

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 427

Emissies van lachgas, methaan en ammoniak uit mest na scheiding

December 2010



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van Agentschap NL

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2010

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstrept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

It is expected that separation of animal slurry in the Netherlands in coming years will increase as a result of the manure legislation. Against this background the effect of slurry separation on the emission of greenhouse gasses and ammonia during storage and after field application was studied. It is expected that due to slurry separation in the Netherlands in 2020 the greenhouse gas emissions will be slightly lower than the current level. Slurry separation has no effect on the emission of ammonia.

Keywords

Pig, cow, manure, slurry, separation, emission, greenhouse gas, nitrousoxide, methane, ammonia

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

J. Mosquera
R. Schils
K. Groenestein
P. Hoeksma
G. Velthof
E. Hummelink

Titel

Emissies van lachgas, methaan en ammoniak uit mest na scheiding
Rapport 427

Samenvatting

Mestscheiding zal de komende jaren naar verwachting toenemen als gevolg van het aanscherpen van de mestwetgeving. Tegen deze achtergrond is een studie uitgevoerd naar het effect van mestscheiding op de emissie van methaan, lachgas en ammoniak tijdens opslag en na toediening. Verwacht wordt dat door mestscheiding in 2020 de broeikasgasemissie in Nederland een paar procent lager zal zijn dan het huidige niveau. Mestscheiding heeft weinig effect op de emissie van ammoniak.

Trefwoorden

Mest, scheiding, centrifuge, vijzelpers, emissies, broeikasgas, lachgas, methaan, ammoniak



Rapport 427

Emissies van lachgas, methaan en ammoniak uit mest na scheiding

Emissions of nitrous oxide, methane and ammonia from manure after separation

J. Mosquera
R. Schils
K. Groenestein
P. Hoeksma
G. Velthof
E. Hummelink

December 2010

Samenvatting

De komende jaren zullen door verdere aanscherping van de gebruiksnorm voor fosfaat meer veehouderijbedrijven met een mestoverschot te maken krijgen, als gevolg waarvan een toenemende tendens om mest te scheiden kan ontstaan. Het convenant Schone en Zuinige Agrosectoren tussen de Rijksoverheid en de agrarische sector schetst het streefbeeld dat in 2020 een kwart van de melkvee- en varkensdrijfmest wordt gescheiden. Deze ontwikkeling was voor Agentschap NL aanleiding om Wageningen UR Livestock Research een studie te laten uitvoeren naar het effect van mestscheiding op de emissie van de broeikasgassen methaan en lachgas en van ammoniak. De studie had tot doel de bestaande kennis te inventariseren en nieuwe kennis te ontwikkelen over de emissies van methaan, lachgas en ammoniak na scheiding van melkvee- en varkensdrijfmest tijdens opslag en na toediening bij de huidige in Nederland gebruikte scheidingstechnieken. De studie zou antwoord moeten geven op de vraag wat het verwachte effect is van mestscheiding op de emissies in Nederland in 2020, uitgaande van 25% gescheiden mest, wat dit betekent voor de klimaatbalans en op welke wijze de emissies zijn te verminderen. De studie bestond uit een literatuur- en een laboratoriumonderzoek. De studie is uitgevoerd met rundvee- en varkensdrijfmest en als scheidingstechnieken centrifuge en vijzelpers. Het laboratoriumonderzoek naar emissies na toediening op grasland is uitgevoerd met dunne fracties en ruwe mest, het onderzoek op bouwland met dikke fractie en ruwe mest.

De resultaten van de literatuurstudie laten zien dat het stikstofverlies tijdens de opslag van de dikke en de dunne fracties van varkensdrijfmest niet verschilt van die van ruwe varkensdrijfmest. De dunne fractie van rundveedrijfmest verliest evenveel stikstof als ruwe rundveedrijfmest. De dikke fractie van rundveedrijfmest heeft tijdens opslag een hoger verlies aan minerale stikstof, maar daarentegen een lager verlies aan totaal stikstof dan de dunne fractie en de ruwe mest. Op basis van de N-gehalten en drogestofgehalten in de fracties en in de ruwe mest is van dunne fracties na toediening een lagere ammoniakemissie te verwachten, en van de dikke fracties een hogere t.o.v. ruwe mest. Het effect zal naar verwachting minimaal zijn indien beide fracties emissiearm worden toegediend. Literatuurgegevens over ammoniakemissies na toediening van gescheiden mestfracties zijn echter niet eenduidig. Ook wat betreft methaan en lachgasemissies zijn de literatuurgegevens niet eenduidig. Er zijn geen literatuurgegevens beschikbaar over emissies tijdens het scheidingsproces. Hiervoor is aanvullend onderzoek nodig. De literatuur laat zien dat afdekken van mestopslagen leidt tot minder emissie van ammoniak maar afhankelijk van type afdekking mogelijk tot meer methaan en lachgas.

De resultaten van het laboratoriumonderzoek laten zien dat de emissie van lachgas na toediening van dunne fractie op grasland een factor 1,4 hoger is dan na toediening van ruwe mest op grasland. Het gemeten emissieniveau na toediening op grasland komt overeen met resultaten van eerder uitgevoerde laboratoriummetingen. Op bouwland is de emissie van lachgas na toediening van de dikke fractie is een factor 11 lager dan na toediening van de ruwe mest. Het gemeten emissieniveau na toediening op bouwland komt overeen met recent uitgevoerde veldmetingen. De gemeten verschillen in emissies tussen de beide mestfracties en de ruwe mest laten zich goed verklaren door de verschillen in samenstelling, met name wat betreft gehalten aan ammoniumstikstof en organisch materiaal. Mestscheiding heeft geen effect op de som van de emissies van ammoniak na toediening van de gescheiden fracties, zowel op bouwland als op grasland.

Het laboratoriumonderzoek toont aan dat tijdens opslag uit dunne fractie en ruwe mest vrijwel geen lachgas emitteert. Uit dikke fractie komt tijdens opslag wel lachgas vrij. De verklaring hiervoor is dat tijdens opslag van vaste dikke fractie wel zuurstof beschikbaar is en tijdens opslag van vloeibare dunne fractie en ruwe mest niet. Zonder zuurstof blijft nitrificatie achterwege en wordt er geen lachgas geproduceerd. Uit de gescheiden fracties emitteert tijdens opslag aanzienlijk minder methaan dan uit de ruwe mest. De dunne fractie bevat minder afbreekbaar organisch materiaal dan ruwe mest en tijdens opslag van dikke fractie zijn de aerobe omstandigheden minder gunstig voor methaanvorming. De ammoniakemissie tijdens opslag van dikke fractie is aanzienlijk lager dan die van ruwe mest. De ammoniakemissie tijdens opslag van de dunne fractie is iets hoger dan die van ruwe mest. De emissie van ammoniak neemt dus toe in de volgorde dikke fractie, ruwe mest, dunne fractie.

De emissiefactoren die in deze studie zijn gemeten wijken soms sterk af van de emissiefactoren die worden gehanteerd voor nationale emissieberekeningen. Voor het berekenen van het effect van mestscheiding op nationaal niveau zijn de gemeten emissiefactoren gecorrigeerd naar de standaard emissiefactoren. Hierbij wordt evenwel de vraag gesteld of de standaard emissiefactoren correct zijn. De resultaten van deze studie en die van recente veldmetingen geven aan dat de standaard emissiefactoren aanpassing behoeven.

In 2020 zal de broeikasgasemissie uit opslag, uitgedrukt in CO₂-equivalenten, met 5% toenemen ten opzichte van het huidige niveau. De broeikasgasemissie na toediening zal in 2020 met circa 10% afnemen. Per saldo is de verwachte emissie in 2020 een paar procent lager dan het huidige niveau. Deze verwachting gaat ervan uit dat in 2020 vloeibare en vaste mest in afgedekte ruimtes opgeslagen worden. Er bestaat op dit moment wel een verplichting tot het afdekken van opslagen voor vloeibare mest, niet voor vaste mest. Onzeker is of deze verplichting voor vaste mest er komt. Als die er niet komt zal het effect van mestscheiding op de emissie van broeikasgassen tijdens opslag naar verwachting groter zijn dan de resultaten van deze studie aangeven.

Inhoudsopgave

Samenvatting

1	Inleiding	1
2	Literatuurstudie.....	2
2.1	Mestscheiding	2
2.1.1	Scheidingstechnieken	2
2.1.2	Samenstelling dikke en dunne fracties na scheiding.....	2
2.2	Samenstelling ruwe mest, dikke en dunne fracties na opslag	5
2.3	Emissies uit dikke en dunne fracties	6
2.4	Kennisvragen	7
3	Laboratoriumonderzoek.....	8
3.1	Emissies na toediening	8
3.1.1	Proefopzet en werkwijze	8
3.1.2	Resultaten en discussie	12
3.2	Emissies tijdens opslag.....	21
3.2.1	Proefopzet en werkwijze	21
3.2.2	Resultaten en discussie	23
3.3	Samenvatting en conclusies	29
4	Verwachte effect van mestscheiding op emissies in 2020	31
5	Algemene discussie en conclusies.....	35
	Literatuur	37

1 Inleiding

Het Reductieplan Overige Broeikasgassen (ROB) financiert onder andere onderzoek naar ontwikkelingen die van belang zijn voor de emissie van methaan (CH₄) en lachgas (N₂O). Een ontwikkeling in de landbouw die in dit verband aandacht vraagt is de toenemende tendens tot het scheiden van dierlijke mest als gevolg van het mestbeleid. Daarnaast gaat er een stimulans uit van het convenant Schone en Zuinige Agrosectoren tussen Rijk en sector, waarin het streefbeeld wordt geschetst dat in 2020 een kwart van de melkvee- en varkensdrijfmest gescheiden wordt. Uitgaande van het mestproductieniveau in 2008 komt dit neer op ongeveer 12 Mton drijfmest die na scheiding circa 2 Mton dikke fractie en circa 10 Mton dunne fractie oplevert.

Het mestbeleid voorziet in een verdere aanscherping van de gebruiksnorm voor fosfaat in de komende jaren. Dit betekent dat op meer veehouderijbedrijven, met name melkveebedrijven, een mestoverschot zal ontstaan en dat een grotere hoeveelheid mest opgeslagen en afgevoerd moet worden. Mestscheiding resulteert in een fosfaatrijke dikke fractie, waarvoor buiten het bedrijf een bestemming gevonden kan worden (in de akkerbouw of als grondstof voor vergisting), en een fosfaatarme dunne fractie, waarvan een grotere hoeveelheid op het bedrijf kan worden benut of in de regio kan worden afgezet. Het aantal transportkilometers neemt hierdoor af en de mineralen (m.n. stikstof) in de mest worden beter benut waardoor het kunstmestgebruik vermindert. Mestscheiding is ook de eerste stap bij de productie van een mineralenconcentraat uit de dunne fractie. Het concentraat kan mogelijk als kunstmestvervanger worden aangemerkt, en kan als zodanig boven de gebruiksnorm van dierlijke mest worden toegepast. Op dit moment loopt een pilot waarin mineralenconcentraten worden gekarakteriseerd en worden beoordeeld op bemestende waarde en milieukundige effecten na toediening in het veld. De wetenschappelijke literatuur geeft aanwijzingen dat het scheiden van mest in een dikke en dunne fractie de emissies van methaan en lachgas kan beïnvloeden. Hoe en in welke mate is echter niet duidelijk.

Dit rapport is een verslag van een studie naar het effect van scheiding van varkens- en rundveedrijfmest met verschillende scheidingstechnieken op de emissie van ammoniak, lachgas en methaan, zowel tijdens opslag als bij aanwending.

Doel

Het doel van de studie was de bestaande wetenschappelijke kennis over de emissie van methaan, lachgas en ammoniak na scheiding van varkens- en rundveedrijfmest te inventariseren en het ontwikkelen van nieuwe kennis over de emissies uit gescheiden mest tijdens opslag en na aanwending bij de huidige in Nederland gebruikte scheidingstechnieken.

Onderzoeksvragen

In de studie werd antwoord gezocht op de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat is bekend in de nationale en internationale literatuur over emissies uit gescheiden varkens- en rundveedrijfmest tijdens opslag en bij aanwending en welke relevante kennisvragen voor de Nederlandse situatie zijn hieruit af te leiden?
2. Wat is het effect van mestscheiding met de huidige in Nederland gebruikte scheidingstechnieken op de emissies uit varkens- en rundveedrijfmest tijdens opslag?
3. Welke emissies treden naar verwachting op bij het aanwenden van de dikke en dunne fracties na scheiding van varkens- en rundveedrijfmest?
4. Wat betekent de verandering in emissies als gevolg van scheiding van varkens- en rundveedrijfmest voor de klimaatbalans, uitgedrukt in CO₂-equivalenten?
5. Op welke wijze zijn emissies na mestscheiding te verminderen?
6. Wat is het verwachte effect van mestscheiding op de emissies uit opslag en aanwending van varkens- en rundveedrijfmest in Nederland in 2020, uitgaande van 25% gescheiden mest?
7. Wat zijn de meest effectieve maatregelen om te komen tot een minimale emissie uit opslag en aanwending van varkens- en rundveedrijfmest in Nederland in 2020, uitgaande van 25% gescheiden mest?

Aanpak

De studie bestond uit een literatuurstudie en een laboratoriumonderzoek. De resultaten van het laboratoriumonderzoek werden gekoppeld aan die van twee aanverwante lopende onderzoeken om een schatting te kunnen maken van het effect van mestscheiding voor de emissies op praktijkniveau. Verder werd gebruik gemaakt van informatie uit enkele lopende onderzoeksprojecten betreffende scheidingstechnieken en de samenstelling van scheidingsproducten.

2 Literatuurstudie

2.1 Mestscheiding

Drijfmest, zoals dat op de meeste Nederlandse veehouderijbedrijven wordt geproduceerd, bestaat voor een groot deel (circa 90%) uit water en een klein deel uit organisch en anorganisch materiaal, waaronder opgeloste en niet opgeloste zouten. Het doel van mestscheiding is om het vaste materiaal en de vloeistof te scheiden in een dikke en een dunne fractie. De mate waarin deze scheiding wordt gerealiseerd is sterk afhankelijk van de chemische en fysische eigenschappen van de ruwe mest en de toegepaste scheidingstechniek. Zo is de combinatie van mestsoort en scheidingstechniek bepalend voor de massaverdeling en de samenstelling van de dikke en de dunne fractie.

Als gesproken wordt over het rendement van een scheidingssysteem dan dient dit betrokken te worden op een bepaalde component in de mest, omdat het scheidingsrendement per component kan verschillen afhankelijk van de oplosbaarheid en de fysische eigenschappen van de betreffende component.

2.1.1 Scheidingstechnieken

Voor het scheiden van drijfmest kunnen diverse scheidingstechnieken worden toegepast, zoals bezinken, filtreren en centrifugeren. Omdat bezinken relatief veel tijd en ruimte vergt en in vergelijking met andere scheidingsmethoden een matig scheidingsresultaat oplevert wordt in de Nederlandse veehouderij in het algemeen de voorkeur gegeven aan mechanische mestscheiders. Uit een recente inventarisatie van Timmerman (2010) komt naar voren dat de meest gebruikte scheidingstechnieken voor drijfmest in Nederland zijn: trommelfilter, vijzelpers en centrifuge.

Trommelfilter

Een trommelfilter bestaat uit een draaiende geperforeerde trommel waar de mest overheen wordt gepompt. Afhankelijk van de grootte van de perforaties van de trommel en de snelheid waarmee de mest over de trommel wordt gepompt wordt meer of minder materiaal afgescheiden. Een trommelfilter is een eenvoudige robuuste scheider voor het verwijderen van grove bestanddelen, die vooral geschikt is voor rundveedrijfmest. Het scheidingsrendement van een trommelfilter is relatief laag. De dunne fractie van een trommelfilter bevat nog veel gesuspenseerd materiaal.

Vijzelpers

Een vijzelpers (of schroefpers) bestaat uit een draaiende vijzel in een geperforeerde mantel met gaatjes van 0,5 – 1 mm. De vijzel bouwt druk op, perst de vloeistof door de perforaties en neemt de dikke fractie mee naar de afvoeropening. Het scheidingsresultaat kan worden gestuurd door de tegendruk aan de afvoeropening te variëren. De keuze van de tegendruk is afhankelijk van de mestsoort en het doel van de scheiding. Dit kan zijn een zo geconcentreerd mogelijke dikke fractie of een zo schoon mogelijke dunne fractie.

Centrifuge

Een centrifuge (of decanter) bestaat uit een snel ronddraaiende dichte trommel met daarin een schroef. Scheiding berust op het principe van middelpuntvliedende kracht die ervoor zorgt dat relatief zware bestanddelen van de mest naar de buitenkant van de trommel worden geslingerd. Dit materiaal wordt door middel van de schroef afgevoerd. Met een centrifuge wordt een relatief schone dunne fractie verkregen met een hoog gehalte aan kleinere deeltjes in vergelijking met de dunne fractie uit een trommelfilter (Møller et al, 2002). Centrifuges zijn dure apparaten die in de praktijk worden ingezet voor het verwerken van grote volumes, b.v. bij grote mestverwerkingsinstallaties. Ook worden ze toegepast als mobiele scheider.

2.1.2 Samenstelling dikke en dunne fracties na scheiding

Mestscheiding resulteert in twee eindproducten, een dunne fractie en een dikke fractie. De samenstelling van beide fracties na scheiding varieert afhankelijk van de samenstelling van de ruwe mest en de scheidingstechniek. Kenmerkend van mestscheiding is dat droge stof, organische stof en fosfaat zich ophopen in de dikke fractie (tabel 1). De dunne fractie heeft over het algemeen een

gelijk/lager gehalte aan totale stikstof (N-totaal) t.o.v. de ruwe mest, terwijl de dikke fractie juist een hoger gehalte aan N-totaal bevat. Wat minerale stikstof (N-min) betreft, zijn de gehalten in de dunne fractie na scheiding gelijk of lager t.o.v. de ruwe mest; voor de dikke fractie is het gehalte aan N-min gelijk of hoger t.o.v. de ruwe mest. Verschillen in pH tussen de ruwe mest en de dunne en dikke fractie van de mest na scheiding zijn niet consistent (soms is de pH van de eindproducten hoger t.o.v. de ruwe mest, soms juist lager).

Tabel 1 Kenmerken mestscheiding t.o.v. de oorspronkelijke mest. RDM = rundveedrijfmest, VDM = varkensdrijfmest

Eindproducten	N-totaal	N-min	Drogestof	pH	Organische stof
Dunne fractie	Gelijk/Lager	Gelijk/Lager	Lager	Hoger of Lager	Lager
Dikke fractie	Hoger	Gelijk/Hoger (VDM) Gelijk/Lager (RDM)	Hoger	Hoger of Lager	Hoger

In Tabel 2 wordt per mestsoort (rundveedrijfmest of varkensdrijfmest) en scheidingstechniek een overzicht gegeven van de relatieve gehalten aan droge stof, stikstof en ammonium in de dunne en dikke fractie na scheiding t.o.v. de oorspronkelijke drijfmest (Amon et al., 2006; Bertora et al., 2008; Buisonjé, 2002; Bouter, 2004; Derikx, 1995; Fanguero, 2008a, 2008b; Kool et al., 2006; Mattila & Joki-Tokola, 2003; Moller et al, 2002; Pain et al., 1990; Schepers, 1995; Schröder et al., 2007; Ten Have & Schellekens, 1994; Timmerman et al., 2005; Verlinden, 2005; Verloop, 2009; Versluis et al., 2005).

Tabel 2 Relatieve samenstelling van de dikke en dunne fractie na mestscheiding t.o.v. de oorspronkelijke mest. RDM = rundveedrijfmest, VDM = varkensdrijfmest, DS = droge stof, n = aantal metingen, s.e.d. = standard error of differences. Significante verschillen (P<0,05) worden aangegeven door verschillende letters.

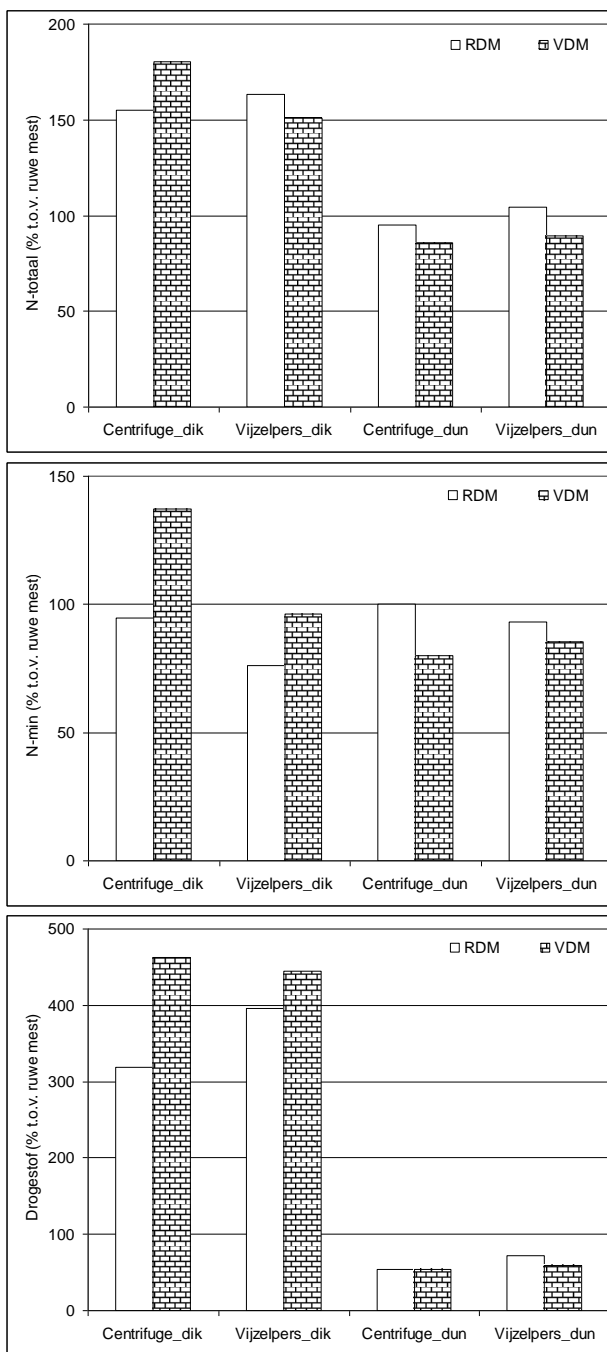
Eindproduct	Mestsoort	Techniek	% t.o.v. oorspronkelijke mest			Verschillen tussen technieken (P<0,05)		
			N-totaal	N-min	DS	N-totaal	N-min	DS
Dikke fractie	RDM	Bezinking	*	*	*	*	*	*
		Centrifuge	155	95	319	a	b	a
		Filtratie	*	*	*	*	*	*
		Trommelfilter	120	88	287	a,b	a,b	a
		Vijzelpers	163	76	396	a	a	a
		n	14	7	14	*	*	*
	s.e.d.	47	17	111	*	*	*	
	VDM	Bezinking	160	*	240	a	*	a
		Centrifuge	180	137	463	a	b	b
		Filtratie	169	131	729	a	b	c
		Trommelfilter	*	*	*	*	*	*
		Vijzelpers	151	96	445	a	a	b
n		24	16	24	*	*	*	
s.e.d.	39	30	178	*	*	*		
Dunne fractie	RDM	Bezinking	*	*	*	*	*	*
		Centrifuge	95	100	54	a	b	a
		Filtratie	*	*	*	*	*	*
		Trommelfilter	96	100	66	a	b	b
		Vijzelpers	104	93	72	a	a	b
		n	15	8	15	*	*	*
	s.e.d.	16	3	10	*	*	*	
	VDM	Bezinking	81	*	53	a	*	a
		Centrifuge	86	80	54	a,b	a	a
		Filtratie	93	99	71	a,b	b	b
		Trommelfilter	*	*	*	*	*	*
		Vijzelpers	90	86	60	a,b	a	a,b
n		24	16	24	*	*	*	
s.e.d.	15	9	14	*	*	*		

Tabel 2 laat zien dat verschillen tussen scheidingstechnieken niet significant zijn voor N-totaal, maar wel voor N-min en droge stof. De dunne fractie verschilt niet significant van ruwe mest voor N-totaal maar wel voor N-min en droge stof. De dikke fractie verschilt meestal significant van ruwe mest voor N-totaal, N-min en droge stof.

Het aantal datasets met informatie over de samenstelling van de dikke en dunne fracties van mest is beperkt. Alleen van twee scheidingstechnieken (centrifuge en vijzelpers) is voldoende informatie beschikbaar om uitspraken te kunnen doen over mogelijke verschillen tussen mestsoorten.

In figuur 1 en tabel 3 wordt weergegeven wat het effect is van mestsoort en scheidingstechniek op de samenstelling van de dunne en dikke fracties.

Figuur 1 Relatieve gehalten van N-totaal, N-min en droge stof in de dunne en dikke fracties na scheiding van rundveedrijfmest (RDM) en varkensdrijfmest (VDM) met een vijzelpers en een centrifuge



Tabel 3 Relatieve samenstelling van de eindproducten na mestscheiding met centrifuge of vijzelpers t.o.v. de oorspronkelijke mest. RDM = rundveedrijfmest, VDM = varkensdrijfmest, DS = droge stof, n = aantal metingen, s.e.d. = standard error of differences. Significante verschillen ($P < 0,05$) worden aangegeven door verschillende letters.

Techniek	Eindproduct	Mestsoort	% t.o.v. oorspronkelijke mest			Verschillen tussen technieken ($P < 0,05$)		
			N-totaal	N-min	DS	N-totaal	N-min	DS
Centrifuge	Dikke fractie	RDM	155	95	319	a	a	a
		VDM	180	137	463	b	b	b
		n	22	13	22	*	*	*
		s.e.d.	24	30	90	*	*	*
	Dunne fractie	RDM	95	100	54	a	a	a
		VDM	86	80	54	b	b	a
n		22	13	22	*	*	*	
	s.e.d.	7	7	6	*	*	*	
Vijzelpers	Dikke fractie	RDM	163	76	396	a	a	a
		VDM	151	96	445	a	b	a
		n	11	6	11	*	*	*
		s.e.d.	24	12	98	*	*	*
	Dunne fractie	RDM	104	93	72	a	a	a
		VDM	90	86	60	b	a	b
n		12	7	12	*	*	*	
	s.e.d.	14	10	11	*	*	*	

Tabel 3 laat zien dat de twee onderzochte scheidingstechnieken (centrifuge en vijzelpers) significante verschillen in samenstelling tonen voor beide fracties. Mestsoort (rundveedrijfmest of varkensdrijfmest) gaf ook significante verschillen in mestsamenstelling voor beide fracties en scheidingstechnieken.

Samenvattend

De centrifuge levert betere scheidingsresultaten voor varkensdrijfmest dan voor rundveedrijfmest. Met varkensdrijfmest wordt een geconcentreerdere dikke fractie en een 'schonere' dunne fractie verkregen dan met rundveedrijfmest. De vijzelpers is iets effectiever voor varkensdrijfmest dan voor rundveedrijfmest met name wat betreft de dunne fractie. Scheiding met een centrifuge resulteert in een schonere dunne fractie dan met een vijzelpers, wat tot uitdrukking komt in lagere gehalten aan stikstof en droge stof.

2.2 Samenstelling ruwe mest, dikke en dunne fracties na opslag

In tabel 4 wordt, op basis van de gevonden literatuurgegevens (Amon et al, 2006; Dinuccio et al, 2008; Fangueiro et al, 2008a; 2008b; Hansen et al., 2006), de verandering in samenstelling tijdens opslag van ruwe mest en van de dunne en dikke fracties na scheiding weergegeven.

Tabel 4 Mestsamenstelling van ruwe mest, dikke en dunne fracties na opslag.
RDM = rundveedrijfmest, VDM = varkensdrijfmest, DS = droge stof, n = aantal metingen, s.e.d. = standard error of differences. Significante verschillen ($P < 0,05$) worden aangegeven door verschillende letters.

Mestsoort	Product	% t.o.v. begin opslag			Verschillen tussen technieken ($P < 0,05$)		
		N-totaal	N-min	DS	N-totaal	N-min	DS
RDM	Ruwe mest	93,1	107,3	94,8	a	a	a
	Dikke fractie	147,8	10,3	98,3	b	b	a
	Dunne fractie	91,6	106,3	94,2	a	a	a
	n	12	12	12	*	*	*
	s.e.d.	23,4	8,6	15,3	*	*	*
VDM	Ruwe mest	77,0	60,3	121,7	a	a	a
	Dikke fractie	68,5	71,2	111,5	a	a	a
	Dunne fractie	80,8	59,6	118,4	a	a	a
	n	8	8	8	*	*	*
	s.e.d.	27,5	45,9	19,8	*	*	*

Product	Mestsoort	% t.o.v. begin opslag			Verschillen tussen technieken ($P < 0,05$)		
		N-totaal	N-min	DS	N-totaal	N-min	DS
Ruwe mest	RDM	93,1	107,3	94,8	a	a	a
	VDM	77,0	60,3	121,7	b	b	b
	n	6	6	6	*	*	*
	s.e.d.	11,3	16,7	21,3	*	*	*
Dikke fractie	RDM	147,8	10,3	98,3	a	a	a
	VDM	68,5	71,3	111,5	b	b	a
	n	8	8	8	*	*	*
	s.e.d.	32,8	29,2	14,7	*	*	*
Dunne fractie	RDM	91,6	106,3	94,2	a	a	a
	VDM	80,8	59,6	118,4	a	b	b
	n	6	6	6	*	*	*
	s.e.d.	12,4	20,6	17,2	*	*	*

Tabel 4 laat voor varkensdrijfmest geen significante verschillen zien in samenstelling na opslag van de dunne en dikke fracties t.o.v. ruwe mest. Voor rundveedrijfmest zijn de verschillen tussen de dunne fractie en de ruwe mest niet significant. De verschillen tussen de dikke en de dunne fractie (en de ruwe mest) zijn echter wel significant wat betreft N-totaal en N-min. Mestsoort (rundveedrijfmest of varkensdrijfmest) gaf ook significante verschillen in mestsamenstelling voor zowel ruwe mest als voor beide fracties (dikke en dunne fractie).

Samenvattend

Het stikstofverlies tijdens opslag van de dikke en de dunne fracties van varkensdrijfmest verschilt niet van die van ruwe varkensdrijfmest. Het stikstofverlies van de dunne fractie van rundveedrijfmest is even groot als van ruwe rundveedrijfmest. Wel is er verschil tussen de dikke fractie van rundveedrijfmest t.o.v. de dunne fractie en ruwe mest, waarbij de dikke fractie een hoger N-min verlies laat zien en de dunne fractie en ruwe mest een hoger N-totaal verlies. Varkensdrijfmest verliest tijdens opslag meer stikstof dan rundveedrijfmest.

2.3 Emissies uit dikke en dunne fracties

Er is veel bekend over de processen en factoren die een rol spelen bij de emissies van NH_3 , N_2O en CH_4 uit vaste mest (o.a. Hamelers et al. 2000; Veeken et al., 2002; Groenestein 2006; Ellen et al., 2007; Szanto, 2009), maar meer kennis is gewenst omtrent de hoeveelheden die emitteren. Processen en factoren die emissies bepalen uit de dunne fractie komen naar verwachting overeen met die zijn gerapporteerd voor drijfmest (o.a. Aarnink, 1997; Elzing & Monteny 1997; Monteny, 2000). Maar ook hier is meer kennis gewenst over hoeveelheden t.o.v. die van ruwe mest. Door de gelijke of lagere gehalten aan N-totaal en N-min in de dunne fractie t.o.v. ruwe mest is een gelijke of kleinere hoeveelheid N beschikbaar voor vervluchtiging tijdens opslag of na het uitrijden van mest. Het lagere drogestofgehalte kan er voor zorgen dat de dunne fractie beter in de grond kan

infiltreren na uitrijden t.o.v. ruwe mest. Deze veranderingen in samenstelling kunnen beide aanleiding zijn tot lagere NH₃ emissies tijdens opslag en na uitrijden op het land van de dunne fractie van mest t.o.v. de ruwe mest. Het aantal studies met emissiegegevens om dit te bevestigen is erg beperkt en de conclusies zijn niet altijd eenduidig. Amon et al. (2006) vonden (significant) lagere NH₃ emissies na het uitrijden van de dunne fractie van rundveemest t.o.v. onbehandelde mest. Sommer et al. (2006) rapporteerden ook significant lagere NH₃ emissies na (bovengronds) uitrijden van de dunne fractie van co-vergiste varkensmest t.o.v. onbehandelde (niet vergist, niet gescheiden). Dit werd verklaard door de hogere infiltratie (lager drogestofgehalte) van de dunne fracties. Echter, Mattila & Joki-Tokola (2003) vonden vergelijkbare NH₃ emissies na (bovengronds) uitrijden van de dunne fractie en onbehandelde rundveemest. Pain et al. (1990) vonden hogere NH₃ emissies na uitrijden op grasland van de dunne fractie van varkensmest t.o.v. onbehandelde mest, hoewel de verschillen niet significant waren. Balsari et al (2008) rapporteren zowel hogere als lagere NH₃ emissies na het uitrijden van de dunne fractie van rundveedrijfmest t.o.v. de ruwe mest. Bij het uitrijden van de vaste fractie kan bij niet onderwerken alle aanwezige N-min vervluchtigen. Balsari et al (2008) vonden significant lagere NH₃ emissies na (bovengronds) uitrijden van de dikke fractie van rundveedrijfmest t.o.v. ruwe mest. Indien de dunne en dikke fractie emissiearm worden uitgereden wordt geen effect op de optredende emissie verwacht.

Studies met gescheiden mest laten wisselende resultaten zien wat betreft emissies van CH₄ en N₂O. Amon et al. (2006) vonden hogere CH₄ en N₂O emissies na uitrijden van de dunne fractie van rundveemest t.o.v. de ruwe (onbehandelde) mest. Fangueiro et al (2008b) rapporteren ook hogere N₂O emissies na het (bovengronds) uitrijden van de dunne fractie van rundveemest t.o.v. ruwe mest. Bertora et al (2008) vonden echter lagere N₂O emissies na uitrijden van de dunne fractie van varkensmest t.o.v. ruwe mest.

Mestscheiding kan de emissies van geur na het uitrijden van mest ook beïnvloeden. In Hansen et al. (2006) werd een reductie van 50% in geurconcentratie (boven de emitterende oppervlakte) gemeten na uitrijden van de dunne fractie van vergiste t.o.v. onvergiste varkensmest. Pain et al. (1990) kwamen tot een reductie van 26% in geuremissie na uitrijden op grasland van de dunne fractie van varkensmest t.o.v. onbehandelde mest.

Samenvattend

Van dunne fracties is na toediening een lagere ammoniakemissie emissie te verwachten t.o.v. ruwe mest en van dikke fracties een hogere, op basis van de N-gehalten en drogestofgehalten in de fracties en in de ruwe mest. Het effect zal minimaal zijn indien beide fracties emissiearm worden toegediend. Literatuurgegevens over ammoniak emissies na toediening van gescheiden mestfracties zijn evenwel niet eenduidig. Ook wat betreft methaan en lachgas emissies zijn de literatuurgegevens niet eenduidig.

2.4 Kennisvragen

Op basis van de literatuurstudie zijn de volgende relevante kennisvragen voor de Nederlandse situatie geformuleerd:

1. Is er op basis van de literatuur op basis van de mestsamenstelling wat te zeggen over emissies uit opslag en bij toediening?
Antwoord: Over opslag zijn onvoldoende gegevens beschikbaar; over toediening is wel wat te zeggen maar er zijn geen eenduidige gegevens.
2. Is er op basis van de literatuur wat te zeggen over emissies tijdens het scheidingsproces?
Antwoord: Nee, er zijn geen meetgegevens over beschikbaar en kan op basis van dit onderzoek ook niet worden uitgezocht. Additioneel onderzoek zal hierover duidelijkheid moeten verschaffen.
3. Welke trends zijn er in opslagsystemen voor vaste mest en welk effect heeft dit op emissies?
Antwoord: Er lijkt vooralsnog geen verplichting te komen voor het afdekken van opslagen voor vast mest en mestfracties. De literatuur laat zien dat afdekken leidt tot minder ammoniakuitstoot maar mogelijk tot meer methaan en lachgas.
4. Is de kwaliteit van de organische stof (afbraaksnelheid en deeltjesgrootte) van de mest bepalend voor emissies tijdens bewerken, opslag en na mesttoediening?
Antwoord: Deze vraag wordt meegenomen als onderdeel van de laboratoriumstudie. De resultaten van de laboratoriumstudie worden gekoppeld aan de deeltjesgrootteverdeling van de gebruikte mest en scheidingsfracties.

3 Laboratoriumonderzoek

3.1 Emissies na toediening

3.1.1 Proefopzet en werkwijze

Grond

De proef is uitgevoerd met zandgrond uit de directe omgeving van Wageningen. Op 21 april 2010 zijn op grasland bodemkolommen, inclusief de zode, gestoken op een proefveld langs de Mansholtlaan. De kolommen, met een diameter van 10 cm en een lengte van 10 cm, zijn gestoken in het onbemeste deel van het perceel. Het gewicht van de kolom was ongeveer 900 gram. De kolommen zijn in het laboratorium in een schotel water gezet, zodat het vochtgehalte op veldcapaciteit bleef. Een dag voor de toediening van de mest is het gras geknipt op een lengte van 5 cm. Bouwlandgrond is op 1 maart 2010 verzameld op het onbemeste deel van een maïsproefveld aan de Plassteeg. Op 20 april 2010 is de grond verdeeld over glazen potten. Per pot is 750 gram luchtdroge grond en 150 milliliter water toegevoegd. De kolommen met grasland en potten met bouwland stonden gedurende het onderzoek bij een luchttemperatuur van 20 °C. Het grasland bevatte ongeveer twee keer zoveel organische stof en stikstof als bouwland (Tabel 5). Uitgaande van een koolstofgehalte van 50% in de organische stof, was de C/N-verhouding van grasland en bouwland 13. De pH van bouwland was een half punt lager dan op grasland.

Tabel 5 Bodemkenmerken van de gebruikte zandgrond

	Totaal N (g kg ⁻¹)	Organische stof (%)	pH _{KCl}
Grasland	2,37	6,35	6,28
Bouwland	1,20	3,06	5,77

Mest

De dunne mesten en scheidingsproducten zijn tussen 26 maart en 20 april 2010 verzameld op praktijkbedrijven. De vaste mest was afkomstig van de ingestrooide loopstal van proefbedrijf Aver Heino. Ruwe mest, de dunne en de dikke fractie zijn direct na de mestscheiding verzameld in zuurkoolvaten met een inhoud van 20 liter. De vaten met mest zijn tot aan het moment van toediening bewaard bij 4 °C.

De geselecteerde ruwe mesten waren meestal wat natter dan normaal, waardoor ze naar verhouding ook minder organische stof en stikstof bevatten (tabel 6). Het is opmerkelijk dat de vleesvarkensmest voor de centrifuge droger was dan normale mest, maar desondanks toch lagere stikstofgehalten had. Gemiddeld over alle mestsoorten en scheidingstechnieken, waren de gehalten aan droge stof en organische stof in de dikke fractie een factor 3 tot 4 hoger dan in de ruwe mest. In de dunne fractie waren de gehalten aan droge stof en organische stof een factor 0,3 tot 0,7 lager dan in de ruwe mest. De dikke fracties bevatten ook meer stikstof. Het gehalte aan N-totaal was een factor 1,2 tot 1,7 hoger. In de dunne fractie was het gehalte aan N-totaal een factor 0,8 tot 0,9 lager dan in de ruwe mest. De gehalten aan anorganische stikstof werden het minst beïnvloed door de mestscheiding. Gemiddeld slechts een factor 1,17 hoger in de dikke fractie en een factor 0,93 lager in de dunne fractie. De variatie was bij het gehalte aan anorganische stikstof echter hoger dan bij de andere parameters. In een geval (rundermest met vijzelpers) was na scheiding het gehalte aan anorganische stikstof hoger in de dunne fractie dan in de dikke fractie.

Het contrast tussen de dikke en dunne fractie was bij varkensmest gemiddeld wat hoger dan bij rundermest. De ruwe varkensmest had echter al een hoger drogestofgehalte dan de ruwe rundermest. Tussen vijzelpers en centrifuge bestond geen consistent verschil in het contrast tussen dikke en dunne fractie.

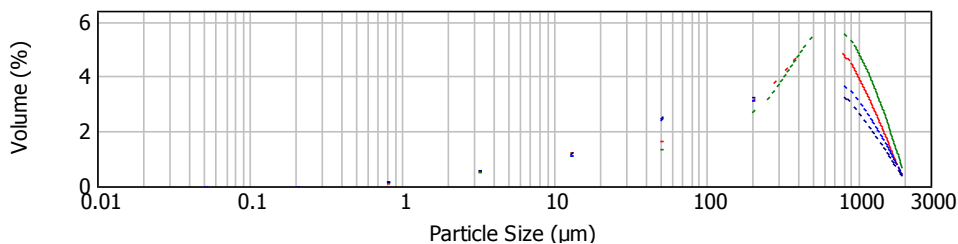
Tabel 6 Mestsamenstelling op moment van toediening

		Droge stof (g kg ⁻¹)	Organische stof (g kg ⁻¹)	Totaal N (g kg ⁻¹)	NH ₃ -N (g kg ⁻¹)	C/N
Rundermest						
<u>Vaste mest</u>		235	184	5,90	1,5	15,6
Normaal ¹		248	150	6,4	1,2	11,7
<u>Dunne mest</u>						
Normaal ¹		86	64	4,4	2,2	7,3
Vijzelpers	Ruw	57,7	43,9	3,06	1,61	7,2
	Dik	176	154	3,60	1,51	21,3
	Dun	39,7	27,5	2,97	1,64	4,6
Centrifuge	Ruw	76,2	58,7	4,28	2,51	6,8
	Dik	229	192	5,82	3,02	16,5
	Dun	43,4	29,5	3,95	2,36	3,7
Varkensmest						
Normaal ¹		90	60	7,2	4,2	4,2
Vijzelpers	Ruw	68,4	51,8	5,70	3,80	4,5
	Dik	230	200	7,93	3,98	12,6
	Dun	27,0	16,5	4,37	3,56	1,9
Centrifuge	Ruw	108	77,0	5,99	3,64	6,4
	Dik	348	251	10,41	3,93	12,0
	Dun	34,5	19,8	4,52	3,04	2,2

¹ Gemiddelde waarde van mestanalyses in de praktijk (www.bemestingsadvies.nl)

Naast de chemische analyse is van de toegediende mesten en scheidingsproducten een analyse uitgevoerd van de deeltjesgrootte. Hierbij is gebruik gemaakt van laser diffractie (Mastersizer 2000). Varkensmest bevatte naar verhouding wat grotere deeltjes dan rundermest (figuur 2). In de varkensmest namen de deeltjes van 600 µm het meeste volume in. Bij rundermest waren twee pieken in de deeltjesgrootteverdeling te zien, rond 100 en 500 µm).

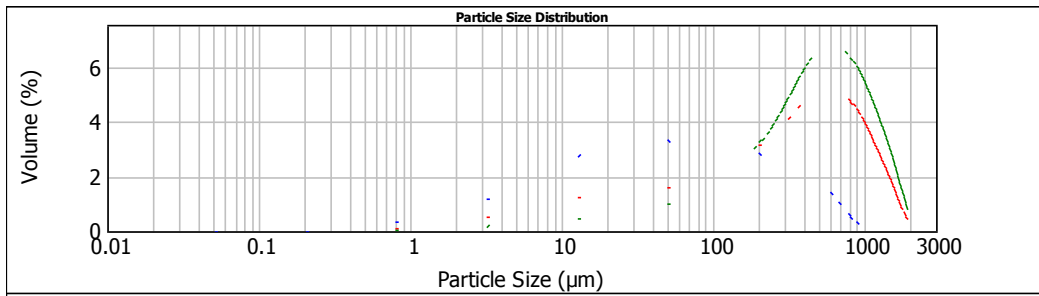
Figuur 2 Deeltjesgrootteverdeling van ruwe mesten. Varkensvijzel (rood), varkenscentrifuge (groen), rundveevijzel (blauw) en rundveecentrifuge (zwart).



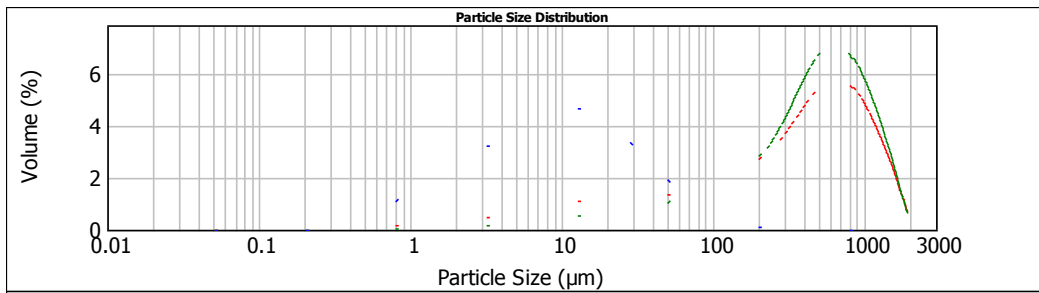
Mestscheiding resulteert in twee fracties, één met kleinere en één met grotere deeltjes (figuren 3-5). De deeltjesgrootteverdeling van de dikke fractie vertoont hetzelfde patroon als die van de ruwe mest. Maar de dikke fractie bevat relatief wel meer grote deeltjes en minder kleine deeltjes dan de ruwe mest. De deeltjesgrootteverdeling van de dunne mest is beduidend anders. De verdeling is naar links verschoven en lijkt meer op een normale verdeling dan op de scheve verdeling van de ruwe mest en dikke fractie. In de dunne fractie van varkensmest zijn de deeltjes na scheiding met de vijzelpers (figuur 3) groter dan na scheiding met de centrifuge (figuur 4). Bij rundermest is de vergelijking niet mogelijk¹, maar de scheiding met de vijzelpers (figuur 5) laat een vergelijkbaar patroon zien als bij varkensmest. Bij de centrifuge is dat waarschijnlijk ook het geval.

¹ De analyses van de gescheiden fracties van de rundveemest centrifuge zijn in het laboratorium zoek geraakt

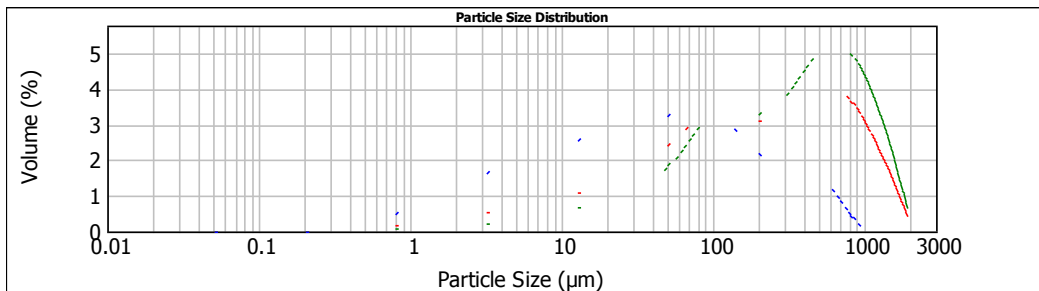
Figuur 3 Deeltjesgrootteverdeling van varkensmest, gescheiden met de vijzelpers. Ruwe mest (rood), dikke fractie (groen) en dunne fractie (blauw).



Figuur 4 Deeltjesgrootteverdeling van varkensmest, gescheiden met de centrifuge. Ruwe mest (rood), dikke fractie (groen) en dunne fractie (blauw).



Figuur 5 Deeltjesgrootteverdeling van rundermest, gescheiden met de vijzelpers. Ruwe mest (rood), dikke fractie (groen) en dunne fractie (blauw).



Behandelingen

Het onderzoek bestond uit 22 behandelingen (Tabel 7) die samen een combinatie zijn van mestsoort (KAS, dunne rundermest, dunne vleesvarkensmest en vaste mest), stikstofniveau (onbemest, bemest), toedieningsmethode (bovengronds, onderwerken en zodenbemesting), scheidingsmethode (vijzelpers en centrifuge) en productsoort (ruwe mest, dikke fractie en dunne fractie). De 22 behandelingen zijn in viervoud aangelegd. Dat betekent dat bij beide proeven totaal 88 potten met grond en mest zijn gemeten.

Iedere mestsoort was gedoseerd op 100 kg anorganische stikstof per ha. Dat komt overeen met een gift van 13 tot 55 g dierlijke mest per pot, afhankelijk van het anorganische stikstofgehalte van de mestsoort.

Op bouwland zijn alle mestsoorten ondergewerkt. Dat is gesimuleerd door van bovenaf eerst 5 cm van de grond te verwijderen, dan de mest toe te dienen, en vervolgens de verwijderde grond bovenop de mest te doen. Op grasland zijn KAS en vaste mest bovengronds toegediend. De ruwe drijfmesten en de dunne fracties zijn toegediend met zodenbemesting. Dat is gesimuleerd door met een mes een V-vormige inkeping van 5 cm diep te maken. Vervolgens is de mest in deze sleuf aangebracht.

Tabel 7 Behandelingen laboratoriumonderzoek emissies na toediening

	Teelt	Mestsoort	Toediening	Scheiding	Productsoort	
1	Bouwland	Controle				
2		Kalkammonsalpeter	Onderwerken			
3		Potstalmest	Onderwerken			
4		Vleesvarkensmest	Onderwerken	Vijzelpers	Uitgangproduct	
5					Dikke fractie	
6				Onderwerken	Centrifuge	Uitgangproduct
7						Dikke fractie
8			Rundveemest	Onderwerken	Vijzelpers	Uitgangproduct
9						Dikke fractie
10				Onderwerken	Centrifuge	Uitgangproduct
11						Dikke fractie
12	Grasland	Controle				
13		Kalkammonsalpeter	Bovengronds			
14		Potstalmest	Bovengronds			
15		Vleesvarkensmest	Zodenbemesting	Vijzelpers	Uitgangproduct	
16					Dunne fractie	
17			Zodenbemesting	Centrifuge	Uitgangproduct	
18					Dunne fractie	
19			Rundveemest	Zodenbemesting	Vijzelpers	Uitgangproduct
20					Dunne fractie	
21				Zodenbemesting	Centrifuge	Uitgangproduct
22						Dunne fractie

De mest is toegediend op 26 april 2010. Tot 7 mei is het vochtgehalte van de bodem op veldcapaciteit gehouden. Daarna is gedurende 10 dagen geen vocht meer toegediend. Op 17 mei is een regenbui gesimuleerd, waarbij bouwland 35 ml water per pot en grasland 50 ml water per pot kreeg toegediend. Vervolgens is het vochtgehalte gedurende 10 dagen weer op peil gehouden. Vanaf 27 mei is de vochttoediening gestopt.

Emissiemetingen

De emissie van lachgas en ammoniak is 13 keer gemeten gedurende een periode van 38 dagen. Na messtoediening is gedurende drie dagen dagelijks gemeten. Vervolgens is de meetfrequentie verlaagd tot twee metingen per week. Echter rondom het moment van de gesimuleerde regenbui is weer 2 dagen achter elkaar gemeten.

De emissies van lachgas en ammoniak zijn gemeten met een Innova photo-acoustic gas analyzer. De concentraties van lachgas en ammoniak zijn gemeten in de 'headspace' van geventileerde gesloten fluxkamers met een inhoud van 375 ml. De concentraties van lachgas en ammoniak zijn gemeten op het moment dat de fluxkamer op het potje werd gezet, en 30 tot 40 minuten daarna. De lachgas- en ammoniakflux is berekend uit de toename van de concentratie. De totale flux over de gehele meetperiode is berekend door lineaire interpolatie tussen de verschillende meettijdstippen. Voor lachgas is daarbij de gehele meetperiode van 38 dagen aangehouden. Voor ammoniak is de emissie berekend over de eerste 5 dagen.

De emissiefactor voor lachgas (EF-N₂O) is berekend ten opzichte van de hoeveelheid N-totaal, terwijl de emissiefactor voor ammoniak (EF-NH₃) is berekend ten opzichte van de hoeveelheid N-NH₃.

$$EF-N_2O [\%] = (N_2O \text{ bemest} - N_2O \text{ nul}) \times 100 / N\text{-totaal toegediend}$$

$$EF-NH_3 [\%] = (NH_3 \text{ bemest} - NH_3 \text{ nul}) \times 100 / N\text{-anorg. toegediend}$$

De statistische analyse is uitgevoerd met GENSTAT software.

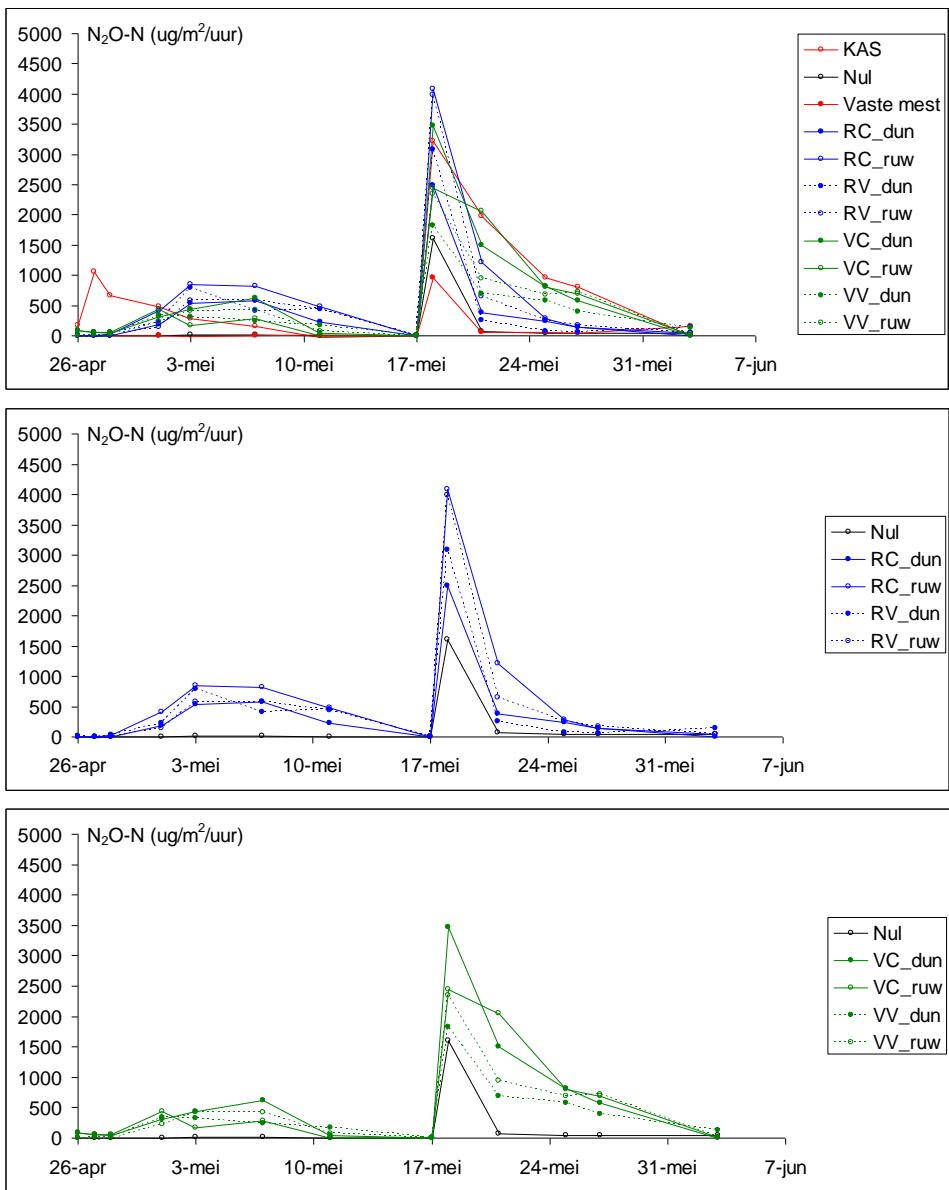
3.1.2 Resultaten en discussie

Grasland

Lachgas

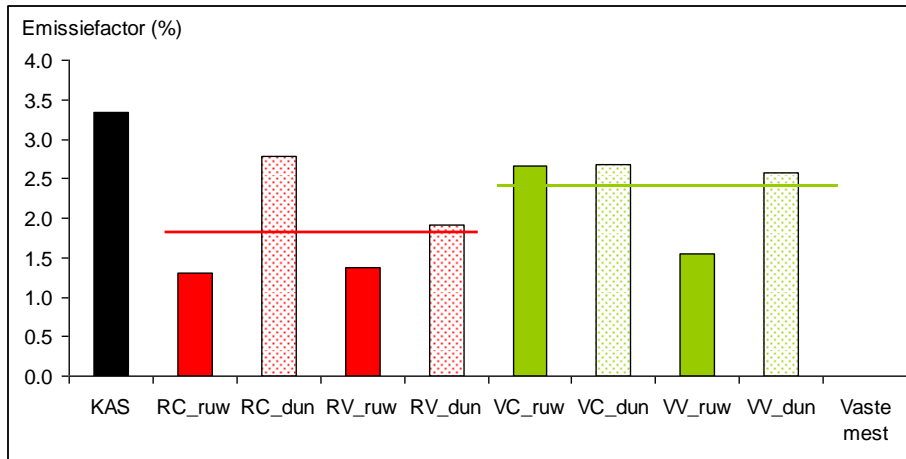
In de eerste week na mesttoediening laat de lachgasemissie op grasland een duidelijk contrast zien tussen KAS en dierlijke mest (figuur 6). Bij KAS piekt de emissie op de eerste dag na toediening, terwijl bij dierlijke mest de emissie geleidelijk toeneemt. Tussen de dierlijke mesten onderling is geen verschil waarneembaar in het emissiepatroon. Nadat de grond niet meer van vocht is voorzien, neemt de emissie fors af. Direct na beregening neemt de emissie zeer fors toe. Deze piek in de lachgas emissie na beregening is te verklaren door het optreden van denitrificatie, waarbij het in de bodem aanwezige nitraat voor een deel wordt omgezet in lachgas. Denitrificatie treedt op in een relatief anaeroob bodemmilieu dat hier is ontstaan door infiltratie van vocht in de bodem.

Figuur 6 Lachgas flux op grasland (R=Rund, V=varken, C=centrifuge, V=vijzelpers, ruw=ruwe mest, dun=dunne fractie)



De totale lachgasemissie, opgeteld over de hele meetperiode van 38 dagen, liep uiteen van 1 tot 5 kg N/ha (Tabel 8, figuur 7). De laagste emissies werden gerealiseerd op de onbemeste controle en de behandeling met vaste mest. De emissie van kunstmest was 4,3 kg N/ha, overeenkomend met een emissiefactor van 3,3%. Dit is beduidend hoger dan de standaard emissiefactor van 1%, die is gebaseerd op jaarrond veldonderzoek. De in deze studie gevonden emissiefactor komt echter goed overeen met eerdere laboratorium metingen met zandgrond (Velthof et al., 2010). Dit impliceert dat de standaard emissiefactor te hoog is.

Figuur 7 Emissiefactoren voor lachgas na toediening van onbewerkte mest en de dunne fractie van gescheiden mest aan grasland. Verschillende kleuren en patronen zijn significante verschillen ($P < 0,05$). De rode horizontale lijn geeft de gemiddelde emissiefactor van rundveemest aan en de groene horizontale lijn die van varkensmest.

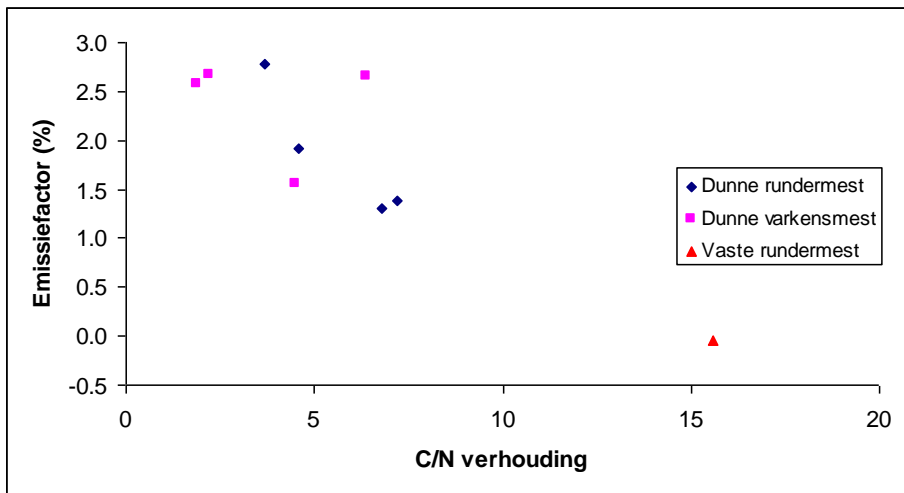


De emissiefactor voor KAS was significant ($P < 0,05$) hoger dan de gemiddelde emissie van alle soorten ruwe mest en dunne fracties bij elkaar (2,1%). De emissiefactor van de dunne fractie was significant hoger dan die van de ruwe mest. Gemiddeld nam de emissie toe met 39% t.o.v. ruwe mest. De emissiefactor van varkensmest was significant hoger dan die van rundmest (+26%). Er was geen verschil in emissies tussen de dunne fracties uit de vijzelpers of uit de centrifuge. Opmerkelijk was dat het verschil tussen ruwe mest en de dunne fractie niet tot uiting kwam bij varkensmest die met de centrifuge was gescheiden. Deze interactie was echter niet significant ($P = 0,055$).

De hoge emissiefactor van KAS ten opzichte van de ruwe mesten en de dunne fracties is te verklaren omdat KAS in tegenstelling tot de organische mesten nitraat bevat dat onder anaerobe omstandigheden via denitrificatie kan worden omgezet in lachgas. De hogere emissie van varkensmest is eerder aangetoond door Velthof et al. (2003), en hangt mogelijk samen met de hogere afbreekbaarheid van de organische stof in varkensmest. De hogere emissiefactor van de dunne fractie t.o.v. ruwe mest kan verklaard worden doordat de dunne fractie na toediening dieper in de bodem is doorgedrongen waar de omstandigheden voor de vorming van lachgas gunstiger (minder zuurstof) zijn dan in oppervlakkiger lagen van de bodem.

Over alle mestproducten heen nam de emissiefactor duidelijk af bij een toenemende C/N verhouding. Bij lage C/N verhouding is het relatieve aanbod van stikstof hoger, waardoor stikstof sneller onderhevig is aan verliezen. Alleen de ruwe varkensmest die in de centrifuge is gegaan had een hogere emissie dan op grond van de C/N verhouding verwacht mocht worden (figuur 8).

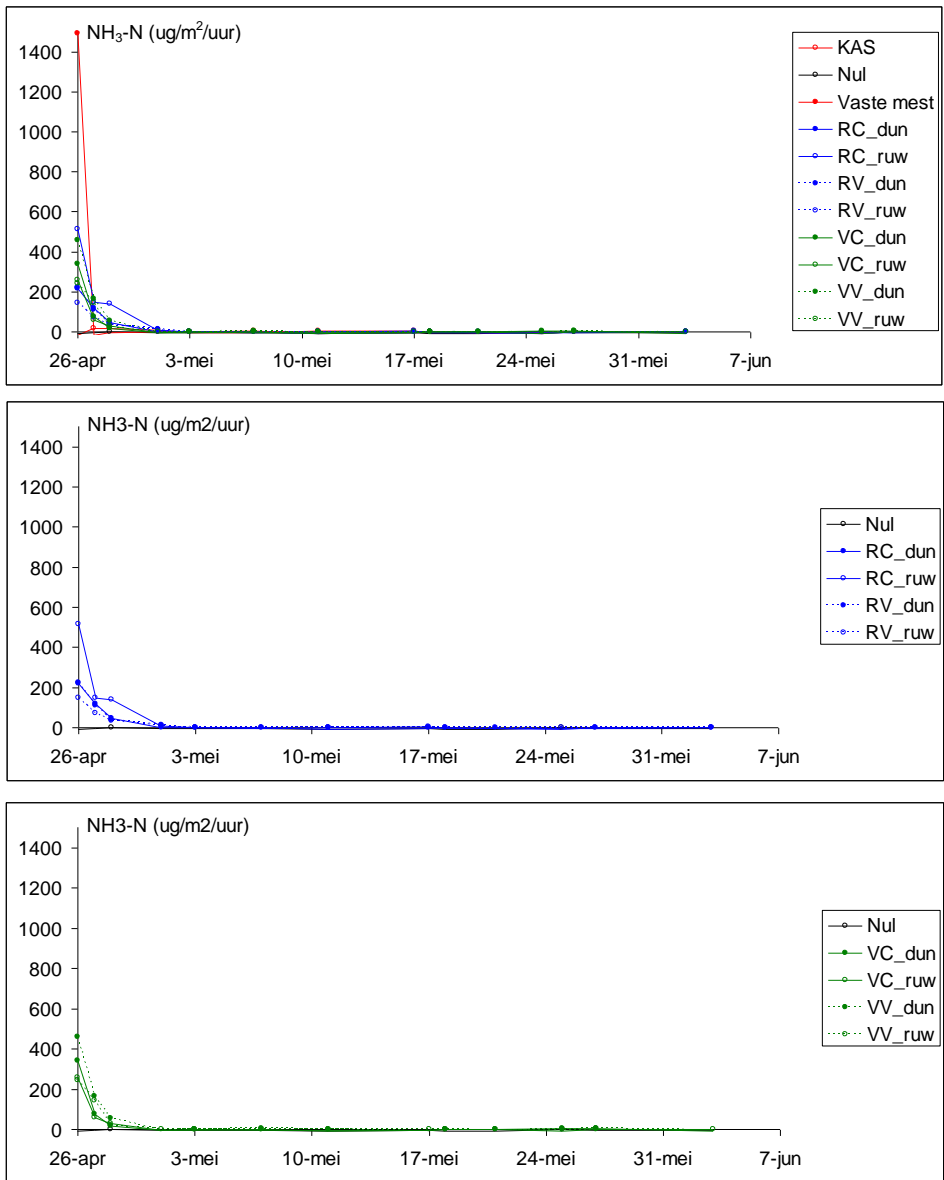
Figuur 8 Verband tussen emissiefactor voor lachgas en de C/N-verhouding van de toegediende mest



Ammoniak

Na mesttoediening op grasland piekte de ammoniakemissie meteen op de dag van toediening (figuur 9). Na 5 dagen was de emissie vrijwel verdwenen.

Figuur 9 Ammoniak flux op grasland (R=Rund, V=varken, C=centrifuge, V=vijzelpers, ruw=ruwe mest, dik=dikke fractie)



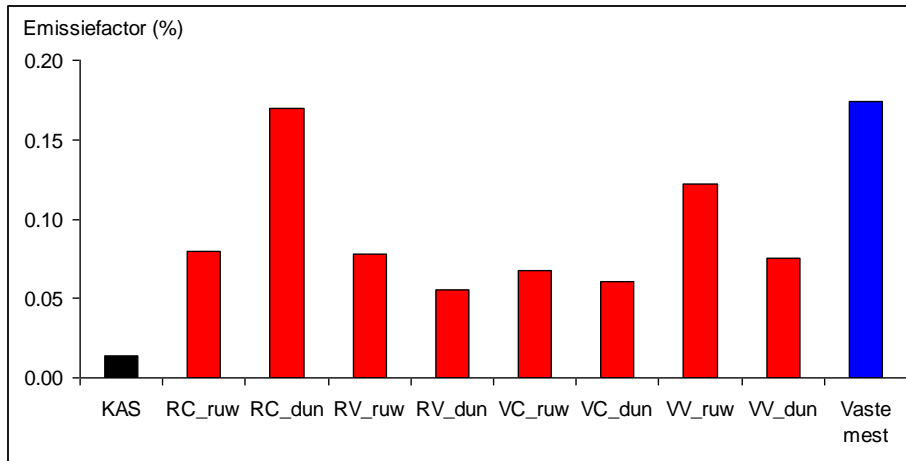
De emissie uit KAS was vrijwel nul (tabel 8, figuur 10). Vaste mest had de hoogste emissie met een emissiefactor van 0,17%. De ruwe mesten en dunne fracties hadden een gemiddelde emissiefactor van 0,09%. Er waren geen significante verschillen tussen dunne en ruwe mest, of tussen runder- en varkensmest. De emissie van de dunne fractie uit de centrifuge leek hoger te zijn dan die uit de vijzelpers, maar dat verschil was niet significant.

In vergelijking met emissiemetingen in het veld zijn de emissies in deze studie zeer laag.

Waarschijnlijk speelt het ontbreken van wind daarbij een rol. De ammoniak emissie na uitrijden wordt sterk bepaald door de weersomstandigheden waarbij wind een belangrijke factor is (Huijsmans et al., 2001).

Vergeleken met de emissie van lachgas is de emissie van ammoniak na uitrijden op grasland te verwaarlozen.

Figuur 10 Emissiefactoren voor ammoniak na toediening van onbewerkte mest en de dunne fractie van gescheiden mest aan grasland. Verschillende kleuren en patronen zijn significante verschillen ($P < 0,05$).



Tabel 8 Emissiefactoren voor lachgas en ammoniak na toediening van onbewerkte mest en de dunne fractie van gescheiden mest aan grasland, relatief t.o.v. KAS. Letters bij de waarden in het onderste deel van de tabel geven de significantie van het verschil tussen waarden aan; bij verschillende letters is het verschil significant, bij gelijke letters is niet.

	Bemesting* (kg Ntot/ha)	N ₂ O-N (kg /ha)	EF-N ₂ O (%)	NH ₃ -N (kg /ha)	EF-NH ₃ (%)	
NUL		0,94		0,00		
KAS	100	4,29	3,3	0,01	0,01	
Vaste mest	393	0,74	-0,1	0,17	0,17	
Rundvee	Centrifuge	Ruw	171	3,17	1,3	0,08
		Dun	167	5,59	2,8	0,17
	Vijzelpers	Ruw	190	3,57	1,4	0,08
		Dun	181	4,42	1,9	0,05
Varkens	Centrifuge	Ruw	165	5,32	2,7	0,07
		Dun	149	4,93	2,7	0,06
	Vijzelpers	Ruw	150	3,28	1,6	0,12
		Dun	122	4,08	2,6	0,07
KAS	100	4,29	3,3 ^c	0,01	0,01 ^a	
Vaste mest	393	0,74	-0,1 ^a	0,17	0,17 ^c	
Dunne mest**	162	4,30	2,1 ^b	0,09	0,09 ^b	
Ruw	169	3,84	1,8 ^a	0,09	0,09 ^a	
Dun	155	4,76	2,5 ^b	0,09	0,09 ^a	
Rundvee	177	4,19	1,9 ^a	0,10	0,10 ^a	
Varkens	147	4,40	2,4 ^b	0,08	0,08 ^a	
Centrifuge-dun	158	5,26	2,8 ^a	0,12	0,12 ^a	
Vijzelpers-dun	152	4,25	2,3 ^a	0,07	0,07 ^a	

* Voor iedere behandeling was de gift Nmin 100 kg/ha

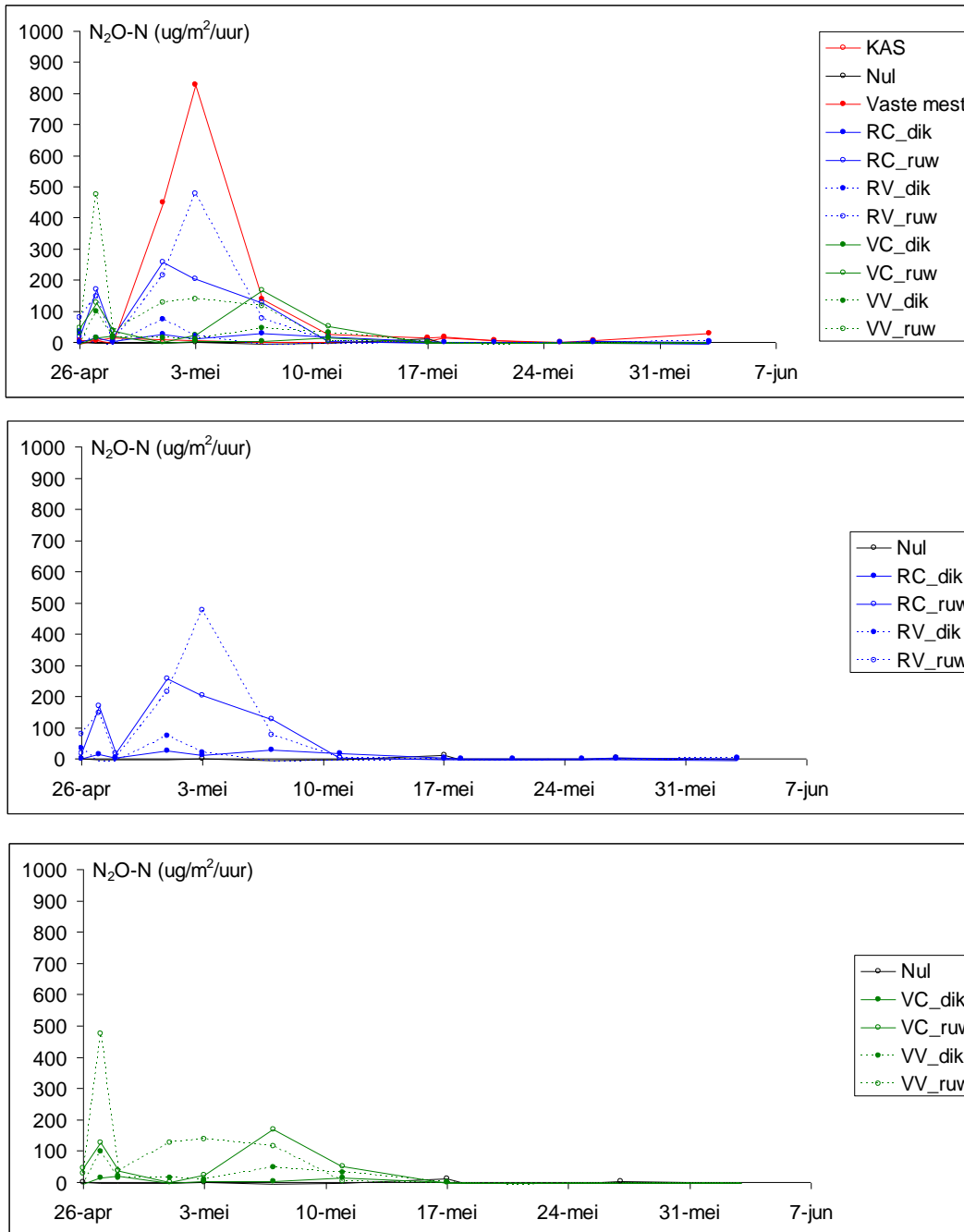
** Dunne mest is het gemiddelde van alle ruwe mesten en de dunne fracties

Bouwland

Lachgas

Het emissiepatroon van lachgas was op bouwland duidelijk anders dan op grasland (figuur 11). Er was een piek op de tweede dag na toediening, daarna meteen een scherpe afname, gevolgd door een meer uitgesmeerde emissiepiek. De gesimuleerde regenbui op 17 mei leidde niet tot een hernieuwde toename van de emissie.

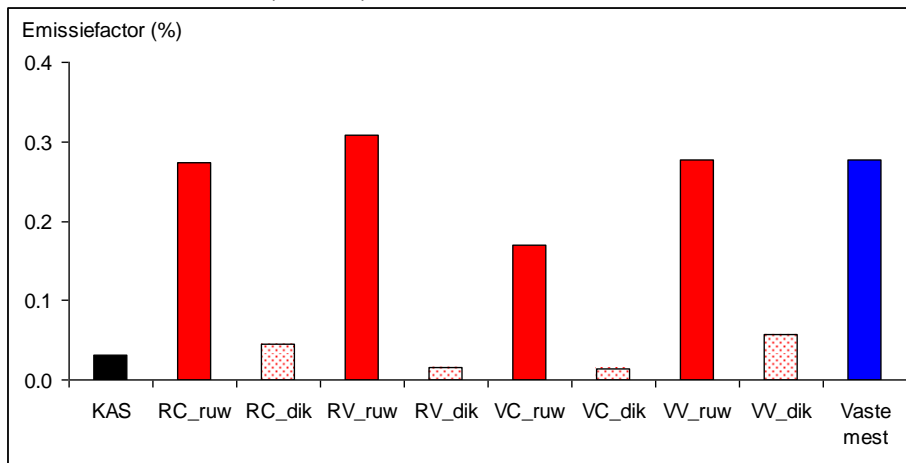
Figuur 11 Lachgas flux op bouwland (R=Rund, V=varken, C=centrifuge, V=vijzelpers, ruw=ruwe mest, dun=dunne fractie)



De cumulatieve lachgasemissie liep uiteen van 0 tot 1 kg N/ha (tabel 9, figuur 12). De emissie nam significant ($P < 0,05$) toe in de volgorde KAS < gemiddelde van alle ruwe mesten en dikke fracties < vaste mest. De lachgas emissie van de ruwe mest was significant hoger dan die van de dikke fractie. Uit de dikke fractie kwam nagenoeg geen lachgas vrij na toediening. Mogelijk speelt ook hier, net als eerder bij grasland is geconstateerd, het onderscheid in de C/N-verhouding tussen ruwe mest en dikke fractie een rol. Tussen varkens- en rundveemest was geen verschil in emissie. Gezien de overeenkomst in C/N-verhouding tussen de dikke fracties en de vaste mest, is het opmerkelijk dat de emissies onderling zo verschillend zijn.

De resultaten liggen in lijn met een recente studie van Velthof et al. (2010). Daarin is op bouwland eveneens een beduidend lagere emissie geconstateerd na toediening van KAS.

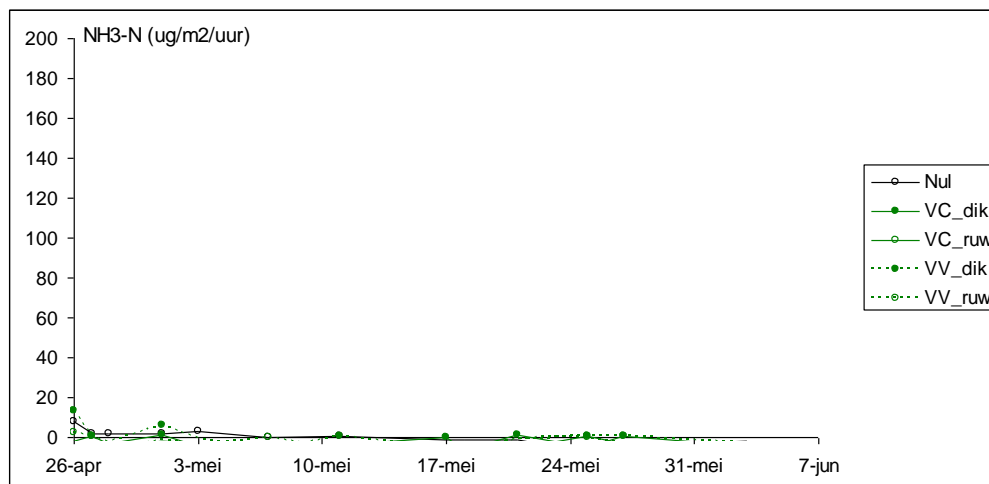
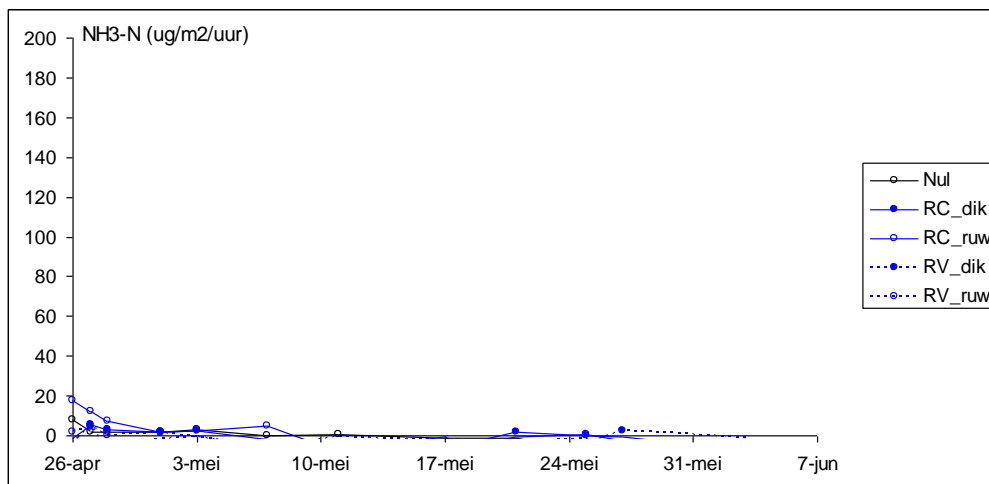
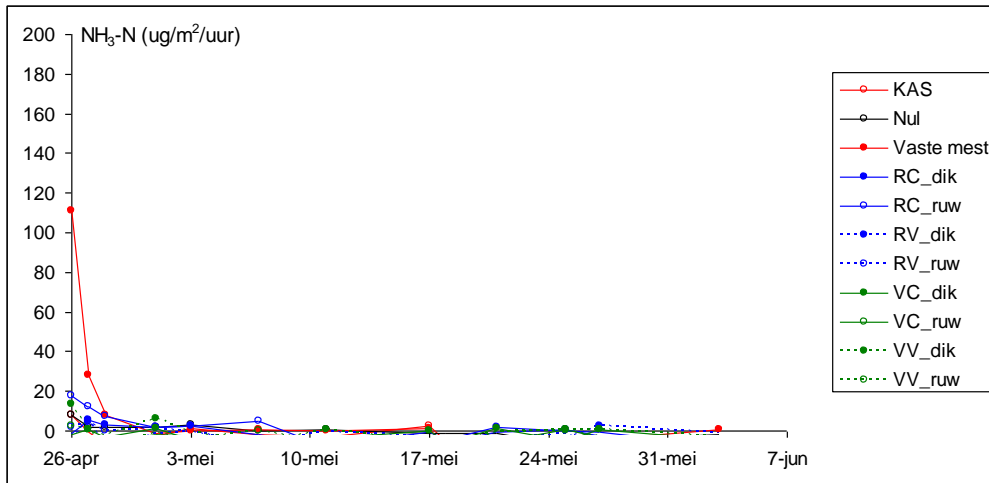
Figuur 12 Emissiefactoren voor lachgas na toediening van onbewerkte mest en de dikke fractie van gescheiden mest aan bouwland. Verschillende kleuren en patronen zijn significante verschillen ($P < 0,05$).



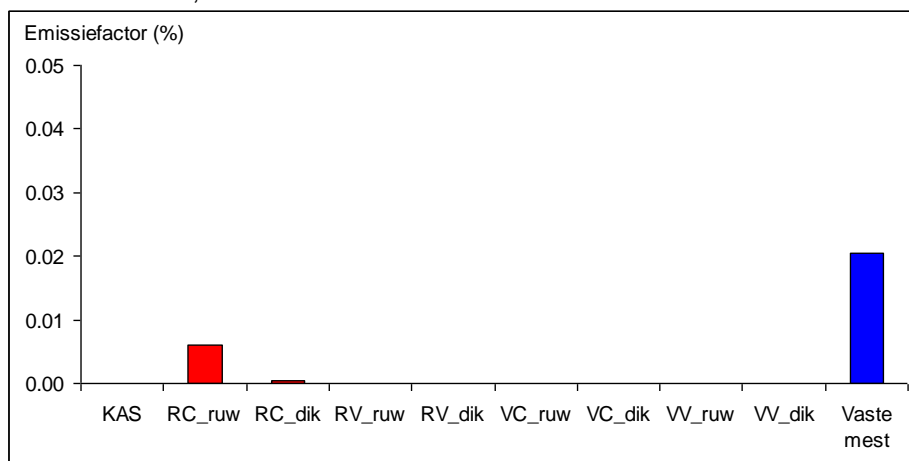
Ammoniak

Op bouwland vond nagenoeg geen ammoniakemissie plaats na toediening (Figuur 14). Alleen uit de vaste mest vond een meetbare emissie plaats van 0,02% van de toegediende anorganische stikstof (tabel 9, figuur 13).

Figuur 13 Emissiefactoren voor ammoniak na toediening van onbewerkte mest en de dikke fractie van gescheiden mest aan bouwland. Verschillende kleuren en patronen zijn significante verschillen ($P < 0,05$).



Figuur 14 Ammoniak flux op bouwland (R=Rund, V=varken, C=centrifuge, V=vijzelpers, ruw=ruwe mest, dik=dikke fractie)



Tabel 9 Emissiefactoren voor lachgas en ammoniak na toediening van onbewerkte mest en de dikke fractie van gescheiden mest aan bouwland. Letters bij de waarden in het onderste deel van de tabel geven de significantie van het verschil tussen waarden aan; bij verschillende letters is het verschil significant, bij gelijke letters is het verschil niet significant.

	Bemesting* (kg Ntot/ha)	N ₂ O-N (kg /ha)	EF-N ₂ O (%)	NH ₃ -N (kg /ha)	EF-NH ₃ (%)	
NUL	0	-0,01		0,00		
KAS	100	0,02	0,0	0,00	0,00	
Vaste mest	393	1,08	0,3	0,02	0,02	
Rundvee	Centrifuge	Ruw	171	0,46	0,3	0,01
		Dik	193	0,08	0,0	0,00
	Vijzelpers	Ruw	190	0,58	0,3	0,00
		Dik	240	0,03	0,0	0,00
Varkens	Centrifuge	Ruw	165	0,27	0,2	0,00
		Dik	189	0,02	0,0	0,00
	Vijzelpers	Ruw	150	0,41	0,3	0,00
		Dik	199	0,11	0,1	0,00
KAS	100	0,02	0,0 ^a	0,00	0,00 ^a	
Vaste mest	393	1,08	0,3 ^c	0,02	0,02 ^b	
Dunne mest**	187	0,25	0,2 ^b	0,00	0,00 ^a	
Ruw	169	0,43	0,3 ^b	0,00	0,00 ^a	
Dik	205	0,06	0,0 ^a	0,00	0,00 ^a	
Rundvee	199	0,29	0,2 ^a	0,00	0,00 ^a	
Varkens	176	0,20	0,2 ^a	0,00	0,00 ^a	
Centrifuge-dik	191	0,05	0,0 ^a	0,00	0,00 ^a	
Vijzelpers-dik	220	0,07	0,1 ^a	0,00	0,00 ^a	

* Voor iedere behandeling was de gift Nmin 100 kg/ha

** Dunne mest is het gemiddelde van alle ruwe mesten en de dikke fracties

3.2 Emissies tijdens opslag

3.2.1 Proefopzet en werkwijze

Mest

De dunne mesten en scheidingsproducten zijn tussen 26 maart en 20 april 2010 verzameld op praktijkbedrijven. De vaste mest was afkomstig van de ingestrooide loopstal van proefbedrijf Aver Heino. Ruwe mest, de dunne en de dikke fractie zijn direct na de mestscheiding verzameld in zuurkoolvaten met een inhoud van 20 liter. De vaten met mest zijn tot aan het moment van de start van de opslagproef bewaard bij 4 °C.

De analyse van de mest die voor de opslag is gebruikt (Tabel 10) vertonen geringe verschillen met de analyses bij toediening (tabel 6). Gemiddeld was bij aanvang van de opslagproef het droge-stofgehalte 3% lager, het organische stofgehalte 4% lager, het N-totaal gehalte 1% lager, en het N-anorg. gehalte 1% hoger. Dat kan erop duiden dat er, ondanks de lage temperatuur, toch enige afbraak van organische stof heeft plaatsgevonden. Echter, de spreiding rondom bovenstaande gemiddelden was groot. De grootste afwijkingen werden gevonden bij enkele ruwe mesten en dunne fracties (varkens-vijzelpers-ruw, varkens-vijzelpers-dun, varkens-centrifuge-dun, rundvee-centrifuge-ruw).

Ondanks deze verschillen was het effect van scheiding in deze partij vrijwel vergelijkbaar met die van de eerste partij:

- Gemiddeld over alle mestsoorten en scheidingstechnieken, namen de gehalten aan droge-stof en organische stof in de dikke fractie met een factor 3 toe.
- In de dunne fractie namen de gehalten aan droge stof en organische stof af met een factor 0,3 tot 0,7.
- Het gehalte aan N-totaal nam in de dikke fractie toe met een factor 1,3 tot 1,7. In de dunne fractie nam het gehalte aan N-totaal af met een factor 0,8 tot 1,0.
- De gehalten aan anorganische stikstof werden het minst beïnvloed door de mestscheiding; gemiddeld slechts een factor 1,02 hoger in de dikke fractie en een factor 0,93 lager in de dunne fractie.
- Het contrast tussen de dikke en dunne fractie was bij varkensmest gemiddeld wat hoger dan bij rundermest.
- Tussen vijzelpers en centrifuge bestond geen consistent verschil in het contrast tussen dikke en dunne fractie.

Tabel 10 Mestsamenstelling bij aanvang van de opslagperiode

		Droge stof (g kg ⁻¹)	Organische stof (g kg ⁻¹)	Totaal N (g kg ⁻¹)	NH ₃ -N (g kg ⁻¹)	C/N
<i>Rundermest</i>						
<u>Vaste mest</u>		225	184	4,64	1,53	19,8
Normaal		248	150	6,4	1,2	11,7
<u>Dunne mest</u>						
Normaal		86	64	4,4	2,2	7,3
Vijzelpers	Ruw	57,6	44,1	3,04	1,65	7,3
	Dik	173	151	3,93	1,45	19,2
	Dun	39	26,4	3,11	1,64	4,2
Centrifuge	Ruw	81,8	63,1	4,62	2,50	6,8
	Dik	226	188	6,25	3,05	15,0
	Dun	42,9	28,7	4,25	2,36	3,4
<i>Varkensmest</i>						
Normaal		90	60	7,2	4,2	4,2
Vijzelpers	Ruw	78	59,2	5,79	3,87	5,1
	Dik	220	191	7,30	3,74	13,1
	Dun	35,1	22,7	4,76	3,58	2,4
Centrifuge	Ruw	107	76	5,99	3,53	6,3
	Dik	341	246	10,00	3,61	12,3
	Dun	37	21,8	4,74	3,00	2,3

* Gemiddelde waarde van mestanalyses in de praktijk (www.bemestingsadvies.nl)

Behandelingen

Het onderzoek bestond uit 13 behandelingen (tabel 11) die samen een combinatie zijn van mestsoort (dunne rundermest, dunne vleesvarkensmest en vaste mest), en scheidingsmethode (vijzelpers en centrifuge) en productsoort (ruwe mest, dikke fractie en dunne fractie). De 13 behandelingen zijn in drievoud aangelegd. Dat betekent dat 39 emmers mest zijn doorgemeten. De emmers, met een hoogte van 19 cm en een diameter van 19 cm, zijn op 10 augustus 2010 gevuld met 3 liter mest. De vaste mest en de dikke fracties zijn kortstondig met een tweede emmer aangeduwd tot een gewicht van 30 kilogram. De soortelijk gewichten van de ruwe mest en dunne fracties lagen rond de 1,1 kg/l. De vaste mest en dikke fracties hadden meestal een soortelijk gewicht van 0,6 tot 0,8 kg/l. Opmerkelijk was dat de dikke fractie van de varkensmest uit de vijzelpers een soortelijk gewicht had van 1,0 kg/l.

De emmers met mest verbleven gedurende de meetperiode in een ruimte met een temperatuur van 14 °C. Iedere emmer werd afgesloten met een deksel, waarin twee ventilatiegaten met een doorsnede van 1,1 cm waren aangebracht.

Tabel 11 Behandelingen laboratoriumonderzoek emissies tijdens opslag

	Mestsoort	Scheiding	Productsoort	Dichtheid (kg/l)
1	Vaste mest			0,7
2	Vleesvarkensmest	Vijzelpers	Uitgangproduct	1,1
3			Dikke fractie	1,0
4			Dunne fractie	1,1
5		Centrifuge	Uitgangproduct	1,1
6			Dikke fractie	0,6
7			Dunne fractie	1,1
8	Rundveemest	Vijzelpers	Uitgangproduct	1,1
9			Dikke fractie	0,8
10			Dunne fractie	1,0
11		Centrifuge	Uitgangproduct	1,1
12			Dikke fractie	0,7
13			Dunne fractie	1,1

Emissiemetingen

De emissie van lachgas, methaan en ammoniak is 20 keer gemeten gedurende een periode van 2 maanden. In de eerste en tweede week is drie dagen per week gemeten. Vervolgens is gedurende 6 weken tweemaal per week gemeten. In de laatste 2 weken is eenmaal per week gemeten.

De emissies van lachgas, methaan en ammoniak zijn gemeten met een Innova photo-acoustic gas analyzer. De concentraties zijn gemeten in de 'headspace' van geventileerde gesloten fluxkamers met een inhoud van 13,8 liter. Een uur voor de meting werd de deksel van de emmers verwijderd om de eventuele opgehoopte gassen weg te laten. De concentraties werden gemeten op het moment dat de fluxkamer op de emmer werd gezet, en vervolgens drie keer daarna met een interval van 2 minuten. De flux is berekend uit de toename van de concentratie. De totale flux over de gehele meetperiode is berekend door lineaire interpolatie tussen de verschillende meettijdstippen.

De emissiefactor voor lachgas (EF-N₂O) is berekend ten opzichte van de hoeveelheid N_{totaal}, terwijl de emissiefactor voor ammoniak (EF-NH₃) zowel is berekend ten opzichte van de hoeveelheid N_{totaal} als de hoeveelheid N-NH₃. De emissiefactor voor methaan (EF-CH₄) is berekend ten opzichte van de hoeveelheid mest en de hoeveelheid organische stof.

$$\text{EF- N}_2\text{O} [\%] = \text{N}_2\text{O verlies} * 100 / \text{N-totaal in mest}$$

$$\text{EF- NH}_3 [\%] = \text{NH}_3 \text{ verlies} * 100 / \text{N-totaal in mest}$$

$$\text{EF- CH}_4\text{g} [\text{g/kg}] = \text{CH}_4 \text{ verlies} / \text{gewicht mest}$$

$$\text{EF- CH}_4\text{os} [\text{g/kg}] = \text{CH}_4 \text{ verlies} / \text{organische stof in mest}$$

De statistische analyse is uitgevoerd met GENSTAT software.

3.2.2 Resultaten en discussie

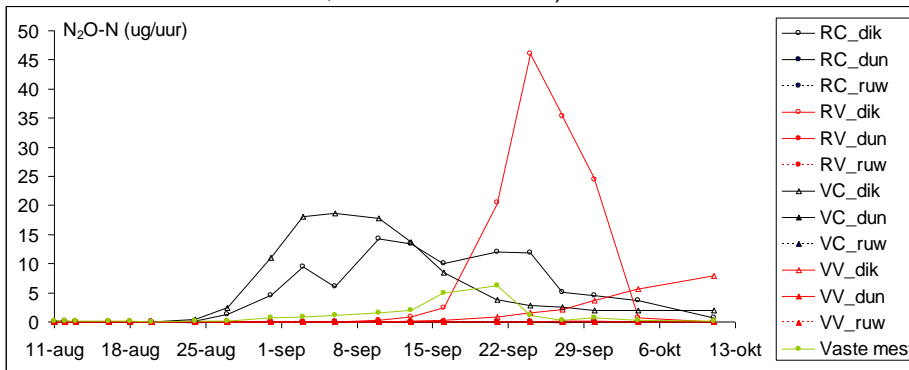
Lachgas

Lachgas kwam uitsluitend vrij uit de dikke fracties van gescheiden mest, en uit de vaste mest (Figuur 15). Na twee weken kwam de emissie op gang van de dikke fracties uit de centrifuge. De emissies stegen tot een maximale waarde van 20 ug/uur, en namen daarna geleidelijk weer af. De emissies van de dikke fracties uit de vijzelpers kwamen pas later op gang. De emissie van de dikke fractie van rundmest uit de vijzelpers steeg vrij snel tot bijna 50 ug/uur, en nam daarna weer snel af. Daarentegen nam de emissie van de dikke fractie van varkensmest uit de vijzelpers slechts langzaam toe. Aan het eind van het experiment was de emissie nog niet gedaald. Daardoor is de cumulatieve lachgasemissie van deze behandeling in werkelijkheid waarschijnlijk hoger dan hier gemeten. Het is niet duidelijk waarom de emissie van de centrifugemesten sneller op gang kwam dan de emissie van de vijzelpersmesten. Voor beide geldt dat er in eerste instantie nitrificatie plaatsvindt, waarbij lachgas vrijkomt. De gevormde nitraat wordt vervolgens mogelijk gedenitrificeerd, waarbij ook lachgas vrij kan komen.

De dikke fractie van varkensmest uit de vijzelpers had een afwijkend hoog soortelijk gewicht, in vergelijking met de andere dikke fracties. Mogelijk was deze mest door een hoger vochtgehalte anaerober dan de andere dikke fracties. Dat zou een verklaring kunnen zijn voor de lage lachgasemissie van deze dikke fractie.

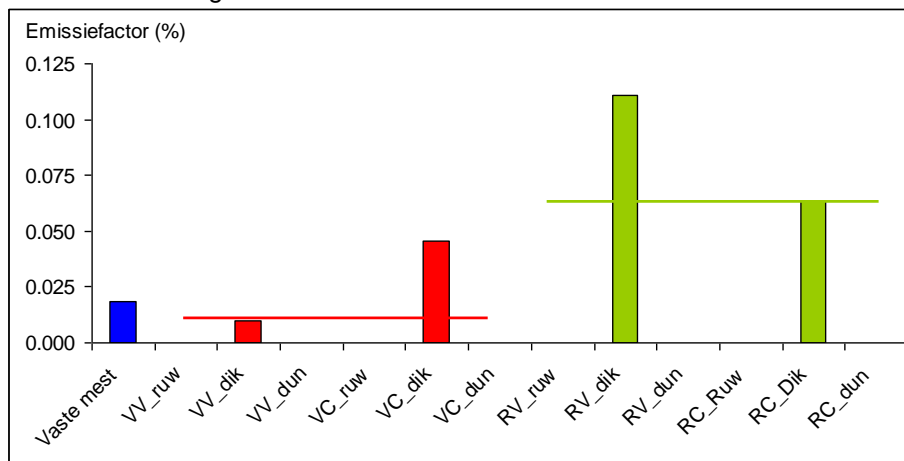
De geringe, niet meetbare, lachgas emissie van de dunne fracties en ruwe mesten is een gevolg van de volkomen anaerobe omstandigheden tijdens de opslag. Zonder zuurstof blijft nitrificatie achterwege en wordt er geen lachgas geproduceerd.

Figuur 15 Lachgas flux uit opslag (R=Rund, V=varken, C=centrifuge, V=vijzelpers, ruw=ruwe mest, dik=dikke fractie, dun=dunne fractie)



Over de hele periode van twee maanden, was de cumulatieve lachgasemissie van de dikke fracties significant ($P < 0,05$) hoger dan die van de ruwe mest en dunne fracties (tabel 12, figuur 16). De gemiddelde emissiefactor van de dikke fracties was 0,06%. Voor de vaste mest was de emissiefactor 0,02%. De totale emissie uit rundveemest was hoger dan die uit varkensmest, maar dit is vertekend omdat de emissie uit dikke fractie van varkensmest uit de vijzelpers is onderschat.

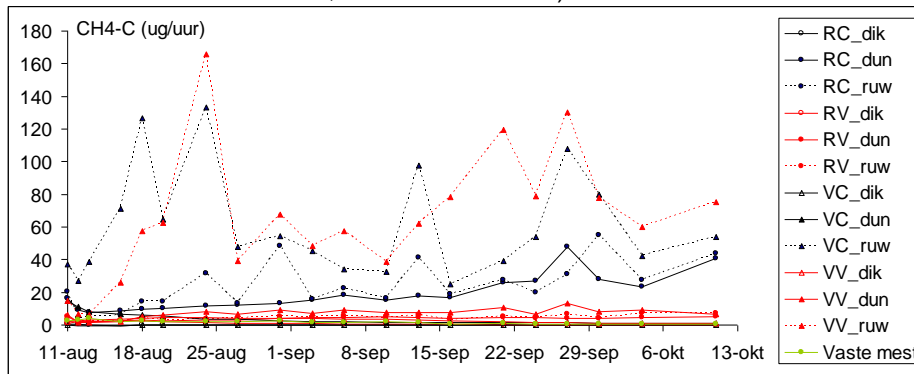
Figuur 16 Emissiefactoren voor lachgas bij opslag van onbewerkte mest en de dikke en dunne fractie van gescheiden mest. Verschillende kleuren en patronen zijn significante verschillen ($P < 0,05$). De rode horizontale lijn geeft de gemiddelde emissiefactor aan van varkensmest en de groene die van rundveemest.



Methaan

De emissie van methaan vindt vooral plaats uit ruwe mesten, en uit de dunne fractie van rundermest uit de centrifuge (figuur 17). Vrij snel na de start van het experiment komt de emissie uit de ruwe varkensmesten op gang. Ruim een week later komt de emissie op gang vanuit zowel de dunne fractie als de ruwe rundermest voor de centrifuge. De emissies van de overige mesten blijven gedurende de gehele periode op een relatief laag niveau.

Figuur 17 Methaan flux uit opslag (R=Rund, V=varken, C=centrifuge, V=vijzelpers, ruw=ruwe mest, dik=dikke fractie, dun=dunne fractie)

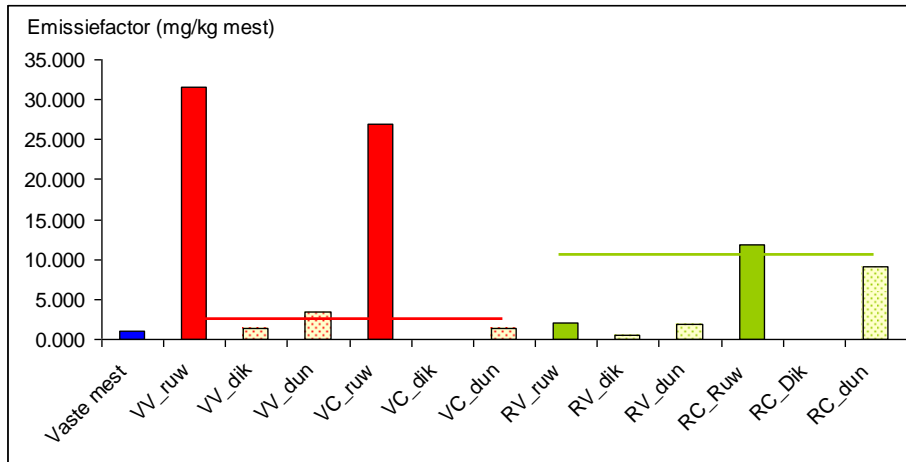


De totale emissie van de ruwe mesten was gemiddeld significant hoger dan die van de gescheiden fracties (tabel 12, figuur 18). Opvallend was dat binnen de groep ruwe mest, de emissie van de rundveemest voor de vijzelpers lager was dan die van de overige drie ruwe mesten. De emissie van de dunne fracties was gemiddeld weliswaar hoger dan die van de dikke fracties, maar dat was net niet significant. Vooral de emissie van de dunne fractie van rundmest uit de centrifuge was hoog.

Het absolute niveau van de methaanemissiefactoren is laag in vergelijking met de standaardwaarden. Zelfs na correctie van de opslagduur van 2 naar 6 maanden is de emissie ten opzichte van de IPCC-waarde voor Nederland bij rundveemest een factor 100 lager, en bij varkensmest een factor 10 lager. In de meetopstelling is met een volkomen schone opslag begonnen, en is geen verse mest toegevoegd tijdens de meetperiode. Voor de methaan emissie speelt dit zeker een rol omdat de populatie methaanproducerende bacteriën zich nog moet ontwikkelen en deze micro-organismen onder de proefomstandigheden (lage temperatuur) slechts langzaam groeien. In de praktijk, bij gebruik van opslagen met variërende inhoud en verblijfsduur van de mest, zijn de omstandigheden voor micro-organismen om tot ontwikkeling te komen gunstiger dan in de meetopstelling. Daarom zijn onder praktijkomstandigheden hogere methaan emissies te verwachten dan in deze studie zijn gemeten.

Een mogelijke verklaring voor de waarneming dat de methaan emissie uit varkensmest hoger is dan die uit rundveemest is dat varkensmest relatief meer gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal bevat dan rundveemest, die al een fermentatieproces heeft ondergaan in de koeienpens. Na pensfermentatie wordt het moeilijker afbreekbare deel van de opgenomen organische stof door de koe uitgescheiden.

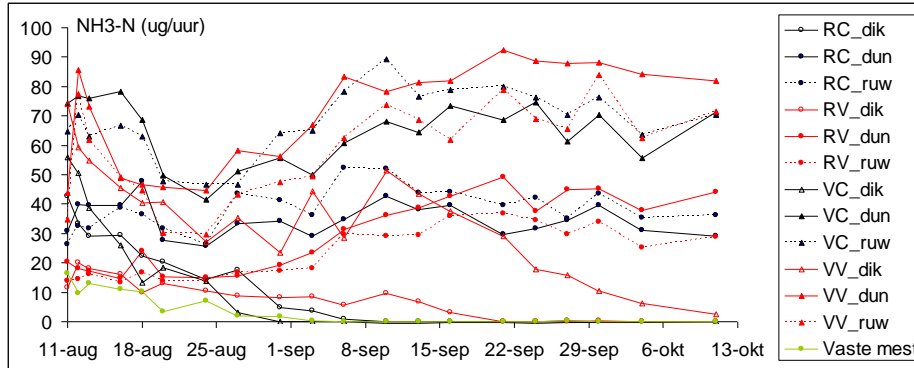
Figuur 18 Emissiefactoren voor methaan bij opslag van onbewerkte mest en de dikke en dunne fractie van gescheiden mest. Verschillende kleuren en patronen zijn significante verschillen ($P < 0.05$). De rode horizontale lijn geeft de gemiddelde emissiefactor aan van varkensmest en de groene horizontale lijn die van rundveemest.



Ammoniak

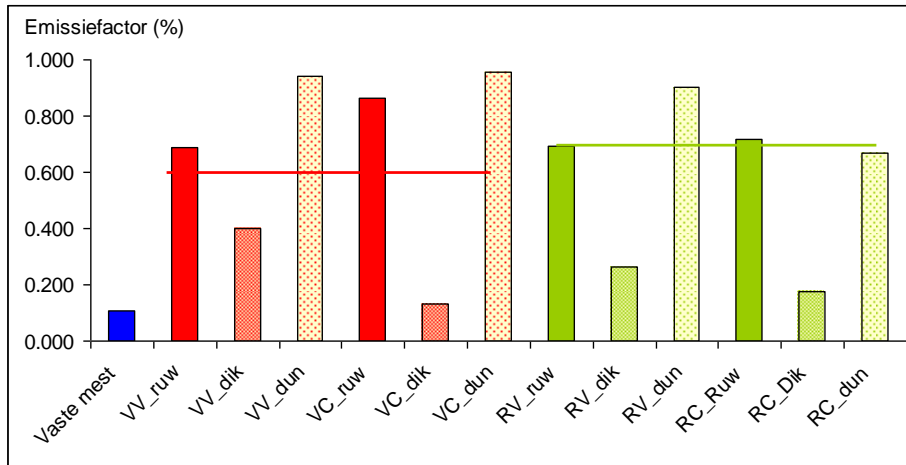
De emissie van ammoniak komt vanaf de start direct op gang (figuur 19). In de loop van de tijd onderscheiden zich drie groepen. De hoogste emissies vinden plaats uit de dunne fracties en de ruwe varkensmest. Daaronder is een groep met de dunne fracties en de ruwe rundmest. De laagste emissies vinden plaats uit de dikke fracties en de vaste mest. De emissies van deze mesten dalen in de loop van de tijd tot nul.

Figuur 19 Ammoniak flux uit opslag (R=Rund, V=varken, C=centrifuge, V=vijzelpers, ruw=ruwe mest, dik=dikke fractie, dun=dunne fractie)



De totale emissie (tabel 12, figuur 20) was het laagst uit de vaste mest. Gemiddeld over de diersoorten en scheidingstechnieken, nam de emissiefactor toe in de volgorde Dik < Ruw < Dun. De emissiefactor voor varkensmest was 0,1% hoger dan die voor rundmest, maar het kleine verschil was wel significant ($P < 0,05$). De gescheiden fracties die uit de vijzelpers kwamen, hadden eveneens een licht hogere emissiefactor dan de gescheiden fracties uit de centrifuge. Ammoniak emissie tijdens opslag vindt vooral plaats uit vloeibare mest, dus dunne fracties en ruwe drijfmest en veel minder uit stapelbare dikke fracties. Naast de fysieke verschillen, speelt ook de C/N-verhouding hier mogelijk een rol. Naarmate de C/N-verhouding toeneemt, zijn de ammoniakverliezen lager.

Figuur 20 Emissiefactoren voor ammoniak bij opslag van onbewerkte mest en de dikke en dunne fractie van gescheiden mest. Verschillende kleuren en patronen zijn significante verschillen (P<0,05). De groene horizontale lijn geeft de gemiddelde emissiefactor aan van rundveemest en de rode horizontale lijn die van varkensmest.



Tabel 12 Emissiefactoren, berekend over de hele meetperiode van 2 maanden. EF = emissiefactor. Letters bij de waarden in het onderste deel van de tabel geven de significantie van het verschil tussen waarden aan; bij verschillende letters is het verschil significant, bij gelijke letters is het verschil niet significant.

Mestsoort	Scheiding	Product	N2O (mg)	CH4 (mg)	NH3 (mg)	Mest (kg vers)	Mest (g N)	Mest (g NH3-N)	Mest (g OS)	EF_N2O (%)	EF_CH4 (mg/kg mest)	EF_CH4 (mg/kg OS)	EF_NH3 (% Nt)	EF_NH3 (% TAN)
Vaste mest			1,8	2,1	3,6	2,2	10,1	3,3	401	0,02	1,0	5	0,0	0,1
Vleesvarkens	Vijzelpers	Ruw	0,0	103,3	87,4	3,3	19,0	12,7	194	0,00	31,5	533	0,5	0,7
		Dik	2,1	4,1	44,4	3,0	21,5	11,0	563	0,01	1,4	7	0,2	0,4
		Dun	0,0	11,1	107,5	3,2	15,2	11,4	72	0,00	3,5	154	0,7	0,9
	Centrifuge	Ruw	0,0	88,6	100,7	3,3	19,8	11,6	251	0,00	26,9	353	0,5	0,9
		Dik	8,7	-0,1	9,1	1,9	19,0	6,9	467	0,05	0,0	0	0,0	0,1
		Dun	0,0	4,3	93,0	3,2	15,4	9,7	71	0,00	1,3	61	0,6	1,0
Rundvee	Vijzelpers	Ruw	0,0	6,8	36,6	3,2	9,7	5,3	141	0,00	2,1	48	0,4	0,7
		Dik	10,3	1,1	9,0	2,4	9,3	3,4	357	0,11	0,4	3	0,1	0,3
		Dun	0,0	5,8	46,4	3,1	9,8	5,1	5	0,00	1,9	1135	0,5	0,9
	Centrifuge	Ruw	0,0	38,1	58,1	3,2	15,0	8,1	8	0,00	11,8	4704	0,4	0,7
		Dik	8,1	0,0	10,9	2,1	12,8	6,3	386	0,06	0,0	0	0,1	0,2
		Dun	0,0	29,4	50,7	3,2	13,7	7,6	93	0,00	9,1	317	0,4	0,7
Vaste mest			1,8	2,1	3,6	2,2	10,1	3,3	401	0,02 ^a	1,0 ^a	5 ^a	0,0 ^a	0,1 ^a
Drijfmest**			2,4	24,4	54,5	2,9	15,0	8,3	217	0,02 ^a	7,5 ^b	610 ^a	0,4 ^b	0,6 ^b
Ruw			0,0	59,2	70,7	3,3	15,9	9,4	149	0,00 ^a	18,1 ^b	1410 ^b	0,4 ^b	0,7 ^b
Dik			7,3	1,3	18,4	2,3	15,7	6,9	444	0,06 ^b	0,4 ^a	2,5 ^a	0,1 ^a	0,2 ^a
Dun			0,0	12,7	74,4	3,2	13,5	8,5	60	0,00 ^a	3,9 ^a	417 ^a	0,5 ^c	0,9 ^c
Rundvee			3,1	13,5	35,3	2,9	11,7	6,0	165	0,03 ^b	4,2 ^a	1035 ^a	0,3 ^a	0,6 ^a
Varkens			1,8	35,2	73,7	3,0	18,3	10,6	270	0,01 ^a	10,8 ^b	185 ^b	0,4 ^b	0,7 ^b
Centrifuge-dik			8,4	0,0	10,0	2,0	15,9	6,6	427	0,05 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,1 ^a	0,2 ^a
Vijzelpers-dik			6,2	2,6	26,7	2,7	15,4	7,2	460	0,06 ^a	0,9 ^a	5,1 ^a	0,2 ^b	0,3 ^b
Centrifuge-dun			0,0	16,8	71,9	3,2	14,5	8,7	82	0,00 ^a	5,2 ^a	189 ^a	0,5 ^a	0,8 ^a
Vijzelpers-dun			0,0	8,5	77,0	3,2	12,5	8,3	39	0,00 ^a	2,7 ^a	644 ^a	0,6 ^b	0,9 ^b

Balans

Gedurende de twee maanden in opslag is het gewicht van de mest gemiddeld met 3% afgenomen (tabel 13). Bij de dunne fractie was de gewichtsafname het kleinst. Bij de dikke fracties en de vaste mest was de gewichtsafname het grootst.

Met behulp van de mestanalyses na afloop van het opslagexperiment kon eveneens het verlies aan inhoudsstoffen worden bepaald. Gemiddeld over alle behandelingen was het verlies aan droge stof 16%, organische stof 20% en stikstof 19%. De gevonden verandering bij de dunne fractie van varkensmest uit de vijzelpers is twijfelachtig. Eerder was bij deze mest het verschil in analyse voor de toediening en de opslag ook uitzonderlijk hoog. Uit de waarnemingen bij de bemonstering bleek dat deze mest na menging zeer snel bezinkt. Mogelijk heeft dat de monsternamen beïnvloed.

Het verlies aan droge stof en organische stof was het laagst bij de dikke fractie (~10%) en het hoogst bij de ruwe mest en dunne fractie (~23%). Er was geen verschil tussen rundveemest en varkensmest. De stikstofverliezen waren bij de ruwe mest (~17%) iets lager dan bij de dunne en dikke fracties (~20%). Bij rundveemest (~22%) was het gemiddelde verlies wat hoger dan bij varkensmest (~16%). Het gemiddelde verlies aan lachgas was 0,02% en aan ammoniak 0,34%. Dat betekent dat ruim 18% van de stikstof in een andere vorm verloren is gegaan. De hoofdmoot bestaat waarschijnlijk uit N₂, met daarnaast mogelijk nog andere stikstofoxiden.

Tabel 13 Verlies aan product, droge stof, organische stof en stikstof gedurende twee maanden opslag

		Mest (%)	Droge stof (%)	Organische stof (%)	Totaal N (%)
Rundermest					
Vaste mest		6	20	26	23
Vijzelpers	Ruw	3	14	17	11
	Dik	5	18	21	30
	Dun	2	14	18	17
Centrifuge	Ruw	3	28	33	23
	Dik	5	9	11	37
	Dun	2	13	19	18
Varkensmest					
Vijzelpers	Ruw	3	11	12	12
	Dik	3	4	6	13
	Dun	2	58	70	30
Centrifuge	Ruw	3	21	24	21
	Dik	5	-	-	-
	Dun	3	5	9	18

Monster verongelukt

3.3 Samenvatting en conclusies

Effect van mestscheiding na toediening

- Bij de toediening op grasland is de emissie van lachgas uit de dunne fractie een factor 1.4 hoger dan de emissie uit ruwe mest.
- Bij de toediening op bouwland is de emissie van lachgas uit de dikke fractie een factor 11 lager dan de emissie uit ruwe mest.
- De emissie van ammoniak blijft ongewijzigd.

Effect van mestscheiding tijdens opslag

- Uit ruwe mest en de dunne fractie na scheiding komt nauwelijks lachgas vrij. Uit de dikke fractie van gescheiden mest komt wel lachgas vrij.
- Uit de gescheiden fracties komt een factor 9 minder methaan vrij dan uit de ruwe mest.
- Uit varkensmest komt een factor 2,6 meer methaan vrij dan uit rundermest.
- De ammoniakemissie van de dikke fractie is een factor 3,5 lager dan die van ruwe mest. De emissie van de dunne fractie is een factor 1,3 hoger dan die van ruwe mest.
- Uit varkensmest komt een factor 1,2 meer ammoniak vrij dan uit rundermest.
- Scheidingsproducten uit de vizepers emitteren een factor 1,1 tot 1,5 meer aan ammoniak dan scheidingsproducten uit de centrifuge.

Uit de resultaten van de laboratoriumproeven blijkt dat mestscheiding zowel positieve als negatieve effecten heeft op de emissies van broeikasgassen. In Tabel 14 zijn de effecten gekwantificeerd, rekening houdend met het opwarmend effect van lachgas en methaan. Bij mesttoediening is het uitgangspunt dat ruwe rundveemest naar grasland gaat en ruwe varkensmest naar bouwland. Na scheiding gaan de dunne fracties naar grasland, en de dikke fracties naar bouwland, ongeacht of het om rundvee- of varkensmest gaat. Voor de samenstelling van de ruwe mest zijn de gemiddelde waarden van Nederlandse mest gebruikt (www.bemestingsadvies.nl). Bij scheiding komt 15% van de mest in de dikke fractie en 85% in de dunne fractie terecht. De gehalten in de dikke en dunne fracties zijn berekend uit de veranderingen zoals ze in dit onderzoek zijn gemeten.

Tabel 14 Effect van mestscheiding van 1000 kg mest op broeikasgasemissies, uitgedrukt in kg CO₂-equivalenten (lachgas = 310, methaan = 21)

	Opslag		Toediening Lachgas
	Lachgas	Methaan	
<i>Rundvee</i>			
Dik	0,16	0	0,08
Dun	0	0,10	26,43
Dik + Dun	0,16	0,14	26,51
Ruw	0	0,24	19,10
Effect mestscheiding	+ 0,16	- 0,10	+ 7,41
<i>Varkens</i>			
Dik	0,39	0	0,18
Dun	0	0,04	44,11
Dik + Dun	0,39	0,04	44,29
Ruw	0	0,61	6,25
Effect mestscheiding	+ 0,39	- 0,57	+ 38,04

De emissiefactoren die in deze studie zijn gemeten wijken af van de emissiefactoren zoals die worden gebruikt voor de nationale emissieberekeningen. De gemeten lachgasemissies zijn hoger en de gemeten methaanemissies zijn lager. Voor de berekening van het effect van mestscheiding op nationaal niveau kunnen de gemeten waarden niet zomaar bij elkaar opgeteld worden, want dan zouden de effecten van lachgas te zwaar meetellen. De gemeten emissiefactoren zijn daarom gecorrigeerd met behulp van de standaard emissiefactoren zoals vastgelegd in de NIR 2009.

In tabel 15 wordt een overzicht gegeven van de emissiefactoren, omgerekend naar standaardwaarden, zoals ze gebruikt worden in verdere berekeningen in dit rapport.

Tabel 15 Overzicht van emissiefactoren voor lachgas en methaan, omgerekend naar standaardwaarden

		EF-N ₂ O (%)	Standaard EF-N ₂ O (%)	EF-CH ₄ (g/kg mest)	Standaard EF-CH ₄ (g/kg mest)
Toediening					
<i>Grasland</i>					
KAS		3,3	1,0		
Rundvee	Ruw	1,4	0,4		
	Dun	2,4	0,7		
Varkens	Ruw	2,2	0,7		
	Dun	2,7	0,8		
<i>Bouwland</i>					
KAS		0,03	1,0		
Varkens	Ruw	0,28	9,0		
	Dik	0,03	0,8		
Opslag					
Rundveedrijfmest			0,001	0,0069	1,822
Varkensdrijfmest				0,0292	5,27
Vaste mest		0,02	0,020	0,001	0,377
Rundvee	Ruw	0,00	0,001	0,0069	1,822
	Dik	0,06	0,060	0,0002	0,053
	Dun	0,00	0,001	0,0055	1,452
Varkens	Ruw	0,00	0,001	0,0292	5,27
	Dik	0,06	0,060	0,0007	0,126
	Dun	0,00	0,001	0,0024	0,433

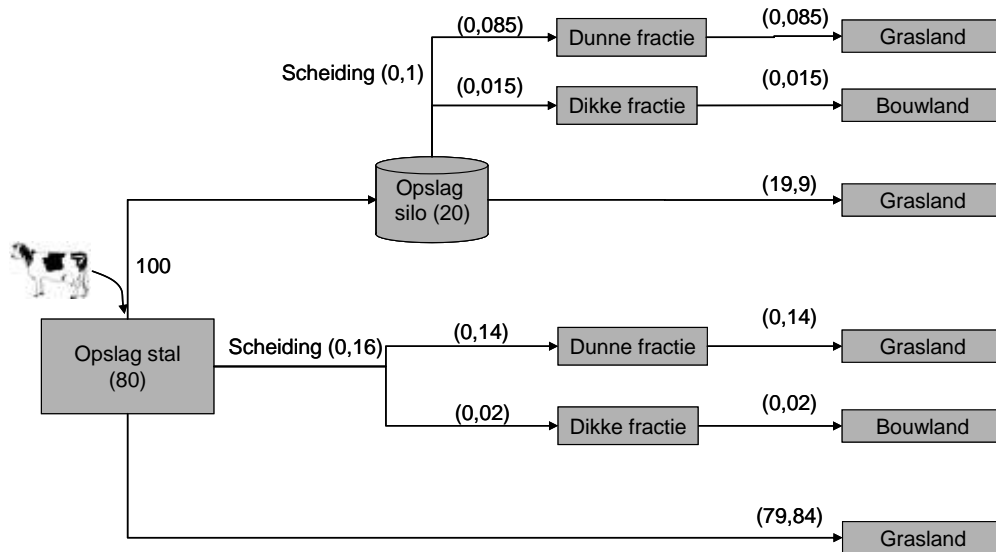
4 Verwachte effect van mestscheiding op emissies in 2020

Voor het schatten van het effect van mestscheiding op de emissies uit opslag en aanwending van varkens- en rundveedrijfmest in Nederland in 2020, uitgaande van 25% gescheiden mest, is als volgt te werk gegaan.

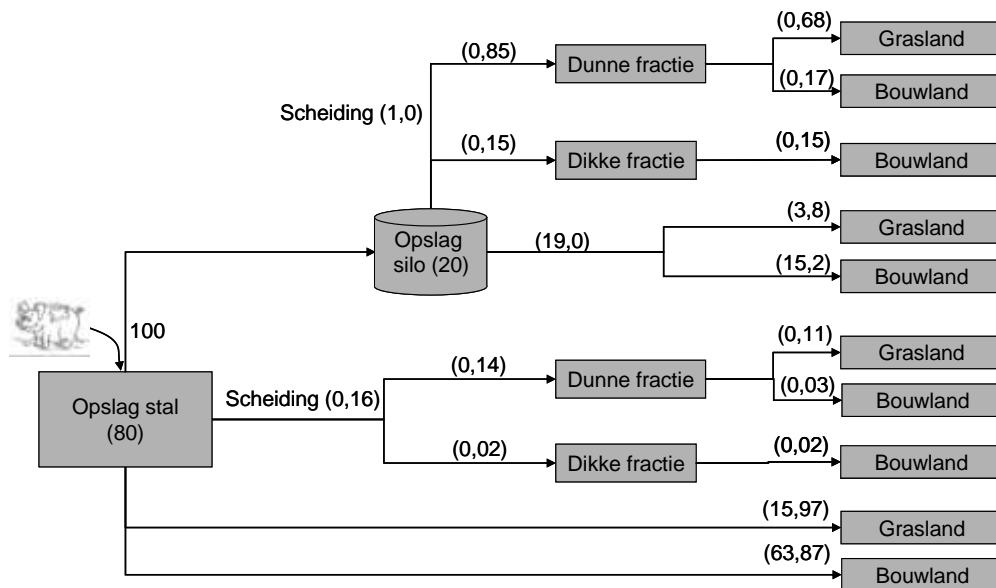
Eerst is een verdeling gemaakt van de varkens- en rundveedrijfmest tussen opslag in de stal en opslag buiten de stal (silo), tussen ruwe en gescheiden mest en tussen aanwending op grasland en op bouwland (figuur 21 en tabel 16). Hierbij is gebruik gemaakt van literatuurgegevens en de expertise van deskundigen.

Figuur 21 Relatieve verdeling van rundvee- en varkensdrijfmest tussen opslag in de stal en buiten de stal, het aandeel ruwe en gescheiden mest en de verdeling tussen aanwending op grasland en op bouwland

Rundvee



Varkens



Tabel 16 Productie, opslag en aanwending van ruwe en gescheiden rundvee- en varkensdrijfmest in 2007 en in 2020

2007	Niet gescheiden mest (kton)				
	Totaal	Opslag stal	Opslag silo	Aanwending grasland	Aanwending bouwland
Melk- en kalfkoeien	30304	24258	6046	30304	0
Vleesvarkens	6593	5326	1267	1319	5275
	Gescheiden mest, dikke fractie (kton)				
	Totaal	Direct uit stal	Na opslag silo	Aanwending grasland	Aanwending bouwland
Melk- en kalfkoeien	12	7	5	0	12
Vleesvarkens	12	2	10	0	12
	Gescheiden mest, dunne fractie (kton)				
	Totaal	Direct uit stal	Na opslag silo	Aanwending grasland	Aanwending bouwland
Melk- en kalfkoeien	67	41	26	67	0
Vleesvarkens	66	9	57	53	13
2020	Niet gescheiden mest (kton)				
	Totaal	Opslag	Aanwending grasland	Aanwending bouwland	
Melk- en kalfkoeien	22787	22787	22787	0	
Vleesvarkens	5003	5003	1001	4002	
	Gescheiden mest, dikke fractie (kton)				
	Totaal	Opslag	Aanwending grasland	Aanwending bouwland	
Melk- en kalfkoeien	1139	1139	0	1139	
Vleesvarkens	250	250	0	250	
	Gescheiden mest, dunne fractie (kton)				
	Totaal	Opslag	Aanwending grasland	Aanwending bouwland	
Melk- en kalfkoeien	6456	6456	6456	0	
Vleesvarkens	1418	1418	1134	284	

Vervolgens zijn de lachgas- en methaanemissies uit opslag en bij aanwending op nationaal niveau berekend. Dit resulteert in een totale lachgas- en methaanemissie in Nederland in de huidige situatie en in 2020, waarbij uitgegaan is van de bekende NIR emissiefactoren en gebruik gemaakt is van de verhouding in emissies tussen de onderzochte varianten in het laboratoriumonderzoek (zie tabel 15). Hierbij zijn verder de volgende aannames gedaan:

- Aantal dieren en hoeveelheid mest uit 2007.
- Bij scheiding wordt 15% van de massa dikke fractie en 85% dunne fractie.
- 80% van de drijfmest wordt op jaarbasis in de stal opgeslagen, de rest (20%) komt in buitenopslag.
- Van de opgeslagen mest in de stal wordt voor zowel melkvee als vleesvarkens 0,2% gescheiden.
- In de opgeslagen mest in de buitenopslag wordt bij melkvee en vleesvarkens respectievelijk 0,5% en 5,0% gescheiden.
- Van de ruwe melkveemest wordt 80% op grasland en 20% op bouwland toegediend.
- Van de ruwe vleesvarkensmest wordt 20% op grasland en 80% op bouwland toegediend.
- Van de dikke fractie van de melkveemest wordt 100% op bouwland toegediend. Alle dunne mest als kunstmestvervanger, dan alle dikke mest plaatsbaar.
- Van de dikke fractie van de vleesvarkensmest wordt 100% op bouwland toegediend. Alle dunne mest als kunstmestvervanger, dan alle dikke mest plaatsbaar.
- Alle dunne fractie van de melkveemest wordt op grasland toegediend.
- Van de dunne fractie van de vleesvarkensmest wordt 80% op grasland en 20% op bouwland toegediend.
- Emissiefactoren voor ruwe mest komen uit Maas et al. (2009) als basis voor de NIR 2009.
- Emissiefactoren voor de dikke en dunne fracties komen uit de laboratoriumstudie (Hoofdstuk 3).
- De referentie voor de N-gehalte in ruwe mest die in buitenopslag gaat komt van www.bemestingsadvies.nl

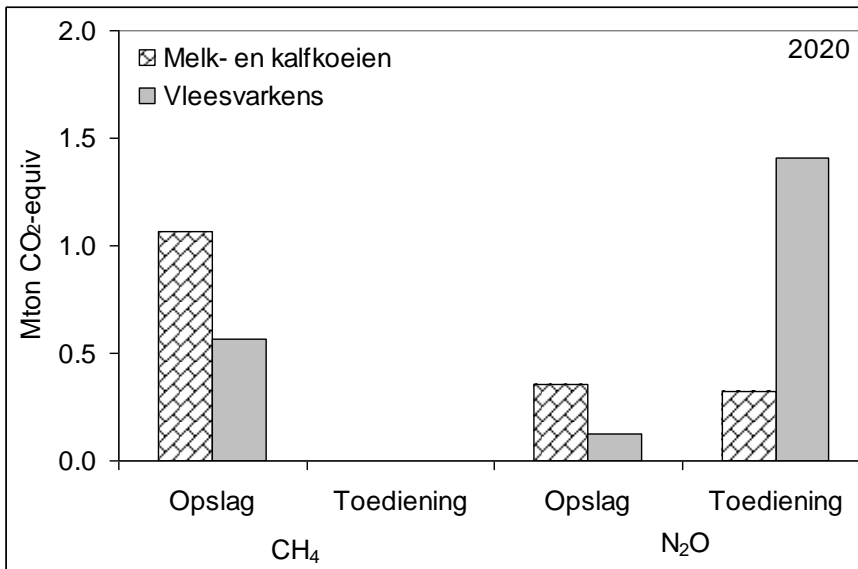
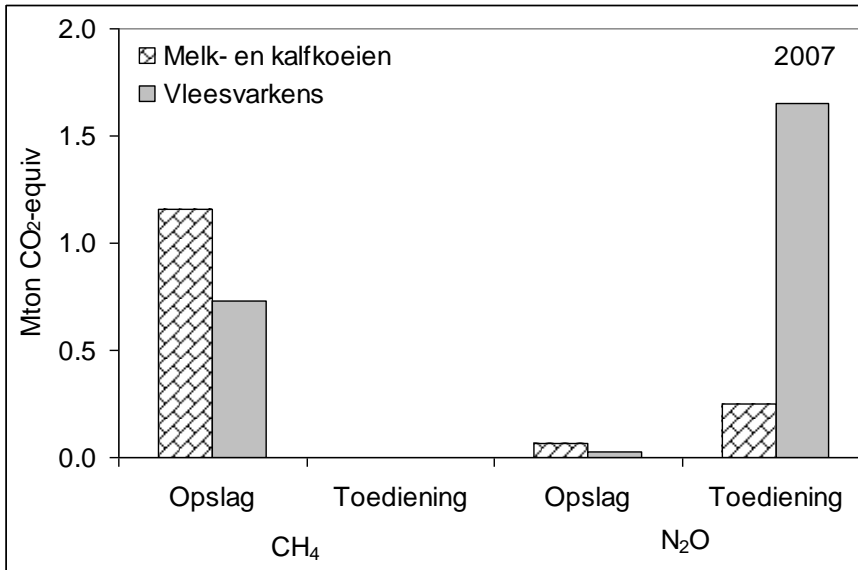
- N-gehalte in ruwe mest die toegediend wordt, wordt berekend uit N-gehalte in buitenopslag, gecorrigeerd voor de verliezen van NH₃ (2%) en N₂O (0.1%), NO (0,1%) en N₂ (1,0%) tijdens opslag.
- De verhoudingen van N-gehalte in de gescheiden fracties t.o.v. de ruwe mest komen uit de literatuurstudie (Hoofdstuk 2).
- De emissiefactor van N₂O voor toediening van de dikke fractie van gescheiden melkveemest op bouwland is gelijk gesteld aan de factor voor de dikke fractie van gescheiden vleesvarkensmest.
- De emissiefactor van N₂O voor toediening van de dunne fractie van gescheiden vleesvarkensmest op bouwland is gelijk gesteld aan de factor voor de ruwe vleesvarkensmest.
- Voor het omrekenen naar CO₂-equivalenten zijn de volgende global warming potentials gebruikt: CH₄ (21), N₂O (310).
- Mestproductie in 2020 is gelijk aan de mestproductie in 2007. In 2020 wordt 25% van de melkvee- en vleesvarkensmest gescheiden.

De berekende emissie van CO₂-equivalenten uit mest van melkvee en vleesvarkens volgens de uitgangspunten in Tabel 17 bedraagt 3,9 Mton (Tabel 18, Figuur 22). Wanneer voor 2020 uitgegaan wordt van 25% mestscheiding met dezelfde mestproductie zal deze emissie 3,8 Mton bedragen. De huidige (2007) nationale emissie van CO₂-equivalenten uit de landbouw bedraagt 18,4 Mton. Dit impliceert dat als 25% van de melkvee- en vleesvarkensmest gescheiden wordt, de broeikasgas emissie uit de Nederlandse landbouw nauwelijks verandert. Met andere woorden het scheiden van mest levert geen extra broeikasgas emissies op maar vermindert deze ook niet of nauwelijks.

Tabel 18 Methaan- en lachgas emissies uit opslag en toediening van rundvee- en varkensdrijfmest in 2007 en 2020 omgerekend naar CO₂-equivalenten

	% Mest-scheiding	CH ₄ (Mton CO ₂ -eq)			N ₂ O (Mton CO ₂ -eq)			TOTAAL
		Totaal	Opslag	Toediening	Totaal	Opslag	Toediening	
<i>2007</i>								
Melk- en kalfkoeien	0,26	1,2	1,2	0,0	0,3	0,1	0,3	1,5
Vleesvarkens	1,16	0,7	0,7	0,0	1,7	0,0	1,6	2,4
TOTAAL 2007		1,9	1,9	0,0	2,0	0,1	1,9	3,9
<i>2020</i>								
Melk- en kalfkoeien	25	1,1	1,1	0,0	0,7	0,4	0,3	1,7
Vleesvarkens	25	0,6	0,6	0,0	1,5	0,1	1,4	2,1
TOTAAL 2020		1,6	1,6	0,0	2,2	0,5	1,7	3,8

Figuur 22 Methaan- en lachgasemissies uit opslag en toediening van rundvee- en varkensdrijfmest in 2007 en 2020 omgerekend naar CO₂-equivalenten



5 Algemene discussie en conclusies

De resultaten van deze studie geven inzicht in het relatieve effect van scheiding van varkens- en rundveedrijfmest op de emissie van methaan, lachgas en ammoniak tijdens opslag en na toediening en laten tevens de aanknopingspunten zien voor emissie reducerende maatregelen.

De gekozen onderzoeksopzet, n.l. een literatuuronderzoek en een laboratoriumstudie, laat niet toe dat de resultaten direct vertaald kunnen worden naar emissies op nationaal niveau. Daarvoor wijken de laboratoriumcondities te veel af van de veldomstandigheden, hoewel deze laatste in deze studie zo goed mogelijk zijn gesimuleerd. Houvast omtrent de emissieniveaus geven de resultaten van recent uitgevoerd veldonderzoek (Velthof et al., 2010) en de standaard emissie factoren zoals die gehanteerd worden in de NIR 2009. Door de resultaten van deze studie hieraan te koppelen kon een verantwoorde schatting worden gemaakt van het verwachte effect van mestscheiding op de emissie van broeikasgassen op nationaal niveau in 2020 ten opzichte van het huidige emissieniveau.

De bevindingen uit de laboratoriumstudie laten zich in het algemeen goed verklaren aan de hand van de samenstelling van de mestfracties na scheiding en de biologische processen die zich tijdens opslag en na toediening op het land afspelen. Tijdens opslag van vloeibare mest en vaste mest treden verschillende afbraakprocessen op met verschillende gasvormige producten. In opslag van vloeibare mest vindt in anaeroob milieu fermentatie plaats waarbij methaan wordt gevormd. De methaanproductie hangt sterk af van de beschikbare hoeveelheid afbreekbaar organisch materiaal en de temperatuur. Varkensdrijfmest bevat meer (gemakkelijk) afbreekbaar materiaal dan rundveedrijfmest. Ammoniak emiteert als gevolg van diffusie uit de vloeistof naar de lucht. De hoeveelheid ammoniak die tijdens opslag van vloeibare mest vrijkomt is gerelateerd aan het gehalte minerale stikstof in de mest en parameters als zuurgraad en temperatuur. In opslag van vaste mest zijn in meer aeroob milieu mineralisatie en nitrificatie processen te verwachten waarbij onder andere lachgas vrijkomt. De mate waarin is afhankelijk van de hoeveelheid zuurstof. Hoe compacter de mest hoe moeilijker zuurstof in de mest kan binnendringen. Emissies na (emissiearme) toediening in het veld worden sterk bepaald door de condities in de bodem. Voor de processen die zich in de bodem afspelen zijn hoeveelheid zuurstof, temperatuur, hoeveelheid stikstof en beschikbare hoeveelheid afbreekbaar organisch materiaal bepalende factoren. Hierin ligt ook een verklaring voor het verschil in lachgasemissie tussen dikke fractie en ruwe mest. Dikke fractie bevat minder (ammonium)stikstof en minder afbreekbaar organisch materiaal dan ruwe mest. Daardoor is na toediening van dikke fractie een lagere lachgasemissie te verwachten dan na toediening van ruwe mest.

De methaanemissie was in het laboratorium beduidend lager dan de gebruikte standaardwaarden voor de berekening van de nationale broeikasgasemissies. Andersom was de gemeten lachgasemissie na toediening op bouwland erg laag. De gebruikte methodiek, met correctie naar de standaardwaarden is consistent en helder, maar de vraag rijst of de standaardwaarden nog correct zijn. Recentelijk ook in het veld een lage lachgasemissie gemeten na toediening van mest aan bouwland.

De risico's van mestscheiding ten aanzien van broeikasgasemissies liggen bij de toegenomen emissie van lachgas, zowel uit de opslag als bij de toediening. Bovendien speelt bij varkensmest dat de ruwe mest naar bouwland gaat en de dunne fractie naar grasland. De hogere lachgas emissie is geen direct effect van de mestscheiding, maar meer van de toediening van de dunne fractie aan grasland in plaats van bouwland. De winst van mestscheiding ligt bij de verlaging van de methaan emissie uit de opslag.

In 2020 zal de broeikasgasemissie uit opslag, uitgedrukt in CO₂-equivalenten, met 5% toenemen ten opzichte van het huidige niveau. De broeikasgasemissie na toediening zal in 2020 met ca. 10% afnemen. Per saldo is de verwachte emissie in 2020 een paar procent lager dan het huidige niveau. Deze verwachting gaat ervan uit dat in 2020 vloeibare en vaste mest in afgedekte ruimtes opgeslagen worden en dat alle mest en mestfracties emissiearm worden toegediend. Afdekken van opslagen voor vloeibare mest, dus ook dunne fractie, is reeds verplicht evenals emissiearm toedienen. Er bestaat op dit moment geen verplichting tot het afdekken van opslagen voor vaste mest. Onzeker is of deze verplichting er komt.

Als er geen afdekverplichting komt voor opslag van dikke fractie zal het effect van mestscheiding op de emissie van broeikasgassen naar verwachting groter zijn dan de resultaten van deze studie aangeven. In het opslagonderzoek is gewerkt met een (min of meer) afgedekte opslag, n.l. een pot met een deksel met twee perforaties, zowel voor vloeibare als vaste mest. Hiermee wordt een afgedekte silo voor vloeibare mest redelijk goed benaderd, maar voor vaste mest en dikke fractie is deze wijze van opslag niet gebruikelijk. Dikke fractie wordt doorgaans in een open front loods opgeslagen. De duur van de opslag hangt af van de bestemming van het product. Als de dikke fractie bestemd is voor vergisting, compostering, droging, pelletering, verbranding etc. dan zal de opslagduur op het productiebedrijf in de orde van enkele dagen zijn. Als de dikke fractie bestemd is voor afzet als meststof dan kan de opslagduur langer (weken) zijn. De producent zal in verband met mogelijk kwaliteitsverlies van het product tijdens opslag en opslagkosten in het algemeen kiezen voor zo kort mogelijke opslagduur. Zo zal een melkveehouder het tijdstip van mestscheiding afstemmen op het moment van aanwending van de dunne fractie of op de vraag naar dikke fractie.

Het is te verwachten dat scheiding van varkensdrijfmest vooral op centrale locaties, b.v. bij loonwerkers en mestverwerkers, zal plaatsvinden en veel minder op individuele varkensbedrijven. Het is ook te verwachten dat een substantieel deel van de dunne fractie op dezelfde locaties verder verwerkt zal worden waardoor de opslagduur van dunne fractie tot enkele dagen beperkt blijft. Hetzelfde geldt voor het grootste deel van de dikke fractie die naar verwachting zijn weg vinden naar vergisters, composteerders, drogers e.d. De opslagduur van dikke fractie van varkensmest zal hooguit enkele weken bedragen.

Verwacht wordt dat scheiding van rundveedrijfmest vooral op individuele bedrijven zal plaatsvinden en dat de dunne fractie op het eigen bedrijf wordt aangewend, waarbij de opslagduur van de dunne fractie tot enkele dagen beperkt blijft. De bestemming van de dikke fractie is naar verwachting grotendeels dezelfde als die van de dikke fractie van varkensmest.

De resultaten van deze studie laten zien dat de lachgas emissie uit afgedekte opslag van dikke fractie na een opslagduur van ca. 2 weken op gang komt. Afgedekte opslag van dikke fractie leidt tot minimale methaan en ammoniak emissies. De vraag is wat het effect van open en half open opslag is op de emissie van broeikasgassen. Hoe dichter de opslag hoe kleiner de invloed van weersomstandigheden (temperatuur, wind, regen) op de emissies en op de kwaliteit van de dikke fractie.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A. (1997). Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Amon, B., V. Kryvoruchko, T. Amon en S. Zechmeister-Boltenstern (2006). Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture Ecosystems & Environment* 112 (2-3), 153-162.
- Balsari, P., E. Dinuccio, E. Santoro en F. Gioelli (2008). Ammonia emissions from rough cattle slurry and from derived solid and liquid fractions applied to alfalfa pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48, 198-201.
- Bertora, C., F. Alluvione, L. Zavattaro, J.W. van Groenigen, G. Velthof en C. Grignani (2008). Pig slurry treatment modifies slurry composition, N₂O, and CO₂ emissions after soil incorporation. *Soil Biology & Biochemistry* 40, 1999-2006.
- Buissonjé, F. de and M. Smolders (2002). Mest vergisten verlaagt scheidingsrendement. *Praktijkkompas. Varkens* 16 (2002) 4, p. 20-21.
- Buiter, W.J. (2004). Scheiding van biologische varkensmest met een decanteercentrifuge. ZLTO-Advies.
- Derikx, P.J.L. (1995). Technische haalbaarheid van centrale verwerking van rundermengmest. IMAG-DLO rapport 95-22.
- Dinuccio, E., W. Berg en P. Balsari (2008). Gaseous emissions from the storage of untreated slurries and the fractions obtained after mechanical separation. *Atmospheric Environment* 42, 2448-2459.
- Ellen, H., K. Groenestein and M. Smits (2007). Emissies uit opslag van vaste mest. Wageningen UR Animal Sciences Group. Rapport 58, 13 pp.
- Elzing, A. en G.J. Monteny (1997). Ammonia emission in a scale model of a dairy-cow house. *Transactions of the ASAE* 40: 713-720.
- Fangueiro, D., J. Coutinho, D. Chadwick, N. Moreira en H. Trindade (2008a). Effect of cattle slurry separation on greenhouse gas and ammonia emissions during storage. *J. Environ. Qual.* 37, 2322-2331.
- Fangueiro, D., M. Senbayran, H. Trindade en D. Chadwick (2008b). Cattle slurry treatment by screw press separation and chemically enhanced settling: effect on greenhouse gas emissions after land spreading and grass yield. *Bioresource Technology* 99, 7132-7142.
- Groenestein, C.M. (2006). Environmental aspects of improving sow welfare with group housing and straw bedding. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Hansen, M.N., P. Kai & H.B. Møller (2006). Effects of anaerobic digestion and separation of pig slurry on odour emission. *Applied Engineering in Agriculture* 22(1), 135-139.
- Have, P.W.J. ten & J.J.M. Schellekens (1994). Een verkenning van de mogelijke gevolgen van de introductie van nieuwe stalsystemen en van mestbewerking op bedrijfsniveau voor de fabrieksmatige verwerking van varkensmest. IKC Afdeling Varkenshouderij, Rosmalen.
- Kool, A., A.H.J. van der Putten & F.C. van der Schans (2006). Mestverwerking in Wintelre. De plussen en minnen. www.duurzamewatersystemen.info.
- Mattila, P.K. & E. Joki-Tokola (2003). Effect of treatment and application technique of cattle slurry on its utilization by ley. I. Slurry properties and ammonia volatilization. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 65, 221-230.
- Møller, H.B., S.G. Sommer and B.K. Ahring (2002). Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions. *Bioresource Technology* 85 (2002) 189-196.
- Monteny, G.J. (2000). Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Pain, B.F., V.R. Phillips, C.R. Clarkson, T.H. Misselbrook, Y.J. Rees & J.W. Farrent (1990). Odor and ammonia emissions following the spreading of aerobically-treated pig slurry on grassland. *Biological Wastes* 34, 149-160.
- Schepers, P. (1995). Mestscheiden haalbaar en betaalbaar. Cehave.
- Schröder, J.J., D. Uenk & J.C. van Middelkoop (2007). Bemestingswaarde van mestscheidingsproducten: theorie en praktijk. PRI Rapport 137.
- Sommer, S.G., L.S. Jensen, S.B. Clausen & H.T. Sørensen (2006). Ammonia volatilization from surface-applied livestock slurry as affected by slurry composition and slurry infiltration depth. *Journal of Agricultural Science* 144(3), 229-235.
- Szántó, G. (2009). NH₃ dynamics in composting : assessment of the integration of composting in manure management chains. Proefschrift Wageningen University, 140 pp.

- Timmerman, M., P.J.P.W. Claessen & A.J.J. Bosma (2005). Scheiding van varkensmest d.m.v. TowerFilter en WEDA-vijzelpers. Praktijkrapport Varkens 41.
- Timmerman, M and F.E. de Buissonjé (2010). Initiatieven Mestverwerking. Wageningen UR livestock Research. Rapport 367, 8 pp.
- Veeken, A.H.M., V. de Wilde, G. Szanto and H.V.M. Hamelers (2002). Passively Aerated Composting of Straw-Rich Organic Pig Manure. In: Microbiology of Composting / H. Insam, N. Riddech, S. Klammer (ed.). - Berlin, Germany : Springer-Verlag, 2002 - p. 607 - 621.
- Velthof G.J. , J. Mosquera, J. Huis in 't Veld, E. Hummelink (2010). Effect of manure application technique on nitrous oxide emission from agricultural soils. Alterra report 1992, Wageningen, 74 p.
- Verlinden, G. (2005). Valorisatie van resteffluenten afkomstig van de mestverwerking. Deel 2: chemische samenstelling van de resteffluenten. Rapport P/OO/012.
- Verloop K., G. Hilhorst, B. Meerkerk, F. de Buissonje, J. Schroder, M. de Haan (2009). Mestscheiding op melkveebedrijven; resultaten van MOBIEDIK, Mobiele Mestscheiding in Dik en Dun. Wageningen UR, Plant Research International B.V. Rapport 284, 60 pp.
- Versluis, H.P., S. Radersma & W. van Dijk (2005). Ondersteuning duurzame mestbe- en verwerkingsproducten. Werkingscoëfficiënten. PPO rapport 500024.



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl