgelijk beeld naar voren. Ondanks dat na vergisting ruim 34% van de organische stof in de mest was afgebroken, daalde de fractie Norg slechts van 39% naar 34%, terwijl bij omzetting van 34% van de Norg in Nm een resterende Norg-fractie van 26% zou moeten zijn overgebleven. Dit duidt op bacteriële vastlegging van Nm (zoals opgemerkt door De Boer, 2004). Na toediening van het digestaat aan de bodem, komt deze stikstof waarschijnlijk weer snel vrij.

Verder mag niet worden uitgesloten dat de N-werking van digestaat kan variëren, afhankelijk van de hoeveelheid en aard (afbreekbaarheid en C/N-verhouding) van de hoeveelheid toegevoegd co-vergistingsmateriaal.

Onzekerheid over de N-werking maakt digestaat tot een lastig te hanteren meststof, met name bij gewassen waarbij een te hoog N-aanbod nadelig effect heeft op de kwaliteit, bijvoorbeeld bij suikerbieten. Zowel een te laag als een te hoog N-aanbod leidt dan tot een financiële opbrengstderving. In aardappelen is onzekerheid over de N-werking te ondervangen door een basisgift met digestaat toe te dienen en later tijdens de teelt een N-bijmeststelsel te gebruiken.

Kennis over de stikstofwerking van het digestaat is van belang om de juiste dosering te kunnen bepalen, opdat niet teveel en niet te weinig werkzame stikstof wordt toegediend. De gebruiker van digestaat moet over vuistregels kunnen beschikken om de stikstofwerking van het digestaat vooraf te kunnen schatten, conform de vuistregels die er zijn voor de stikstofwerking van onbewerkte dierlijke mest.

De werking van de minerale N-fractie van het digestaat kan worden geschat op basis van de toedieningsmethode. Om vuistregels op te kunnen stellen voor de werking van de organische N-fractie van digestaat is nader onderzoek nodig. De afleiding hiervan op basis van de in paragraaf 2.2.1 aangehaalde respiratieproef is niet voldoende. Naast een onderscheid naar de dierlijke-mestsoort die is vergist (RDM of VDM), is het belangrijk om daarbij het effect van de aard en hoeveelheid van het co-vergistingsmateriaal op de stikstofwerking van het digestaat na te gaan: hoeveel variatie in stikstofwerking ontstaat hierdoor en hoe kunnen de vuistregels worden verfijnd door rekening te houden met het



type dan wel de samenstelling van het co-vergistingmateriaal en de toegevoegde hoeveelheid?

Verder zou de Norg-fractie moeten worden onderscheiden in de Norg die deel uitmaakt van de bacteriële biomassa en de Norg in het niet door vergisting afgebroken deel van de organische stof. Hiervoor zouden dan afzonderlijke werkingscoëfficiënten moeten worden gehanteerd.

Als verder door toepassing van digestaat de mineralisatie in de bodem wordt gestimuleerd en/of er minder stikstof wordt geïmmobiliseerd, zou dit ook in de N-werkingscoëfficiënt moeten worden verdisconteerd. Waarschijnlijk moet hierbij onderscheid worden gemaakt naar grondsoort.

#### 2.3.4 Werking van overige nutriënten

Evenals voor stikstof geldt dat door de afbraak van organische stof een deel van het organisch gebonden fosfaat wordt omgezet in mineraal fosfaat. De eerstejaars werking zal daardoor wat hoger zijn dan van de onvergiste mest + co-vergistingmaterialen. Op lange termijn zal uiteindelijk al het fosfaat vrijkomen.

De kaliumwerking van organische mest bedraagt 100% (van Dijk & van Geel, 2012). De kali is in minerale, opgeloste vorm aanwezig in de mest. Bij vergisting van de mest zal dit niet veranderen. Aangenomen mag worden dat de kali in de co-vergistingmaterialen volledig beschikbaar is na vergisting c.q. voor 100% werkzaam is.

De nutriënten die in minerale vorm vrijkomen na afbraak van de organische stof, kunnen opgelost aanwezig blijven in het digestaat of met elkaar reageren en neerslaan (Kool et al., 2005). Magnesium-, ammonium- en fosfaationen kunnen neerslaan als struviet en calcium en carbonaat als calciumcarbonaat. Volgens Bussink & van Dijk (2011) is het fosfaat in struviet evengoed voor gewassen beschikbaar als het fosfaat in kunstmest (tripelsuperfosfaat).

Volgens Broeze et al. (2005) verandert de bemestende waarde van fosfaat, kali, calcium en magnesium niet door vergisting en is gelijk aan het gewogen gemiddelde van de bemestende waarde van de grondstoffen voor vergisting.

Zwavel kan tijdens de vergisting in de vorm van  $H_2S$  met het biogas ontwijken. Bij de meeste biogasinstallaties wordt het biogas echter ontzwaveld om corrosie van de installatie te voorkomen. De zwavel wordt vervolgens weer aan het digestaat toegevoegd. Daardoor is het zwavelgehalte in het digestaat vrijwel gelijk aan dat in de onvergiste mest (Kool et al., 2005).

## 2.4 Gebruik van digestaat

Voordelen van toepassing van digestaat ten opzichte van drijfmest zijn:

- Digestaat is dunner en homogener dan de onvergiste uitgangsmest en daardoor beter verpompbaar. Dit komt omdat bij de vergisting organische stof en slijmstoffen in de drijfmest worden afgebroken (Kool et al., 2005).
- Digestaat geeft tijdens en na uitrijden minder stankoverlast dan onvergiste mest. Dit komt omdat de vluchtige vetzuren in mest, die stank veroorzaken, grotendeels worden afgebroken bij de vergisting.

- Een deel van de ziekteverwekkende bacteriën en schimmels in mest en co-vergistingmaterialen is door de vergisting gedood.
- Door de vergisting zijn er ook onkruidzaden gedood dan wel is de kiemkracht van de onkruidzaden afgenomen.
- Veelal is een wat groter deel van de nutriënten in minerale vorm aanwezig en daardoor direct opneembaar voor de plant.
- De 1<sup>e</sup>-jaars stikstofwerking van digestaat is veelal hoger dan die van de onvergiste mest.
- Door een hogere 1<sup>e</sup>-jaars N-werking is de stikstofbenutting uit digestaat door het gewas hoger dan uit onvergiste mest en kan met een lagere N-totaalgift worden volstaan. Dat leidt tot een lager N-overschot (bij gelijkblijvende gewasopbrengst en N-afvoer) en tot minder stikstofverlies naar het milieu.

De ontvanger van digestaat moet in 2013 met de volgende wettelijke normen rekening houden (DR-loket, 2012):

- een gebruiksnorm dierlijke mest van 170 kg N-totaal per ha uit dierlijke mest voor niet-derogatiebedrijven (250 kg N-totaal per ha voor bedrijven die wel onder de derogatie vallen);
- een aanvoernorm op bouwland van:
  - 85 kg fosfaat per ha uit alle meststoffen samen bij een Pw <36.
  - 65 kg fosfaat per ha uit alle meststoffen samen bij een Pw 36-55;
  - 55 kg fosfaat per ha uit alle meststoffen samen bij een Pw >55;
- gewasafhankelijke stikstofgebruiksnormen.

Bij gebruik van varkensmest is de fosfaatnorm het eerst beperkend voor de hoeveelheid dierlijk mest die totaal op een bedrijf kan worden aangevoerd. Op gronden met een hoge Pw is de fosfaatnorm ook het eerst beperkend voor de hoeveelheid rundveemest die kan worden aangevoerd. Bovenop de dierlijke mest moet het bedrijf nog extra stikstof en kali (afhankelijk van de kalitoestand van de grond) uit kunstmest of bijvoorbeeld mineralenconcentraat aanvoeren om de totale behoefte op het bedrijf te dekken.

Uitgaande van de gemiddelde samenstelling in tabel 1, een aanvoernorm van 65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha en volledig gebruik van deze norm door inzet van dierlijk mest, worden de volgende hoeveelheden stikstof en kali aangevoerd:

<u>Toepassing van</u>	<u>N-totaal (kg per ha)</u>	<u>K<sub>2</sub>O (kg per ha)</u>
onvergiste VDM	100	85
VDM-digestaat	125	100
onvergiste RDM	175	255
RDM-digestaat	175	230

Bij VDM-digestaat wordt wat meer stikstof en kali aangevoerd dan bij onvergiste VDM. Bij RDM-digestaat wordt evenveel stikstof en minder kali aangevoerd dan bij onvergiste RDM. N.B.: het betreft een vergelijking op basis van gemiddelde samenstelling. Per vergister kan dit sterk verschillen, afhankelijk van de samenstelling van de ingaande mest en de toegevoegde co-vergistingmaterialen.

Voor de berekening van de aanvoer van werkzame stikstof voor de gewasafhankelijke N-gebruiksnormen hanteert de wetgeving forfaitaire werkingscoëfficiënten voor organische mest. Voor op het bedrijf ontvangen digestaat geldt dezelfde forfaitaire werkingscoëfficiënt als voor de onvergiste mestsoort (DR-Loket, 2012). In 2013 is dat 70% voor VDM-digestaat op zand en löss, 60% voor VDM-digestaat op klei en veen, 60%

voor RDM-digestaat op alle grondsoorten en 80% voor de dunne fractie van digestaat op alle grondsoorten.

Als een daadwerkelijk (technisch) hogere N-werking kan worden gerealiseerd, kan de mestgift worden verlaagd of hoeft er minder (kunstmest)stikstof te worden bijbemest. Daardoor wordt forfaitair minder werkzame stikstof aangevoerd en blijft er binnen de N-gebruiksnormen op het bedrijf ruimte over voor inzet van stikstof in andere gewassen (indien nodig).

## 2.5 Effect op de bodem

### 2.5.1 Zuurgraad en buffering

De pH van onvergiste mest ligt meestal iets boven de 7. De pH van digestaat is ca. 0,5 tot 1 punt hoger dan van onvergiste mest door de afbraak van vluchtige vetzuren tijdens de vergisting en de vorming van carbonaten (Kool et al., 2005).

Digestaat is dus licht basis en geeft geen verzuring van de bodem. Voor met name kalkloze, zure gronden is dat gunstig. Veel (kunst)meststoffen werken wel verzurend.

Door het aanwezige koolzuur-bicarbonaatevenwicht heeft het digestaat ook een bufferende werking in de bodem. Daling van de pH door zure regen of biologische verzuringprocessen zoals nitrificatie worden door het digestaat gebufferd (Brenneisen, 2005).

### 2.5.2 Organische stof

Door vergisting van mest wordt een deel van de organische stof (OS) in de vergister afgebroken, die anders (bij toediening van onvergiste mest) in de bodem was gekomen. Het betreft echter gemakkelijk afbreekbare organische stof, die anders in de bodem in het eerste jaar na toediening wordt afgebroken en niet bijdraagt aan de opbouw van bodem-organische stof (humus). De resterende organische stof in het digestaat is stabiel(er) (moeilijker afbreekbaar) dan de onvergiste organische stof en draagt relatief sterker bij aan de humusopbouw in de bodem.

Daarnaast wordt extra organische stof toegevoegd door de co-vergistingmaterialen. De OS-afbraak van de co-producten als gewasresten, energiegewassen of reststromen uit de levensmiddelenindustrie is hoger dan van drijfmest, omdat de OS van drijfmest stabiel(er) c.q. moeilijker afbreekbaar is. De OS van rundveemest is weer moeilijker afbreekbaar dan die van varkensmest.

Het OS-gehalte van digestaat is, ondanks de toevoeging van co-vergistingmateriaal, vaak iets lager dan dat van onvergiste mest, maar niet altijd. Het hangt af van de hoeveelheid OS die via de co-vergistingmaterialen wordt aangevoerd en hoeveel daarvan wordt afgebroken. Dat laatste hangt af van de samenstelling van de OS en het vergistingsproces. Suikers, eiwitten en vetten worden gemakkelijk door anaerobe micro-organismen afgebroken. Vezelig en houtig materiaal met een hoog gehalte aan lignine en hemicellulosestructuren is moeilijk anaeroob afbreekbaar. Door vergisting bij een temperatuur van 50-60°C (thermofiele vergisting) verloopt de afbraak sneller dan bij 30-40 °C (mesofiele vergisting). Bij langere verblijftijd in de vergister wordt meer organische stof afgebroken dan bij kortere verblijftijd. Voor een hoge biogasproductie is toevoeging van gemakkelijk afbreekbare OS c.q. een hoge afbraak van OS evenwel het aantrekkelijkste.

Timmerman et al. (2006) vonden dat bij vergisting van vleesvarkensdrijfmest zonder co-vergistingmateriaal ruim 34% van de OS werd afgebroken. Bij toevoeging van beukergist als co-vergistingmateriaal werd ongeveer 71% van de OS van het ingaande

mengsel afgebroken. Bij toevoeging van aardappelzetmeelslib was dat ongeveer 76%, bij toevoeging van retourzuivel ongeveer 65% en bij toevoeging van maïskweekwater ongeveer 67%.

De Boer (2004) meldt dat bij vergisting van RDM het OS-gehalte daalde van 63 naar 43 g per kg (een afname van 32%). Tijdens opslag van de vergiste mest in tanks gedurende 83 dagen nam het organische stofgehalte van de vergiste mest verder af tot circa 36 g per kg (een afname van totaal 43%).

Abdel-Hadi (2003; in: Kool et al., 2005) vond bij vergisting van alleen RDM dat 4 tot 13% van de ingaande OS werd afgebroken. Bij co-vergisting van RDM met bietenpulp was dat 8 tot 64%, bij co-vergisting met voedingsmiddelenresten 46 tot 63% en bij co-vergisting met resten van de fruitverwerkende industrie 39 tot 54%.

Volgens Anonymus (2004; in: Kool et al., 2005) wordt bij vergisting van alleen drijfmest 24 tot 67% van de ingaande OS afgebroken en bij covergisting kan dit oplopen tot 80%.

De hoeveelheid (effectieve) organische stof die wordt aangevoerd met digestaat, hangt niet alleen af van het organische-stofgehalte, maar tevens van het stikstof- en fosfaatgehalte van het digestaat, i.c. van de verhouding OS/N of OS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Vanwege de gebruiksnormen voor bemesting (zie paragraaf 2.4) is de hoeveelheid organische mest die totaal op een bedrijf kan worden aangewend, beperkt. Veelal is de fosfaatnorm het eerst beperkend. Op basis van de gegevens over de samenstelling in tabel 1 en de vermelde humificatiecoëfficiënten in paragraaf 2.3.1 worden bij een aanvoernorm van 65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha en volledig gebruik van deze norm door inzet van dierlijk mest, de volgende hoeveelheden OS en EOS aangevoerd:

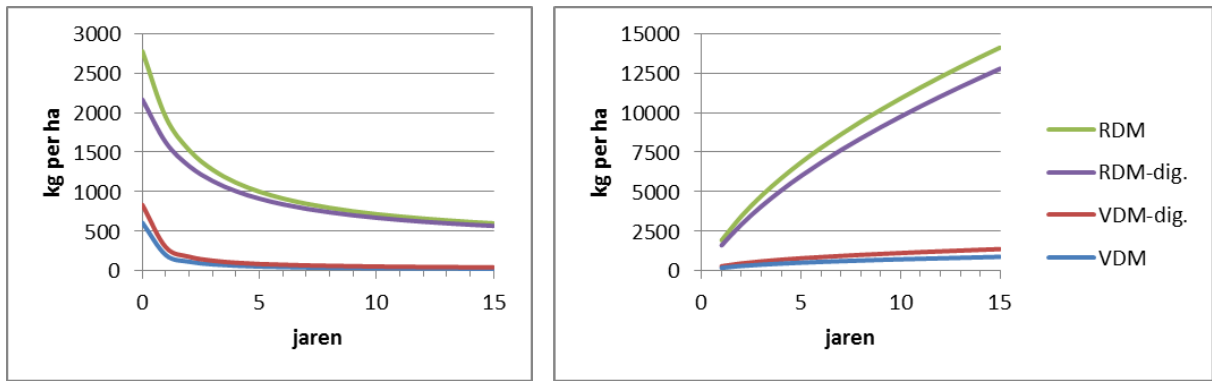
<u>Toepassing van</u>	<u>OS / P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/kg)</u>	<u>OS (kg per ha)</u>	<u>EOS (kg per ha)</u>
onvergiste VDM	9,3	610	200
VDM-digestaat	12,8	835	300
onvergiste RDM	42,7	2775	1940
RDM-digestaat	33,3	2165	1625

Met behulp van het organische-stofafbraakmodel van Janssen (1984) is het effect op lange termijn berekend bij aanvoer van de bovengenoemde hoeveelheden (E)OS. Dit is gedaan voor eenmalige toediening van de meststoffen en voor een situatie met jaarlijkse toediening. Na een aantal jaar van toediening kan worden berekend hoeveel er nog over is van de OS die het voorgaand jaar aan de bodem is toegevoegd, van de OS die twee jaar terug is toegevoegd, drie jaar terug enz. Deze resterende hoeveelheden worden opgeteld en dit is de cumulatieve hoeveelheid OS die nog over is c.q. aan de bodem is toegevoegd bij jaarlijkse toediening.

Het resultaat van de berekening is weergegeven in figuur 1. Hieruit blijkt dat er vooral een groot verschil is tussen de twee mestsoorten: bij toepassing van RDM-digestaat wordt veel meer organische stof aan de bodem toegevoegd dan bij toepassing van VDM-digestaat. Het verschil tussen de onvergiste mest en het digestaat is relatief klein ten opzichte van dat van de mestsoort.

Evenwel is de OS-opbouw in de bodem bij VDM-digestaat anderhalf keer zo hoog als bij onvergiste VDM. Door een gunstigere OS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding van het digestaat wordt er meer OS per ha aangevoerd en bovendien breekt de OS langzamer af als van onvergiste VDM.

Bij RDM-digestaat is de opbouw ca. 10% lager dan bij onvergiste RDM. Doorslaggevend hierbij is dat de OS/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding van het digestaat juist ongunstiger is dan van de onvergiste mest, waardoor er minder OS per ha wordt aangevoerd.



**Figuur 1.** Resterende hoeveelheid organische stof in de bodem bij eenmalige toediening (links) en jaarlijkse toediening (rechts) van onvergiste VDM, VDM-digestaat, onvergiste RDM en RDM-digestaat



**Digestaat wordt in de landbouw toegepast zoals dierlijk mest (foto: PPO Vredepeel)**



## 3 Risico's bij gebruik van digestaat

### 3.1 Ziekteoverdracht

Via dierlijke mest en co-vergistingmaterialen kunnen voor dieren en planten ziekteverwekkende bacteriën en schimmels worden overgedragen en kunnen onkruidzaden worden verspreid. Van de co-producten betreft dit onder andere voedselafval, etensresten en gewasresten uit de land- en tuinbouw, bijvoorbeeld schimmelsporen op gewasresten.

Door de vergisting vindt een reductie plaats van deze bacteriën en schimmels en van kiemkrachtige onkruidzaden. De temperatuur tijdens de vergisting en de verblijftijd in de vergister zijn hierbij van invloed (Broeze et al., 2005). Thermofiele vergisting (55°C) geeft een betere doding van dierpathogenen dan mesofiele vergisting (37°C). De meeste vergisters op veehouderijbedrijven zijn mesofiele vergisters.

Het effect van vergisting op plantpathogenen en onkruidzaden is onvoldoende onderzocht, met name het effect van thermofiele vergisting.

Om een ziektevrij digestaat te verkrijgen, moet het worden gehygiëniseerd. Het wordt dan bijvoorbeeld verwarmd tot 70°C en minstens een uur op deze temperatuur gehouden. Ook het aantal kiemkrachtige onkruidzaden neemt hierdoor fors af. Gehygiëniseerd digestaat mag naar het buitenland worden geëxporteerd. Ongehygiëniseerde mest of digestaat mag vanwege het risico van ziekteverspreiding niet worden geëxporteerd.

### 3.2 Zware metalen en overige verontreinigingen

Dierlijke mest bevat zware metalen. Co-producten kunnen ook zware metalen bevatten en micro-verontreinigingen, bijvoorbeeld gewasbeschermingsmiddelen of mycotoxinen van schimmels.

Kool & Bosker (2004) onderzochten de risico's van zware metalen (cadmium, chroom, koper, kwik, nikkel lood en zink) en micro-verontreinigingen (PCB's, PAK en dioxines) van co-producten. Ze vonden dat de plantaardige co-producten snijmaïs (vers en ingekuuld), energiemais, gras (vers en ingekuuld), suikerbieten(afval), voederbieten (vers of gereinigd en bewaard) en koolzaad (zaden of schroot) geen risico's geven van een te hoge aanvoer van zware metalen naar landbouwgrond. Ook concludeerden ze dat er waarschijnlijk geen risico is op micro-verontreinigingen in plantaardige materialen, maar ook dat er erg weinig bekend is over micro-verontreinigingen in plantaardige materialen. Volgens Brenneisen (2005) zijn alleen de zink- en kopergehalten in digestaat soms kritisch (getoetst aan de wettelijke, maximaal toegestane gehalten), vaak veroorzaakt door reeds hoge gehalten in de mest. Co-vergistingsproducten hebben lagere gehalten. Door co-vergisting kunnen producten met relatief hoge koper- en/of zinkgehalten worden gemengd met co-producten die lagere gehalten hebben. Door deze 'verdunding' zullen deze zware-metalengehalten per kg droge stof lager zijn.

Het zoutgehalte van digestaat is niet hoger dan de normale waarden voor onvergiste mest (Brenneisen, 2005).

### 3.3 Toelating co-producten en risicotoetsing

Voor wettelijke toelating als co-vergiftingsmateriaal (zie paragraaf 2.2) worden de producten onder meer getoetst op milieuhygiënische aspecten (de Hoop et al., 2010). Hierbij wordt gelet op de mate waarin de bodem door toepassing van co-vergiste mest wordt belast met contaminanten en andere verontreinigingen. Een ontoelaatbare belasting leidt (op termijn) tot een verhoogd risico voor mens, dier en gewas en verontreiniging van water en lucht. Bij deze risicobeoordeling wordt gekeken naar:

- anorganische contaminanten (zware metalen en arseen);
- organische contaminanten (PCB's, PAK, dioxinen, pesticiden, biociden enz.);
- verontreiniging met materialen die niet in de vergister afbreekbaar zijn (o.a. verpakkingsmateriaal);
- pathogenen/ziektekiemen voor mens, dier en gewas en onkruidzaden.

Deze risicotoets is een belangrijk criterium voor toelating van co-producten (opname op de lijst in onderdeel IV van bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet).

Vanwege de wettelijk toelatingseisen voor co-producten, mag worden verwacht dat de milieurisico's bij toepassing van digestaat niet groter zijn dan bij toepassing van onvergiste dierlijke mest. Dit betekent overigens niet dat het gebruik van digestaat risicovrij is. De verspreiding van onkruidzaden via digestaat zal minder zijn dan via overgiste dierlijk mest. Hoewel het aantal ziekteverwekkers door vergisting wordt gereduceerd, kan een ziektevrij digestaat pas worden gegarandeerd na hygiënisatie.



# Referenties

## Publicaties

- Boer, H.C. de & M. Timmerman (2006). Stikstofopname door gras uit vijf co-vergiste varkensdrijfmesten in een geconditioneerde potproef. Rapport 19, Animal Sciences Group, Wageningen UR, 14 p.
- Boer, H.C. de (2004). Stikstoflevering uit onvergiste en vergiste runderdrijfmest na zodebemesting van grasland op zware zeelei. Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek, Lelystad, Praktijkrapport Rundvee 51, 40 p.
- Brenneisen, L.M. (2005). Onderzoek afzet van digestaat uit co-vergistinginstallaties in de landbouw. 1366rap01, rev. A, HoSt Hengelo, 80 p. + bijlagen.
- Broeze, J., P. Hoeksma, H. Willers & W. Corré (2005). De waarde van digestaat van co-vergisting ten opzichte van dierlijke mest. Rapport nr. 411. Agrotechnologie & Food Innovations, Wageningen, 28 p.
- Burgt, G.J.H.M. van der, P.H.M. Dekker, W.C.A. van Geel, J.G. Bokhorst & W. van den Berg (2011). Duurzaamheid organische stof in mest. Analysemethoden om de stabiliteit van de organische stof van verschillende organische meststoffen inclusief digestaat te beoordelen. Eindrapportage 2010. Biokennis. PPO nr. 448. PPO-AGV, Lelystad, 72 p.
- Bussink, W. & T. van Dijk (2011). Mogelijkheden en waarde van alternatieve meststoffen in de akkerbouw. Factsheet, NMI, 10 p.
- Dekker, P.H.M., J.G.M. Paauw & W. van den Berg (2007). Biogas Flevoland. Verslag van het veldonderzoek in 2006 naar de landbouwkundige waarde van co-vergiste mest. PPO-AGV, projectnr. 3251046400, 73 p.
- Dekker, P.H.M., J.G.M. Paauw & W. van den Berg (2008). Biogas Flevoland. Verslag van het veldonderzoek in 2007 naar de landbouwkundige waarde van co-vergiste mest. PPO-AGV, projectnr. 3251046400, 97 p.
- Dijk, W. van & W. van Geel (2012). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, 102 p. + bijlagen. Alleen elektronisch beschikbaar op de web site Kennisakker ([www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl))
- Geel, W. van, J. de Haan & H. Verstegen (2010). Gebruik van varkensdrijfmestdigestaat in de akkerbouw. Verslag van een vierjarige demo, uitgevoerd binnen het project Nutriënten Waterproof op Vredepeel. Project 32 530133 10, PPO-AGV, Lelystad, 26 p.
- Hoeksma, P., F.E. de Buissonjé, P.A.I. Ehlert & J.H. Horrevorts (2011). Mineralenconcentraten uit dierlijke mest. Monitoring in het kader van de pilot mineralenconcentraten. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 481, 74 p.
- Hoeksma, P. (2012). Verwerking van digestaat uit co-vergisting. PPO-rapport 564. Accres, Wageningen UR, 26 p.
- Hoop, W. de, P. Ehlert, J. Horrevorts & N. Tomson (2010). Alternatieve vormen van regulering co-vergistingsproducten. LEI-rapport 2012-047, 53 p.
- Janssen, B.H. (1984). A simple method for calculating decomposition and accumulation of "young" soil organic matter. Plant & Soil 76, p. 297-304.

- Janssen, B.H. (1996). Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil* 181, p. 39-45.
- Kool, A., H.C. de Boer, H.J.C. van Dooren, M. Timmerman, B. van Dun & M. Tijmensen (2005). Kennisbundeling co-vergisting. CLM-rapport 621, 102 p.
- Kool, A. & T. Bosker (2004). Ongewenste stoffen met covergisting. Een verkenning naar risico's op contaminatie met zware metalen en micro-verontreinigingen, CLM, 23 p.
- Ovinge J. (2008). Biogas Flevoland 2005-2008 Eindrapport. Agro Milieu Coöperatie voor Boer & Bodem, Lelystad, 53 p.
- Schröder, J.J., D. Uenk & G.J. Hilhorst (2007). Bemestingswaarde en milieu-effecten als functie van de verhouding van minerale en organische N-verbindingen in mest. Mestkwaliteitsproef De Markt 2002-2006. Rapport 159. Plant Research International, Wageningen, 134 p.
- Timmerman, M., P. Claessen & G. Andre (2006). Praktijkproef covergisting van dierlijke mest met organische additieven op boerderijschaal. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, projectnr. 139.0820.000, 17 p.
- Timmerman, M., H.J.C. van Dooren & G. Biewenga (2005). Mestvergisting op boerderijschaal. ASG, divisie Veehouderij, Praktijkrapport Varkens 42, 34 p.
- Voort, M. van der, A. van der Klooster, J. van der Wekken, H. Kemp & P. Dekker (2006). Covergisting van gewasresten. Een verkennende studie naar praktische en economische haalbaarheid. PPO-AGV, projectnr. 530030, 31 p.
- Wijnholds, K.H., J.A.M. Groten, M.P.J. van der Voort, J.A.L.M. Kamp & R.D. Timmer (2010). Energiekompas voor de Veenkoloniën. Eindrapport onderzoek 2007-2009. PPO-AGV, projectnr. 3250081900, 51 p. (plus niet-gepubliceerde jaarverslagen)

### **Internetbronnen**

- DR-Loket (2012). Dienst Regelingen Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie