



Ammoniakemissies bij het uitrijden van verwerkte mest

Deskstudie

J.F.M. Huijsmans & J. Mosquera





Ammoniakemissies bij het uitrijden van verwerkte mest

Deskstudie

J.F.M. Huijsmans¹ & J. Mosquera²

¹ Plant Research International B.V.

² Animal Science Group

© 2007 Wageningen, Plant Research International B.V.

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

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Doelstelling	2
1.3 Hoofdstukwijzer	2
2. Mestbe- en verwerkingstechnieken	3
2.1 Mestscheiding	3
2.2 (Co-)vergisting	3
2.3 Beluchten (nitrificatie/denitrificatie)	4
2.4 Membraanscheiding	4
2.5 Natte oxidatie	5
2.6 Precipitatie (struviet)	5
2.7 Scheiding, verdampen, strippen en scrubben	5
2.8 Aanzuren, indampen met dragerolie en korrelen	5
2.9 Composteren van mest	5
2.10 Drogen en korrelen	6
2.11 Verbranden/vergassen	6
2.12 Mengten met andere meststoffen of toeslagstoffen	6
3. Ammoniakemissies bij het uitrijden van verwerkte mest	9
3.1 Mestscheiding	9
3.2 (Co-)vergisting	10
3.3 Beluchten (nitrificatie/denitrificatie)	11
3.4 Membraanscheiding (ultrafiltratie + omgekeerde osmose)	12
3.5 Natte oxidatie	12
3.6 Precipitatie (struviet)	12
3.7 Scheiding, verdampen, strippen en scrubben	12
3.8 Aanzuren, indampen met dragerolie en korrelen	13
3.9 Composteren van mest	13
3.10 Drogen en korrelen (export)	13
3.11 Verbranden/vergassen	14
3.12 Mengten met andere meststoffen of toeslagstoffen	14
4. Discussie, conclusies en aanbevelingen	15
Literatuur	16

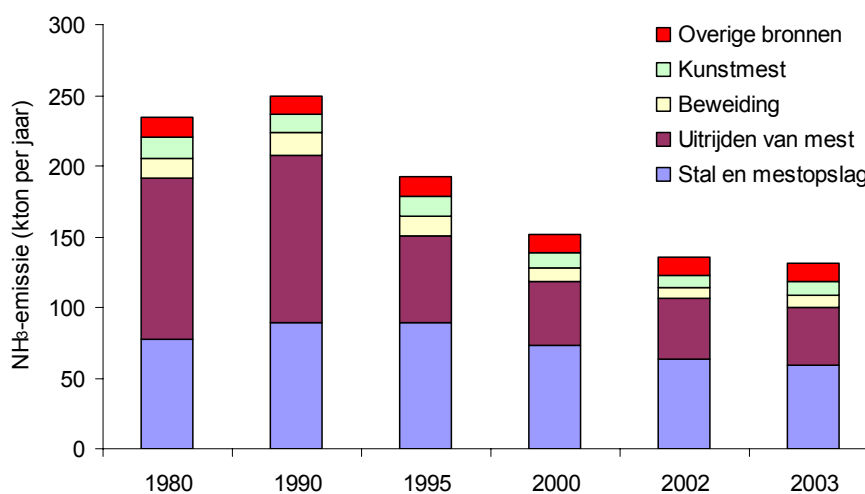
1. Inleiding

1.1 Achtergrond

De toename van de veehouderij heeft in Nederland een mestoverschot veroorzaakt. De hoeveelheid geproduceerde mest is voor sommige veehouders te groot t.o.v. het land dat ze ter beschikking hebben om de mest uit te rijden. Veehouders worden daardoor geconfronteerd met het probleem van afzet van dit mestoverschot buiten het eigen bedrijf (binnen of buiten de landbouw, in Nederland of in het buitenland).

Mestbe- en verwerking¹ wordt vaak gezien als een mogelijkheid om de mestoverschotproblematiek in Nederland aan te pakken. De verwerking van mest kan resulteren in een afname van het mestvolume, of in een meststof die eenvoudiger te transporteren en af te zetten is. Hier staat tegenover dat ongewenste emissies (ammoniak, broeikasgassen, geur) kunnen optreden tijdens mestverwerking.

Gekoppeld aan het proces van mestverwerking is de verandering in samenstelling van de verwerkingsproducten (producten die ontstaan na het verwerken van mest) t.o.v. de ruwe mest. Dit kan de emissies van ammoniak (maar ook van broeikasgassen en geur) na het uitrijden van mest op land sterk beïnvloeden. De landbouw is voor *ca* 90% verantwoordelijk voor de emissie van ammoniak (NH₃); hiervan wordt *ca* 35% veroorzaakt door de emissie bij het uitrijden van mest (MNP, 2005). De ammoniakemissie bij het uitrijden van mest was in 2003 samen met emissies vanuit stallen verantwoordelijk voor 80% van de totale NH₃ uitstoot in Nederland (figuur 1).



Figuur 1. NH₃ emissies in Nederland. Bron: MNP (2005).

De afgelopen jaren is veel onderzoek gedaan naar de NH₃-emissies bij het (zowel bovengronds breedwerpig als emissiearm) toedienen van mest (voornamelijk gangbare vloeibare dierlijke mest) op zowel grasland en bouwland. In 2007 is door Huijsmans *et al.* (2007) een deskstudie uitgevoerd om een beter inzicht te krijgen in de verwachte NH₃-emissies bij het uitrijden van vaste mest. Over de NH₃-emissies bij het uitrijden van verwerkingsproducten is nog weinig bekend; op dit gebied is slechts een beperkt aantal studies beschikbaar en in veel gevallen ontbreken emissiegegevens.

¹ Onder bewerking wordt bedoeld alle mestbehandelingen met als doel het eindproduct binnen de landbouw af te zetten. Verwerkingsproducten worden vaak buiten de Nederlandse landbouw (inclusief export naar het buitenland) afgezet. Voor de leesbaarheid wordt in de rest van het rapport met verwerking zowel mestbewerking als mestverwerking bedoeld.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit rapport is het bijeenbrengen en analyseren van beschikbare data over optredende NH₃-emissies bij het uitrijden van verwerkte mest. Wanneer voor een bepaalde mestverwerkingstechniek emissiegegevens ontbreken, wordt op basis van de samenstelling van de verwerkingsproducten een uitspraak gedaan over de verwachte NH₃-emissie bij uitrijden van deze producten. Emissies tijdens het be- of verwerkingsproces worden buiten beschouwing gelaten.

1.3 Hoofdstukwijzer

In dit rapport wordt, op basis van beschikbare data en literatuurstudies, de verwachte NH₃-emissie na het uitrijden van verwerkingsproducten op het land geschat. Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de beschikbare mestverwerkingstechnieken. In hoofdstuk 3 worden (per techniek) de beschikbare emissiegegevens (en de samenstelling van zowel de ruwe dierlijke mest als van de mestproducten) bijeengebracht. Op basis van deze gegevens wordt een uitspraak gedaan over de verwachte NH₃-emissie na het uitrijden van de verwerkingsproducten op het land. Andere emissies (geur, broeikasgassen) worden ook zoveel mogelijk meegenomen in dit overzicht. Hoofdstuk 4 bevat een discussie, de belangrijkste conclusies en aanbevelingen van dit rapport.

2. Mestbe- en verwerkingstechnieken

In 2004 werd door Melse *et al.* (2004) een deskstudie uitgevoerd om een beter inzicht te krijgen in beschikbare en in ontwikkeling zijnde technieken om mest te verwerken met als doel de afzet van mestproducten binnen of buiten de landbouw. In dit hoofdstuk worden de doelstelling en algemene werkwijze voor deze technieken kort samengevat. Tabel 1 en figuur 2 laten zien wat de mogelijkheden zijn voor het verwerken van vloeibare mest en droge (vaste) mest. Voor verdere informatie over deze technieken wordt naar Melse *et al.* (2004) verwezen.

Tabel 1. Samenvatting mestverwerkingstechnieken (paragraafnummer).

Vloeibare mest	Droge mest
<ul style="list-style-type: none"> • Mestscheiding (2.1) • (Co-)Vergisting (2.2) • Beluchten (nitrificatie/denitrificatie; 2.3) • Membraanscheiding (2.4) • Natte oxidatie (2.5) • Precipitatie (struviet; 2.6) • Scheiding, verdampen, strippen en scrubben (2.7) • Aanzuren, indampen met dragerolie en korrelen (2.8) • Mengen met andere meststoffen of toeslagstoffen (2.12) 	<ul style="list-style-type: none"> • Composteren (2.9) • Drogen en korrelen (2.10) • Verbranden/vergassen (2.11) • Mengen met andere meststoffen of toeslagstoffen (2.12)

2.1 Mestscheiding

Doel van mestscheiding is het verkrijgen van een dunne en een dikke mestfractie ten behoeve van verdere verwerking (bijvoorbeeld de dikke fractie composteren; figuur 2) en direct afzetten (bijvoorbeeld uitrijden van de dunne fractie op het land; figuur 2), of een combinatie van beide (bijvoorbeeld de export van mestkorrels na het drogen en pelleteren van de dikke fractie; figuur 2). Mestscheiding wordt voor zowel varkens- als voor rundveemest toegepast. De mestproducten (dunne en dikke fractie) worden voornamelijk binnen de landbouw afgezet.

Om mest in een dunne en een dikke fractie te scheiden worden de volgende principes toegepast:

- Bezinking in een opslagtank: de dikke fractie bezinkt onder invloed van de zwaartekracht.
- Strofilter.
- Mechanische scheiding, die gebruik maakt van de volgende principes:
 - Filtratie: deeltjes van verschillende grootte worden gescheiden met behulp van een geperforeerd materiaal (vijzelpers, schroefpersfilter, zeefbocht) of van een strofilter.
 - Centrifugatie: scheiding vindt plaats onder de invloed van de centrifugaalkracht.
- Primaire scheiding: directe scheiding in de stal met behulp van onder andere schuiven of banden, waardoor vaste mest en urine afzonderlijk opgevangen en opgeslagen kunnen worden.

2.2 (Co-)vergisting

Doel van vergisting is de omzetting van organische stof in biogas (grotendeels CH₄ en CO₂). Dit gebeurt onder zuurstofloze (anaërobe) omstandigheden met behulp van bepaalde micro-organismen. Het eindproduct na vergisting is, naast het biogas, vergiste mest (ook digestaat genoemd). Vergisting zorgt ook onder andere

voor de afbraak van vluchtig organische verbindingen (inclusief bepaalde geurstoffen), de omzetting van organische stikstof in ammonium, en het doden van ziektekiemen en onkruidzaden. Een belangrijk kenmerk van dit proces is dat alleen gemakkelijk afbreekbare organische stoffen worden afgebroken. Om een beter rendement te krijgen kunnen andere producten toegevoegd worden aan de mest en mee vergisten (dit wordt co-vergisting genoemd).

Vergisting wordt voor varkens- en rundveemest toegepast. Het eindproduct (digestaat) kan uitgereden worden op het land (afzet binnen de landbouw), maar ook verder in een dunne en een dikke fractie worden gescheiden. De dikke fractie kan daarna worden verwerkt tot exportwaardige mestkorrels (met relatief hoge gehalten aan N, P en K) door de mest te drogen, pelleteren en hygiëniseren (afzet buiten landbouw). De dunne fractie kan op het land uitgereden worden, maar ook verder verwerkt worden (zie figuur 2).

2.3 Beluchten (nitrificatie/denitrificatie)

Doel van beluchten is stikstof uit de mest te verwijderen door de nitrificatie/denitrificatie processen te stimuleren. Bij beluchting wordt lucht door de mest geblazen. Onder deze aërobe omstandigheden zorgen bepaalde micro-organismen voor de omzetting van ammonium naar nitraten/nitrieten (nitrificatie). Organische koolstofverbindingen worden tijdens dit proces omgezet naar CO₂. Wanneer de mest niet meer belucht wordt, zorgen andere micro-organismen voor de omzetting van nitraat en nitriet naar stikstofgas (N₂) onder anaërobe omstandigheden (denitrificatie). Na een aantal cycli nitrificatie/denitrificatie wordt de mest door bezinking in een dunne (effluent, 75-80% van ingaand volume) en een dikke fractie (slib, 20-25% van ingaand volume) gescheiden. Het effluent bevat weinig stikstof en fosfaat en kan direct op het land worden uitgereden (afzet binnen de landbouw). De dikke fractie kan verder worden verwerkt en, mits gehygiëniseerd, buiten de landbouw (export) worden afgezet.

Beluchting wordt voornamelijk gebruikt voor het verwerken van kalvergiel. Dit proces kan ook worden toegepast om de dunne fractie van varkens- en rundveemest na scheiding te verwerken (de dikke fractie wordt niet belucht en moet verder verwerkt worden met andere verwerkingstechnieken of afgezet worden binnen de landbouw).

2.4 Membraanscheiding

Doel van membraanscheiding is het verkrijgen van een gezuiverde dunne fractie (permeaat, die door het membraan gaat) en een concentraat (gesuspendeerde deeltjes, macromoleculen en opgeloste stoffen die door het membraan worden tegengehouden).

Afhankelijk van de diameter van de componenten/moleculen die door het membraan afgescheiden worden, kunnen drie verschillende principes worden gedifferentieerd:

- Microfiltratie: afscheiding van gesuspendeerde deeltjes (0,1-10 µm).
- Ultrafiltratie: afscheiding van gesuspendeerde deeltjes en macromoleculen (0,001-0,1 µm).
- Hyperfiltratie of omgekeerde osmose: alle opgeloste stoffen (<0,001 µm) worden verwijderd.

Membraanscheiding wordt voornamelijk voor dunne varkensmest toegepast. In de combinatie scheiding/ultrafiltratie/omgekeerde osmose (zie figuur 2) wordt eerst de mest gescheiden in een dunne en een dikke fractie. De dunne fractie wordt daarna eerst behandeld met ultrafiltratie, waardoor een permeaat en een concentraat ontstaan. Het permeaat kan daarna worden behandeld met omgekeerde osmose, met als eindproducten een permeaat, die op het land uitgereden kan worden (afzet binnen landbouw) en een concentraat. Beide concentraten kunnen daarna binnen de landbouw worden afgezet.

2.5 Natte oxidatie

Natte oxidatie wordt voor varkens- en rundveemest toegepast. Het primaire doel van natte oxidatie is het verbranden van organische stof door toevoeging van zuurstof onder waterige omstandigheden. De organische stof in de mest wordt vrijwel geheel in ammoniumstikstof omgezet. Daarnaast kan, door oxidatie, ammoniumstikstof omgezet worden in stikstofgas (N_2). Vervolgens kan de as van het vocht afgescheiden worden, waarbij twee eindproducten ontstaan: een vloeibare fractie, die uitgereden kan worden op het land (afzet binnen landbouw) en as, met een drogestof gehalte van ~ 80-90% en relatief veel NPK. Een deel van de stikstof in de as is nog steeds organisch gebonden. De as wordt voornamelijk buiten de landbouw (bijvoorbeeld wegebouw) afgezet.

2.6 Precipitatie (struviet)

Doel van precipitatie is het verwijderen van stikstof en fosfaat uit de dunne fractie (na scheiding) van mest door ze als struviet (Magnesium-Ammonium-Fosfaat; MAP) neer te laten slaan. Eerst wordt de mest in een dunne en een dikke fractie gescheiden. Daarna wordt de pH van de dunne fractie van de mest verhoogd en vervolgens magnesium en fosfaat aan de mest toegevoegd om de juiste verhoudingen van magnesium, ammonium en fosfaat te bereiken. Een groot deel (~90%) van de stikstof en fosfaat slaat neer in de vorm van MAP-kristallen (MAP-slib) en een NP-arme dunne fractie resteert. De dunne fractie kan op bouwland als mest uitgereden worden (afzet binnen landbouw), zolang andere componenten (bijvoorbeeld K) niet limiterend zijn. Het MAP-slib kan als kunstmestvervanger worden gebruikt. Dit proces wordt voor (de dunne fracties van) varkens- en rundveemest toegepast.

2.7 Scheiding, verdampen, strippen en scrubben

Doel van “scheiden, verdampen, strippen en scrubben” is een eindproduct (effluent) te krijgen met een laag stikstofgehalte. Eerst wordt de mest in een dunne en een dikke fractie gescheiden. Daarna wordt bij een bepaalde temperatuur en druk, warmte aan de dunne fractie van de mest toegevoerd, waardoor water verdamp en de mest indikt. Dit resulteert in een NPK-concentraat, dat nog steeds vloeibaar is (restfractie, met een drogestof gehalte van ~20-30%), en waterdamp, die naast water ook stikstof en organische stof bevat. De ammoniak in de waterdamp wordt verwijderd door absorptie in zure vloeistof of door condensatie, waardoor een mineralenarme waterstroom (effluent) en een N-concentraat gevormd worden. Het effluent kan op het land uitgereden worden (afzet binnen landbouw). De vloeibare restfractie kan binnen en buiten de landbouw (in het binnenland) als mest worden afgezet. Het N-concentraat kan als kunstmestvervanger worden gebruikt. Deze techniek wordt voor varkensmest toegepast.

2.8 Aanzuren, indampen met dragerolie en korrelen

Doel van “aanzuren, indampen met dragerolie en korrelen” is water uit de mest te verwijderen en de mest tot exportwaardige mestkorrels te verwerken. Deze techniek wordt voor varkensmest toegepast. Eerst wordt de mest aangezuurd (om ammoniakvervluchtiging te voorkomen) en verdund met een olie. Vervolgens wordt het water uit de mest verdamp. Door de toegevoegde olie blijft de mest na verdamping vloeibaar. Het water wordt biologisch gezuiverd, waarbij biogas wordt gevormd. De olie wordt in een centrifuge afgescheiden van de droge mest en kan hergebruikt worden binnen dit proces. De droge mest wordt daarna nagedroogd, gekorrelt en gehygiëniseerd (voor export).

2.9 Composteren van mest

Doel van compostering is, door water uit de mest te verwijderen, een vermindering van de mestmassa en het mestvolume te krijgen, waardoor het mestproduct (compost) gemakkelijker te transporteren is. Compostering is een biologisch proces waarbij bepaalde micro-organismen (in aanwezigheid van zuurstof) voor de omzetting

van organische stof in stabiele verbindingen zorgen. Tijdens het composteringsproces wordt warmte geproduceerd, waardoor een deel van het water uit de mest verdampt (afname van de mestmassa en –volume) en ziektekiemen worden gedood. Ondanks de afbraak van organische stof en door verdamping van water neemt het drogestof gehalte toe.

Compostering kan voor alle dikke mestfracties en droge mestsoorten worden toegepast. Mestproducten (compost) worden zowel binnen de landbouw als buiten de landbouw afgezet. Om het eindproduct exportwaardig te maken moet tijdens het composteringsproces gedurende tenminste 60 minuten een temperatuur van 70°C optreden.

Composteren kan op verschillende manieren worden uitgevoerd:

- Intensieve versus extensieve compostering. Bij extensieve of passieve compostering wordt de mest op hopen gestort en één of meerdere keren omgezet. Dit vindt meestal in de open lucht plaats en kan enkele maanden duren voordat de compostering compleet is. Bij intensieve of actieve compostering wordt lucht door de mest geblazen en de mest continu omgezet. Dit zorgt voor een versnelling in het composteringsproces. Intensieve compostering vindt voornamelijk plaats in gesloten ruimtes.
- Aërobe versus anaërobe compostering. Compostering vindt plaats in de aanwezigheid van zuurstof (aërobe compostering) of onder zuurstofloze omstandigheden (anaërobe compostering).

2.10 Drogen en korrelen

Het doel van drogen is het concentreren van mest door water uit de mest te verwijderen. De gedroogde mest wordt daarna tot korrels geperst en gehygiëniseerd. Dit proces is geschikt voor alle droge mestsoorten en dikke mestfracties. Het eindproduct wordt buiten de landbouw afgezet (na hygiënisatie is het eindproduct exportwaardig).

De volgende principes worden toegepast om de mest te drogen:

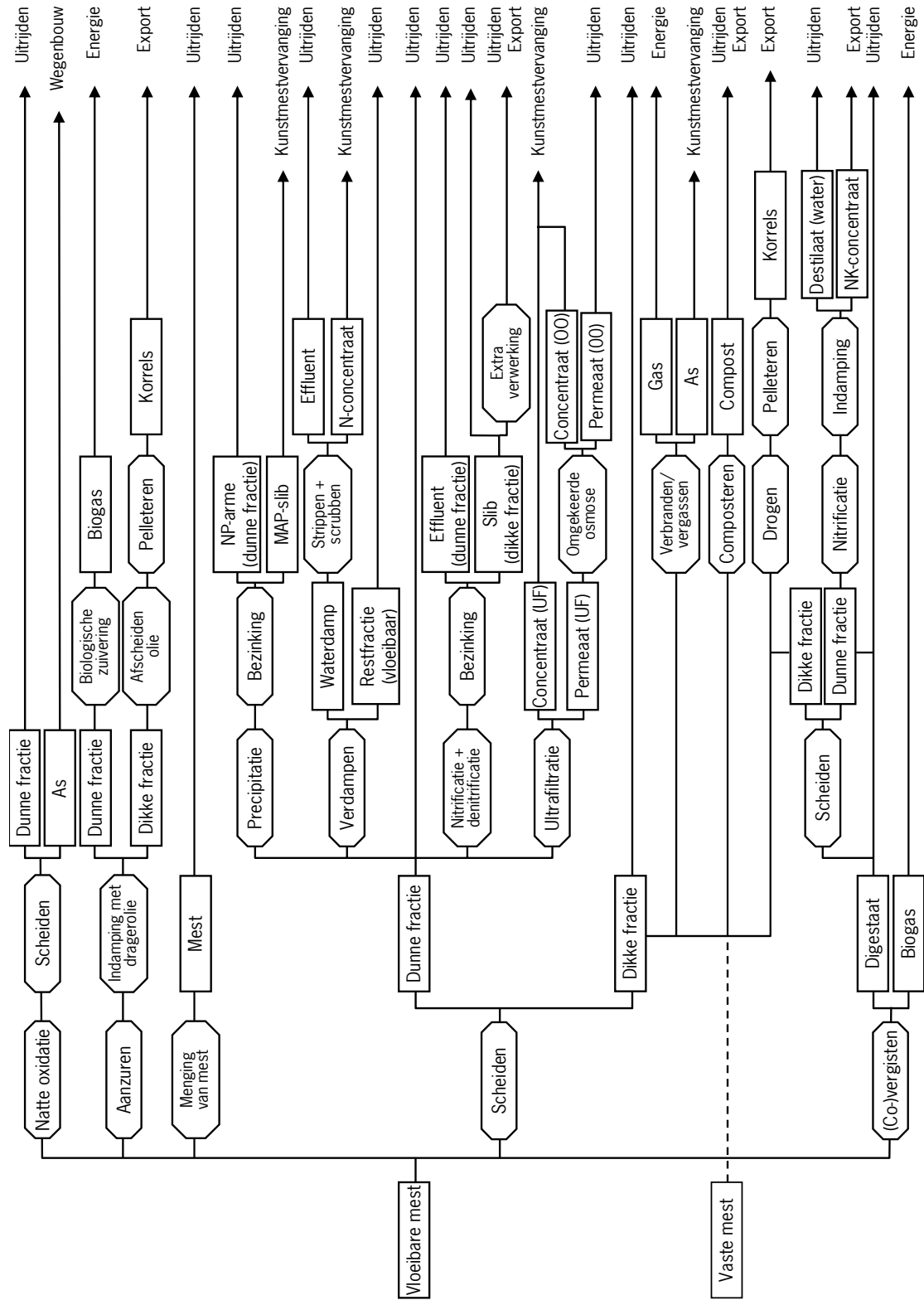
- Droging met stallucht, waardoor een eindproduct geleverd wordt met een drogestof gehalte van ~80%.
- Roterende trommel: met behulp van een gasbrander en een droogtrommel wordt voorgedroogde mest verder gedroogd tot een eindproduct met een drogestofgehalte van ~95%.

2.11 Verbranden/vergassen

Doel van verbranden/vergassen is het winnen van energie en het verwijderen van organische stof en stikstof uit de mest. Voor energiewinning geldt: hoe hoger het drogestof gehalte van de mest, hoe hoger de energiewinning. In het proces van verbranden worden alle stikstofverbindingen omgezet in stikstofgas (N₂). Na verbranding komt as vrij, die als kunstmeststofvervanger zou kunnen worden gebruikt (afzet binnen landbouw). Deze techniek wordt voornamelijk voor pluimveemest toegepast. De dikke fracties (na scheiding) van varkens- en rundveemest kunnen ook worden verbrand, maar leveren economisch gezien door de lagere drogestofgehaltes een lagere energiewinning.

2.12 Mengen met andere meststoffen of toeslagstoffen

Doel van “mengen met andere meststoffen en toeslagstoffen” is, door verschillende mestsoorten met een bepaalde verhouding te mengen of gebruik te maken van toeslagstoffen, een eindproduct te krijgen met de gewenste mestsamenstelling (N:P:K in de gewenste verhouding). De mest wordt niet voorbehandeld, hoewel verwerkte mest (bijvoorbeeld vergiste mest) ook voor dit proces gebruik kan worden. Het eindproduct kan direct op het land uitgereden worden (afzet binnen landbouw).



Figuur 2. Algemeen verwerkingschema.

3. Ammoniakemissies bij het uitrijden van verwerkte mest

In dit hoofdstuk wordt per verwerkingstechniek aangegeven wat de verwachte (of gemeten) samenstelling is van de restproducten van mestverwerking (eindproducten na verwerking van mest). In tabel 2 aan het eind van dit hoofdstuk worden de belangrijkste verschillen in mestsamenstelling tussen de restproducten en de ruwe mest weergegeven. In dit hoofdstuk wordt aangegeven wat de verwachte NH_3 emissie is na uitrijden van restproducten op het land. Wanneer emissiegegevens ontbreken wordt op basis van verschillen in mestsamenstelling een schatting gemaakt van het verwachte effect.

3.1 Mestscheiding

Mestscheiding resulteert in twee eindproducten, een dunne fractie en een dikke fractie. Na scheiding kan de dunne fractie van de mest direct uitgereden worden op het land (met emissiearme toedieningstechnieken), of verder worden behandeld (figuur 2). De dikke fractie wordt binnen of buiten het betreffende bedrijf verder verwerkt of op het land uitgereden (figuur 2). De totale stikstof (N_{tot}) in de mest bestaat uit minerale stikstof (N_{min}) en organische stikstof (N_{org}). De volgende veranderingen in mestsamenstelling worden geconstateerd:

- Kenmerkend van mestscheiding is dat **drogestof, organische stof en fosfaat** zich ophopen in de dikke fractie (Buiter, 2004; Derikx, 1995; Kool *et al.*, 2006; Mattila & Joki-Tokola, 2003; Pain *et al.*, 1990b; Schepers, 1995; Schröder *et al.*, 2007; Have & Schellekens, 1994; Timmerman *et al.*, 2005a; Verlinden, 2005).
- De dunne fractie heeft over het algemeen een lager gehalte aan **totale stikstof** (N_{tot}) t.o.v. de ruwe mest, terwijl de dikke fractie juist een hoger gehalte aan N_{tot} bevat (Buiter, 2004; Derikx, 1995; Mattila & Joki-Tokola, 2003; Pain *et al.*, 1990b; Timmerman *et al.*, 2005a; Verlinden, 2005; Versluis *et al.*, 2005).
- 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 (Buiter, 2004; Derikx, 1995; Kool *et al.*, 2006; Mattila & Joki-Tokola, 2003; Pain *et al.*, 1990b; Schepers, 1995; Schröder *et al.*, 2007; Have & Schellekens, 1994; Timmerman *et al.*, 2005a; Verlinden, 2005; Versluis *et al.*, 2005).
- 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).

Door de lagere gehalten aan N_{tot} en gelijk of lagere gehalten aan N_{min} in de dunne fractie van mest t.o.v. ruwe mest is een gelijke hoeveelheid of minder N beschikbaar voor vervluchtiging. Het lagere drogestofgehalte kan er voor zorgen dat de dunne fractie beter in de grond kan infiltreren t.o.v. ruwe mest. Deze veranderingen in mestsamenstelling kunnen beiden aanleiding geven tot lagere NH_3 emissies 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 niet altijd eenduidig. Door Amon *et al.* (2006) werden (significant) lagere NH_3 emissies gemeten na uitrijden van de dunne fractie van rundveemest t.o.v. onbehandelde mest. Sommer *et al.* (2006) rapporteren ook significant lagere NH_3 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, de NH_3 emissies die gerapporteerd worden in Mattila & Joki-Tokola (2003), na (bovengronds) uitrijden van de dunne fractie en onbehandelde rundveemest, waren vergelijkbaar. Pain *et al.* (1990b) vonden hogere NH_3 emissies na uitrijden op grasland van de dunne fractie van varkensmest t.o.v. onbehandelde mest, hoewel de verschillen niet significant waren. Bij het uitrijden van de vaste fractie kan bij niet onderwerpen alle aanwezige N_{min} vervluchtigen. Indien de dunne en dikke fractie emissiearm worden uitgereden wordt geen effect op de optredende emissie verwacht.

Mestscheiding kan ook de emissies van geur en broeikasgassen (CH_4 en N_2O) na mesttoediening beïnvloeden. Amon *et al.* (2006) vonden hogere CH_4 en N_2O emissies na uitrijden van de dunne fractie van rundveemest t.o.v. de ruwe (onbehandelde) mest. 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.* (1990b) kwamen tot een reductie van 26% in geuremissie na uitrijden op grasland van de dunne fractie van varkensmest t.o.v. onbehandelde mest.

3.2 (Co-)vergisting

Door (co-)vergisting wordt, naast biogas, ook vergiste mest (digestaat) als eindproduct gevormd. Na vergisting kan vergiste mest direct (met emissiearme toedieningstechnieken) uitgereden worden op het land, of verder worden verwerkt (figuur 2). Hieronder worden de belangrijke veranderingen in mestsamenstelling door (co-)vergisting puntsgewijs weergegeven.

- (Co-)Vergisting leidt over het algemeen tot een toename van het gehalte aan **ammoniumstikstof** (N_{min}) in de mest (en een afname van het aandeel van de stikstof die organisch gebonden is, (Norg)) t.o.v. van onvergiste mest (Birkmose, 2000; Bosker & Kool, 2004; Clemens & Huschka, 2001; Clemens *et al.*, 2006; Hansen *et al.*, 2006; Kirchmann & Lundvall, 1998; Kool (2006); Mosquera & Hol, 2007; Sommer & Husted, 1995; Sommer *et al.*, 2004, 2006; Timmerman *et al.*, 2005b; Wulf *et al.*, 2002a,b). Echter, De Boer (2004) vond geen verschil in $\text{NH}_4^+\text{-N}$ tussen vergiste en onvergiste mest en Velthof *et al.* (2002) vonden zowel een toename als een afname in het gehalte aan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ na co-vergisting, afhankelijk van de meevergiste producten.
- Het gehalte aan **totale stikstof** (N_{tot}) blijft in principe gelijk (Birkmose, 2000; Clemens *et al.*, 2006), hoewel zowel een toename (Hansen *et al.*, 2006; Sommer *et al.*, 2004, 2006; Timmerman *et al.*, 2005b; Velthof *et al.*, 2002) als een afname (De Boer, 2004; Kool, 2006; Velthof *et al.*, 2002; Wulf *et al.*, 2002a,b) van het totale stikstofgehalte in de mest na vergisting worden ook gerapporteerd.
- Tijdens het vergistingsproces neemt ook de **pH** toe (De Boer, 2004; Birkmose, 2000; Clemens & Huschka, 2001; Clemens *et al.*, 2006; De Boer, 2004; Hansen *et al.*, 2006; Mosquera & Hol, 2007; Pain *et al.*, 1990a; Rubaek *et al.*, 1996; Sommer & Husted, 1995; Sommer *et al.*, 2004, 2006; Timmerman *et al.*, 2005b; Velthof *et al.*, 2002, Wulf *et al.*, 2002a,b).
- Door vergisting neemt over het algemeen het **drogestofgehalte** af (Birkmose, 2000; Clemens *et al.*, 2006; De Boer, 2004; Hansen *et al.*, 2006; Kool, 2006; Mosquera & Hol, 2007; Pain *et al.*, 1990a; Sommer & Olesen, 1991; Sommer *et al.*, 2004, 2006; Timmerman *et al.*, 2005b; Velthof *et al.*, 2002; Wulf *et al.*, 2002a,b). Echter, Sommer *et al.* (2004) vonden geen verschil in drogestofgehalte tussen vergiste en onvergiste mest, en Clemens & Hutschka (2001) rapporteerden juist een hoger drogestofgehalte na vergisting.

In de literatuur wordt geen eenduidig beeld verkregen over het effect van vergisting op de emissie van NH_3 na mesttoediening. Door de hogere pH en $\text{NH}_4^+\text{-N}$ gehalten in vergiste mest t.o.v. onvergiste mest worden hogere NH_3 emissies verwacht na toediening van vergiste mest t.o.v. onvergiste mest. Maar door het lagere drogestof gehalte (betere infiltratie in de grond) worden juist lagere NH_3 emissies verwacht na uitrijden van vergiste t.o.v. onvergiste mest. In Mosquera & Hol (2007) was bij twee van de drie veldexperimenten de NH_3 emissie na uitrijden (op grasland met een zodenbemester) van vergiste mest hoger dan van gangbare (rundvee) mest. Het derde experiment (met een lagere mestgift) resulteerde in lagere NH_3 emissies na het toedienen van vergiste t.o.v. gangbare mest. Sommer *et al.* (2006) rapporteerden significant hogere NH_3 emissies na uitrijden (bovengronds) van co-vergiste t.o.v. onvergiste varkensmest. Dit werd verklaard door de hogere pH van vergiste mest. Door Amon *et al.* (2006) werden ook (significant) hogere NH_3 emissies gemeten na het uitrijden van vergiste t.o.v. onvergiste rundveemest. Wulf *et al.* (2002a) kwamen ook tot vergelijkbare resultaten bij het uitrijden (met een sleepslangenmachine) van vergiste en onvergiste rundveemest op zowel bouwland als grasland. De verschillen waren hier echter niet significant. Rubaek *et al.* (1996) vonden geen significant verschil in NH_3 emissie tussen co-vergiste (20% reststromen met varkens- en rundveemest) en onvergiste rundveemest bij mestinjectie. Uitrijden van vergiste mest met een sleepslangenmachine gaf gelijke tot lagere NH_3 emissies t.o.v. onvergiste mest. In Clemens *et al.* (2006) werd een hogere NH_3 emissie gemeten na toediening (met een sleepvoetenmachine) van vergiste t.o.v. onvergiste rundermest op grasland, hoewel de verschillen niet significant waren. Pain *et al.* (1990a) vonden voor vergiste mest lagere NH_3 emissies t.o.v.

onvergist mest na (bovengronds) uitrijden van varkensmest op grasland. De verschillen waren hier ook niet significant.

Vergisting kan naast de emissie van NH_3 ook de emissies van broeikasgassen en geur bij het uitrijden van mest op het land beïnvloeden. Uit de (beperkt) beschikbare literatuur blijkt dat de conclusies over het effect van vergisting op de emissies van broeikasgassen na mesttoediening niet consistent zijn. Clemens & Huschka (2001) en Amon *et al.* (2006) vonden een lagere N_2O emissie bij vergiste mest t.o.v. onvergist rundveemest. Wulf *et al.* (2002b) vonden hogere N_2O emissies bij toediening van vergiste t.o.v. onvergist mest op grasland, hoewel de verschillen niet significant waren. Op bouwland werd geen significant verschil gevonden tussen beide mestsoorten. Clemens *et al.* (2006) vonden ook geen significant verschil in N_2O emissie tussen vergiste en onvergist mest bij uitrijden (met een sleepvoetenmachine) op grasland. Wulf *et al.* (2002b) vonden, zowel op grasland als op bouwland, een lagere CH_4 emissie bij uitrijden (met een sleepslangenmachine) van vergiste t.o.v. onvergist rundveemest. Amon *et al.* (2006) rapporteerden hogere CH_4 emissies bij uitrijden van vergiste t.o.v. onvergist rundveemest op grasland. Clemens *et al.* (2006) vonden geen significant verschil in CH_4 emissie tussen vergiste en onvergist rundveemest bij uitrijden (met een sleepvoetenmachine) op grasland.

Pain *et al.* (1990a) kwamen tot een reductie van 70-80% in geuremissie gedurende de eerste 6 uur na toediening van vergiste mest t.o.v. onvergist varkensmest. Hansen *et al.* (2006) vonden een lagere geurconcentratie boven de emitterende oppervlakte (reductie van 17%) na uitrijden van vergiste t.o.v. onvergist varkensmest. Harreveld (1981) rapporteert ook een lagere geurconcentratie voor vergiste mest. Als verklaring voor deze reducties in geurconcentratie of geuremissie wordt aangegeven dat in vergiste mest minder (of geen) gemakkelijk afbreekbare koolstoffen zitten en dat vergiste mest beter in de grond infiltreert (lager drogestofgehalte).

3.3 Beluchten (nitrificatie/denitrificatie)

Eindproducten van het nitrificatie/denitrificatie proces zijn een dunne fractie (effluent; 75-80% van ingaand volume) en een dikke fractie (slib; 20-25% van ingaand volume). Het effluent kan op het land worden uitgereden. De dikke fractie wordt over het algemeen verder verwerkt en buiten de landbouw afgezet (figuur 2). Beluchten van mest leidt tot veranderingen in de samenstelling van de eindproducten t.o.v. de ruwe mest.

Effluent:

- Door de nitrificatie/denitrificatie processen wordt vrijwel alle **ammoniumstikstof** en een groot deel (tot 70%) van de **totale stikstof** in de mest verwijderd, en **organische stof** voor *ca.* 1/3 afgebroken. De gehalten aan fosfaat en stikstof (zowel ammoniumstikstof als totale stikstof) zijn over het algemeen lager t.o.v. de ruwe mest (Kool *et al.*, 2006; Mattila & Joki-Tokola, 2003; Melse & Verdoes, 2005; Pain *et al.*, 1990b; Verlinden, 2005).
- Het effluent bevat ook een lager **drogestofgehalte** (Kool *et al.*, 2006; Mattila & Joki-Tokola, 2003; Melse & Verdoes, 2005; Pain *et al.*, 1990b; Verlinden, 2005) t.o.v. de ruwe mest.
- De **pH** van het effluent is gelijk (Mattila & Joki-Tokola, 2003; Verlinden, 2005) of hoger (Melse & Verdoes, 2005; Pain *et al.*, 1990b) dan in de ruwe mest.

Dikke fractie:

- De dikke fractie bevat een hoger **drogestofgehalte** (Kool *et al.*, 2006; Melse & Verdoes, 2005; Verlinden, 2005)
- De **pH** kan lager (Verlinden, 2005) of hoger (Melse & Verdoes, 2005) zijn t.o.v. de ruwe mest.
- Voor de gehalten aan **totale en minerale stikstof** zijn de resultaten niet consistent. In Kool *et al.* (2006) worden lagere gehalten (t.o.v. de ruwe mest) gerapporteerd, terwijl Melse & Verdoes (2005) en Verlinden (2005) hogere gehalten hebben gemeten.

Aangezien het effluent minder ammoniumstikstof (en totale stikstof) en een lager drogestofgehalte bevat, worden lagere NH_3 emissies verwacht na de toediening van mest die verwerkt is met het nitrificatie/denitrificatie proces, t.o.v. de ruwe mest (minder stikstof beschikbaar voor vervluchtiging na uitrijden en betere infiltratie in de grond).

Echter, in Pain *et al.* (1990b) werden significant hogere NH_3 emissies gerapporteerd na uitrijden op grasland van het effluent na beluchting van de dunne fractie van varkensmest t.o.v. van onbehandelde mest. Dit werd verklaard door de veel hogere pH van verwerkte mest t.o.v. onbehandelde mest. Mattila & Joki-Tokola (2003) vonden geen significante verschillen tussen behandelde en onbehandelde mest na (bovengronds) uitrijden, hoewel emissies na toediening van beluchte mest hoger waren t.o.v. onbehandelde mest.

Er zijn geen studies gevonden met gegevens over de emissies van broeikasgassen (CH_4 en N_2O) na het toedienen van mest verwerkt met deze techniek. Voor geur wordt in Pain *et al.* (1990b) een reductie van 55% in geuremissie gerapporteerd na uitrijden op grasland van verwerkte (effluent na beluchting van de dunne fractie van varkensmest) t.o.v. onbehandelde mest.

3.4 Membraanscheiding (ultrafiltratie + omgekeerde osmose)

Na de processen van ultrafiltratie en omgekeerde osmose worden drie eindproducten gevormd (figuur 2): twee dikke fracties (concentraten) na ultrafiltratie (UF) en omgekeerde osmose (OO), en een dunne fractie (permeaat). Zowel de concentraten als het permeaat bevatten een veel lager drogestofgehalte t.o.v. de ruwe mest. Het permeaat heeft een zeer laag gehalte aan N-totaal en fosfaat en kan op het land uitgereden worden.

Er zijn geen studies gevonden met informatie over de emissies van NH_3 , broeikasgassen (CH_4 , N_2O) en geur na uitrijden van het permeaat (na ultrafiltratie en omgekeerde osmose) t.o.v. ruwe mest. Aangezien de gehalten aan drogestof en stikstof in het permeaat veel lager zijn t.o.v. de ruwe mest is de verwachting dat de emissies na het toedienen van het permeaat op het land lager kunnen zijn t.o.v. onbehandelde mest.

3.5 Natte oxidatie

Bij natte oxidatie worden twee eindproducten gevormd: een dunne fractie, die uitgereden kan worden op het land, en as, die voornamelijk gebruikt wordt voor wegenbouw (figuur 2). Bij dit proces wordt de organische stikstof in de mest vrijwel geheel in ammoniumstikstof omgezet. Daarnaast kan, door oxidatie, ammoniumstikstof omgezet worden in stikstofgas (N_2). Na volledige oxidatie is het gehalte aan ammoniakale en totale stikstof laag, waardoor de verwachting is dat de absolute NH_3 emissies na uitrijden op het land laag zullen zijn. Er zijn geen gegevens gevonden om dit te bevestigen.

3.6 Precipitatie (struviet)

Bij precipitatie worden stikstof en fosfaat uit de mest (dunne fractie na scheiding) verwijderd. Dit resulteert in een NP-arme dunne fractie, en een slib met het grootste deel (~90%) van de stikstof en fosfaat van de oorspronkelijke mest. De NP-arme dunne fractie kan uitgereden worden op het land en het slib kan als kunstmestvervanger worden gebruikt (figuur 2). Na uitrijden van de NP-arme dunne fractie worden lage NH_3 emissies verwacht, aangezien weinig stikstof in de mest aanwezig is. Er zijn geen gegevens gevonden om dit te kunnen bevestigen.

3.7 Scheiding, verdampen, strippen en scrubben

Eindproducten bij "scheiding, verdampen, strippen en scrubben" zijn een vloeibaar NPK-concentraat (restfractie), een waterig effluent, en een N-concentraat (figuur 2). Het N-concentraat bevat zeer hoge gehalten aan N-totaal en ammoniumstikstof, lage fosfaatgehalten, en een drogestofgehalte dat vergelijkbaar is met dat van de oorspronkelijke mest (Melse & Verdoes, 2005). Het N-concentraat kan als kunstmestvervanger worden gebruikt. Het waterig effluent bevat zeer lage gehalten aan drogestof, fosfaat, N-totaal en ammoniumstikstof (Melse & Verdoes, 2005), en kan op het land uitgereden worden. De verwachting is dat, door de zeer lage gehalten aan totale en

ammoniakale stikstof, de NH_3 emissies na uitrijden van het effluent op het land laag zullen zijn. Er zijn geen gegevens gevonden om dit te bevestigen. De vloeibare restfractie bevat een hoog gehalte aan drogestof, een laag gehalte aan ammoniumstikstof, en vergelijkbare gehalten aan fosfaat en N-totaal t.o.v. de oorspronkelijke mest (Melse & Verdoes, 2005). De restfractie kan binnen en buiten de landbouw (in het binnenland) als mest worden afgezet. Door het lage gehalte aan ammoniumstikstof worden lage NH_3 emissies verwacht na het toedienen van de restfractie op het land. Er zijn geen gegevens gevonden om dit te bevestigen.

3.8 Aanzuren, indampen met dragerolie en korrelen

Bij “aanzuren, indampen met dragerolie en korrelen” worden twee eindproducten geproduceerd: biogas, die gebruikt kan worden voor energie, en mestkorrels die na hygiëniseren geëxporteerd kunnen worden (figuur 2). Deze producten worden dus niet binnen de Nederlandse landbouw afgezet.

3.9 Composteren van mest

Bij composteren wordt compost als eindproduct gevormd, dat zowel binnen als buiten de landbouw afgezet kan worden (figuur 2). De samenstelling van de compost hangt sterk af van de mestsoort, de voorbehandeling, eventuele toevoegingen en de wijze van composteren.

- Bij compostering neemt over het algemeen het **drogestofgehalte** toe (Fukumoto *et al.*, 2003; Rudrum, 2005; Szanto *et al.*, 2007). Echter, Rao *et al.* (2007) en Van Dooren *et al.* (2005) vonden geen significant verschil tussen het drogestofgehalte van het compost en de ruwe mest vóór compostering. Thorman *et al.* (2007) vonden zelfs een lager drogestofgehalte bij het compost t.o.v. de oorspronkelijke mest.
- Het compost bevat een lager gehalte aan **ammoniumstikstof** (Eghball & Power, 1999; Fukumoto *et al.*, 2003; Larney *et al.*, 2006; Rudrum, 2005; Szanto *et al.*, 2007, Thorman *et al.*, 2007; Van Dooren *et al.*, 2005).
- De beschikbare literatuurgegevens laten geen eenduidig beeld zien van de verwachte gehalte aan **N-totaal** en **pH**. Eghball & Power (1999), Larney *et al.* (2006), Rao *et al.* (2007), Szanto *et al.* (2007) en Thorman *et al.* (2007) vonden een lager **N-totaal** na compostering, terwijl Fukumoto *et al.* (2003), Rudrum (2005) en Van Dooren *et al.* (2005) juist een hoger N-totaal gemeten hebben.
- In Rudrum (2005) en Thorman *et al.* (2007) werd een hogere **pH** gemeten na composteren, Szanto *et al.* (2007) vonden geen verschil in pH tussen de compost en de ruwe mest en Fukumoto *et al.* (2003) en Thorman *et al.* (2007) rapporteren een hogere pH na composteren.

Uit de beschikbare literatuurstudies blijkt dat de NH_3 emissie na toediening van gecomposteerde mest als verwaarloosbaar wordt beschouwd (Basset-Mens *et al.*, 2007; Godden & Penninckx, 1997; Peigné & Girardin, 2004). Bij het composteren kunnen echter ongewenste emissies optreden van NH_3 , broeikasgassen (N_2O en CH_4) en geur. Stikstofemissie kan optreden in de vorm van NH_3 , N_2O en N_2 . Bij intensieve compostering (in een afgesloten ruimte) kunnen deze emissies naar het milieu worden voorkomen door de lucht met een chemische wasser te behandelen.

3.10 Drogen en korrelen (export)

Bij drogen en korrelen worden mestkorrels als eindproduct geproduceerd (figuur 2). Mestkorrels hebben een hoog drogestofgehalte (>90%), en worden buiten de landbouw afgezet of (mits gehygiëniseerd) geëxporteerd. Bij deze techniek worden dus geen producten gevormd die binnen de Nederlandse landbouw uitgereden zullen worden.

3.11 Verbranden/vergassen

Bij verbranden/vergassen worden gas en as als eindproducten gevormd (figuur 2). Het gas wordt gebruikt als energiebron en de as kan als kunstmestvervanger worden gebruikt. Bij verbranding wordt stikstof eerst omgezet in NO_x en daarna in N_2 , waardoor geen of in ieder geval zeer lage emissies worden verwacht na toediening. Er zijn geen gegevens gevonden om dit te kunnen bevestigen.

3.12 Mengen met andere meststoffen of toeslagstoffen

Door het mengen van verschillende mestsoorten of het toevoegen van toeslagstoffen in een bepaalde verhouding wordt als eindproduct mest met de gewenste mestsamenstelling verkregen (figuur 2). De samenstelling van het eindproduct (en daardoor de verwachte emissie na uitrijden van dit product op het land) hangt sterk af van de gebruikte meststoffen.

Tabel 2. Mestsamenstelling eindproducten na verwerking t.o.v. de oorspronkelijke mest.

Techniek	Eindproducten	N-totaal	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	Drogestof	pH	Organische stof
Scheiden	Dunne fractie	Lager	Gelijk/Lager	Lager	Variabel	Lager
	Dikke fractie	Hoger	Gelijk/Hoger	Hoger	Variabel	Hoger
(Co-)Vergisten	Digestaat	Variabel	Hoger	Lager	Hoger	Lager
Beluchten (nitrificatie/denitrificatie)	Effluent	Lager	Lager	Lager	Gelijk/Hoger	Lager
	Slib	Variabel	Variabel	Hoger	Variabel	Hoger
Ultrafiltratie+omgekeerde osmose	Concentraat (UF)			Lager		
	Concentraat (OO)			Lager		
	Permeaat	Lager	Lager	Lager		Lager
Natte oxidatie	Dunne fractie	Lager	Lager			
	As	Hoger	Hoger			
Precipitatie (struviet)	Dunne fractie	Lager	Lager			
	Slib	Hoger	Hoger			
Scheiding, verdampen, strippen en scrubben	N-concentraat	Hoger	Hoger	Gelijk	Hoger	
	Restfractie	Gelijk	Lager	Hoger	Hoger	
	Effluent	Lager	Lager	Lager	Hoger	
Aanzuren, indampen met dragerolie en korrelen	Mestkorrels	Hoger		Hoger		
Composteren	Compost	Variabel	Lager	Gelijk/Hoger	Variabel	Gelijk/Hoger
Drogen en korrelen	Mestkorrels	Hoger		Hoger		
Verbranden/vergassen	As					
Mengen met andere meststoffen of toeslagstoffen	Meststof	Variabel	Variabel	Variabel	Variabel	Variabel

4. Discussie, conclusies en aanbevelingen

Voor de ammoniakemissie is het belangrijk te weten wat de mest samenstelling is op het moment van mest uitrijden. Voor de ammoniakemissie bij uitrijden wordt veelal uitgegaan van de beschikbare ammoniakale (vervluchtigbare) stikstof in de mest (TAN); de emissie wordt uitgedrukt als percentage van de hoeveelheid uitgereden vervluchtigbare stikstof. Dit percentage wordt vaak gebruikt om de verwachte emissie te berekenen bij een gewijzigde mest samenstelling, tenzij andere informatie, zoals gemeten emissies aan restproducten beschikbaar zijn.

Naast de mest samenstelling is natuurlijk de hoeveelheid restproduct van belang voor de totale (absolute) NH_3 emissie. Zo leidt mestscheiding tot een andere mest samenstelling van de gevormde producten ten opzichte van de ruwe mest. Indien beide producten worden uitgereden verandert de totale vracht (potentieel vervluchtigbare N) niet. Bij een aantal mestverwerkingproducten (zoals bij beluchten) verandert de totale vracht wel (vervluchtigbare N omgezet in N_2) en zal de NH_3 emissie afnemen. Bij (co-)vergisten vergroot de vracht (meer TAN) en bij composteren wordt (i.h.a.) de vracht verlaagd.

Een belangrijke conclusie van deze studie is het constateren dat er weinig onderzoeken beschikbaar zijn met gegevens over de NH_3 emissie die optreedt na uitrijden van restproducten van mestverwerking. Bij uitrijden van restproducten van mestverwerking zijn de veranderingen in mest samenstelling (vooral het drogestofgehalte, pH, en de gehalten aan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ en totaal-N) van groot belang om de verwachte NH_3 -emissie na toediening te bepalen. Over de processen mestscheiding en vergisting is wel meer onderzoek beschikbaar. Uit de literatuur blijkt dat de effecten op de mest samenstelling en ammoniakemissie die hierbij verwacht worden soms tegenover elkaar staan.

Zo leidt vergisting over het algemeen tot een toename van het gehalte aan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ en de pH van het eindproduct (digestaat of vergiste mest) t.o.v. de oorspronkelijke mest. Dit verhoogt de kans op NH_3 emissies na uitrijden. Echter, vergiste mest bevat een lager drogestofgehalte, waardoor de mest beter in de grond kan infiltreren. Dit heeft als gevolg een lagere kans op NH_3 vervluchtiging na toediening. Welke van deze twee effecten overheerst is niet altijd duidelijk, en zal waarschijnlijk afhankelijk zijn van andere factoren. Uit de literatuur blijkt dat de mest samenstelling soms niet tot nauwelijks veranderd is na vergisting en de ammoniakemissie na uitrijden van vergiste mest hoger, vergelijkbaar of lager kan zijn dan bij onvergiste mest. Bij mestscheiding wordt niet eenduidig een verwachte lagere emissie bij uitrijden van de dunne fractie gevonden.

Huijsmans (2003) toont aan dat naast de mest samenstelling ook de bodem- en weersomstandigheden, bodembedekking (gewas) en de mesttoedieningstechniek mede de hoogte van de ammoniakemissie bepalen bij het uitrijden van mest. Deze factoren zouden meegenomen moeten worden bij de bepaling van de ammoniakemissie na het uitrijden van mestverwerkingsproducten.

Veelal wordt na een mestbewerking gekeken naar de optredende emissie bij het uitrijden van een van de mestproducten. Nevenproducten worden soms ook uitgereden en de daarbij optredende emissie zou meegenomen moeten worden bij de beoordeling van de emissies bij of na een mestbewerking. Een aandachtspunt is bovendien dat niet alleen bij uitrijden, maar ook tijdens het verwerkingsproces, ongewenste emissies van niet alleen NH_3 , maar ook broeikasgassen (N_2O en CH_4) en geur kunnen optreden. Om de milieuvoordelen en -nadelen van een bepaalde verwerkingstechniek te bepalen is het dus van belang om naast NH_3 ook andere componenten te meten (N_2O , CH_4 , geur, stof), en naast de emissies bij uitrijden ook de emissies tijdens het verwerkingsproces te bepalen.

Literatuur

- Amon, B., V. Kryvoruchko, T. Amon & 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.
- Basset-Mens, C., H.M.G. van der Werf, P. Robin, Th. Morvan, M. Hassouna, J.M. Paillat & F. Vertès (2007).
Methods and data for the environmental inventory of contrasting pig production systems. *Journal of Cleaner Production* 15, 1395-1405.
- Birkmose, T. (2000).
Centralised biogas plants; a contribution to sustainable agriculture. The Danish Agricultural Advisory Centre, Skejby, Denmark.
- Bosker, T. & A. Kool (2004).
Emissies bij uitrijden van vergiste mest. Centrum voor Landbouw en Milieu, Culemborg.
- Buiter, W.J. (2004). Scheiding van biologische varkensmest met een decanteercentrifuge. ZLTO-Advies.
- Clemens, J. & A. Huschka (2001).
The effect of biological oxygen demand of cattle slurry and soil moisture on nitrous oxide emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59, 193-198.
- Clemens, J., M. Trimborn, P. Weiland & B. Amon (2006).
Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112 (2-3), 171-177.
- De Boer, H.C. (2004).
Stikstoflevering uit onvergist en vergist rundermest na zodebemesting van grasland op zware zeelei. Praktijkrapport Rundvee 51, Praktijkonderzoek Animal Sciences Group van Wageningen UR.
- Derikx, P.J.L. (1995).
Technische haalbaarheid van centrale verwerking van rundermengmest. IMAG-DLO rapport 95-22.
- Eghball, B. & J.F. Power (1999).
Composted and noncomposted manure application to conventional and no-tillage systems: corn yield and nitrogen uptake. *Agron. J.* 91, 819-825.
- Fukumoto, Y., T. Osada, D. Hanajima & K. Haga (2003).
Patterns and quantities of NH₃, N₂O and CH₄ emissions during swine manure composting without forced aeration. Effect of compost pile scale. *Bioresource Technology* 89, 109-114.
- Godden, B. & M. Penninckx (1997).
Management of farmyard manure composting is important to maintain sustainability in organic farming. In "Proceedings of Resource use in organic farming, the third ENOF workshop" (eds. J. Isart & J.J. Llerena), pp. 225-232. Ancona, 5-6 June 1997.
- 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.
- Harreveld, A.P.H. van (1981).
De geuremissie tijdens en na het verspreiden van varkensmest. IMAG Rapport 37.
- 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.
- Huijsmans, J.F.M. (2003).
Manure application and ammonia volatilization. PhD Thesis, Wageningen University.
- Huijsmans, J.F.M., J. Mosquera & J.M.G. Hol (2007).
Ammoniakemissies bij het uitrijden van vaste mest. PRI Rapport 155.
- Kirchmann, H. & A. Lundvall (1998).
Treatment of solid animal manures: identification of low NH₃ emission practices. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51, 65-71.

- Kool, A. (2006).
Co-vergisting De Marke. CLM rapport 636.
- Kool, A., A.H.J. van der Putten & F.C. van der Schans (2006).
Mestverwerking in Wintelre. De plussen en minnen. www.duurzamewatersystemen.info.
- Larney, F.J., K.E. Buckley, X. Hao & W.P. McCaughey (2006).
Fresh, stockpiled, and composted beef cattle feedlot manure: nutrient levels and mass balance estimates in Alberta and Manitoba. *J. Environ. Qual.* 35, 1844-1854.
- 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.
- Melse, R.W. & N. Verdoes (2005).
Evaluation of four farm-scale systems for the treatment of liquid pig manure. *Biosystems Engineering* 92 (1), 47-57.
- Melse, R.W., F.E. de Buissonjé, N. Verdoes & H.C. Willers (2004).
Quick scan van be- en verwerkingstechnieken voor dierlijke mest. Rapport opdrachtgever 1390938000.
- MNP (2005).
Milieucompendium 2005: Milieu en Natuur in cijfers.
- Mosquera, J. & J.M.G. Hol (2007).
Gasvormige emissies na toediening van vergiste mest op grasland. ASG Rapport 42.
- Pain, B.F., T.H. Misselbrook, C.R. Clarkson & Y.J. Rees (1990a).
Odor and ammonia emissions following the spreading of anaerobically-digested pig slurry on grassland. *Biological Wastes* 34, 259-267.
- Pain, B.F., V.R. Phillips, C.R. Clarkson, T.H. Misselbrook, Y.J. Rees & J.W. Farrent (1990b).
Odor and ammonia emissions following the spreading of aerobically-treated pig slurry on grassland. *Biological Wastes* 34, 149-160.
- Peigné, J. & P. Girardin (2004).
Environmental impacts of farm-scale composting practices. *Water, Air, and Soil Pollution* 153, 45-68.
- Rao, J.R., M. Watabe, T. A. Stewart, B.C. Millar & J.E. Moore (2007).
Pelleted organo-mineral fertilisers from composted pig slurry solids, animal wastes and spent mushroom compost for amenity grasslands. *Waste Management* 27, 1117-1128.
- Rubaek, G.H., K. Henriksen, J. Petersen, B. Rasmussen & S.G. Sommer (1996).
Effects of application technique and anaerobic digestion on gaseous nitrogen loss from animal slurry applied to ryegrass (*Lolium perenne*). *Journal of Agricultural Science* 126, 481-492.
- Rudrum, D. (2005).
Innovations in composting pig manure. Proefschrift, Wageningen Universiteit.
- 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. & S. Husted (1995).
The chemical buffer system in raw and digested animal slurry. *Journal of Agricultural Science* 124, 45-53.
- Sommer, S.G. & J.E. Olesen (1991).
Effects of dry matter content and temperature on ammonia loss from surface-applied cattle slurry. *Journal of Environmental Quality* 20, 679-683.
- Sommer, S.G., M.N. Hansen & H.T. Søggaard (2004).
Infiltration of slurry and ammonia volatilization. *Biosystems Engineering* 88(3), 359-367.
- Sommer, S.G., L.S. Jensen, S.B. Clausen & H.T. Søggaard (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.
- Szanto, G.L., H.V.M. Hamelers, W.H. Rulkens & A.H.M. Veeken (2007).
NH₃, N₂O and CH₄ emissions during passively aerated composting of straw-rich pig manure. *Bioresource Technology* 98, 2659-2670.

- Thorman, R.E., D.R. Chadwick, R. Harrison, L.O. Boyles & R. Matthews (2007).
The effect on N₂O emissions of storage conditions and rapid incorporation of pig and cattle farmyard manure into tillage land. *Biosystems Engineering* (in press).
- Timmerman, M., P.J.P.W. Claessen & A.J.J. Bosma (2005a).
Scheiding van varkensmest d.m.v. TowerFilter en WEDA-vijzelpers. *Praktijkrapport Varkens* 41.
- Timmerman, M., H.J.C. van Dooren & G. Biewenga (2005b).
Mestvergisting op boerderijschaal. *Praktijkrapport Varkens* 42.
- Van Dooren, H.J.C., M.C. Hanegraaf & K. Blanken (2005).
Emissies en compostkwaliteit bij compostering van rundermest. *Praktijkrapport Rundvee* 68.
- Velthof, G.L., J. Dolfing, G.J. Kasper, J.W. van Groeningen, W.J.M. de Groot, A. van den Pol- van Dasselaar & P.J. Kuikman (2002).
Beperkingen van lachgasemissie uit bemeste landbouwgronden. *Eindrapport voor Reductie Overige Broeikasgassen Landbouw Cluster 1, Alterra, Wageningen*.
- Verlinden, G. (2005).
Valorisatie van resteffluenten afkomstig van de mestverwerking. Deel 2: chemische samenstelling van de resteffluenten. *Rapport P/00/012*.
- Versluis, H.P., S. Radersma & W. van Dijk (2005).
Ondersteuning duurzame mestbe- en verwerkingsproducten. *Werkingscoëfficiënten. PPO rapport 500024*.
- Wulf, S., M. Maeting & J. Clemens (2002a).
Application technique and slurry co-fermentation effects on ammonia, nitrous oxide and methane emissions after spreading. I. Ammonia volatilization. *Journal of Environmental Quality* 31, 1789-1794.
- Wulf, S., M. Maeting & J. Clemens (2002b).
Application technique and slurry co-fermentation effects on ammonia, nitrous oxide and methane emissions after spreading. II. Greenhouse gas emissions. *Journal of Environmental Quality* 31, 1795-1801.