



ALTERRA

WAGENINGEN UR



# Afzetmogelijkheden van de dunne fractie van varkensdrijfmest na mestscheiding

Alterra-rapport 2331  
ISSN 1566-7197

O.F. Schoumans, P.A.I. Ehlert, W.H. Rulkens en O. Oenema



---

Afzetmogelijkheden van de dunne fractie  
van varkensdrijfmest na mestscheiding

---

---

---

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het programma Mest van bedreiging naar kans.  
Beleidsondersteunend onderzoek Ministerie van EL&I projectcode: BO-12.12-003-003

---

---

# Afzetmogelijkheden van de dunne fractie van varkensdrijfmest na mestscheiding

O.F. Schoumans, P.A.I. Ehlert, W.H. Rulkens en O. Oenema

**Alterra-rapport 2331**

Alterra, onderdeel van Wageningen UR  
Wageningen, 2012

---

## Referaat

Schoumans, O.F., P.A.I. Ehlert, W.H. Rulkens en O. Oenema, 2012. *Afzetmogelijkheden van de dunne fractie van varkensdrijfmest na mestscheiding*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2331. 78 blz.; 5 fig.; 14 tab.; 31 ref.

De Nederlandse landbouw heeft een mineralenoverschot in de vorm van dierlijke mest, dat gelet op de inzet van het huidige kabinet hoogstwaarschijnlijk nog zal toenemen. Verwerking van mest wordt gezien als één van de opties om dit overschot te reduceren. Aan de hand van drie scenario's is nagegaan welke mogelijkheden er zijn voor de plaatsing van verschillende dunne mestfracties in de akkerbouw als uitgegaan wordt van de gebruiksnormen voor 2013. Ook is nagegaan welke opties er zijn om de mineralen uit deze dunne mestfracties terug te winnen om via een RWZI lozing op het oppervlaktewater mogelijk te maken. Hierbij wordt naar maximale synergie gezocht tussen mestverwerking en de zuiveringstechnieken op de RWZI. De plaatsingsmogelijkheden voor dunne mest in de akkerbouw zijn beperkt aanwezig. Er zijn mogelijkheden om mineralen uit dunne mestfracties terug te winnen en op onderdelen is synergie te bereiken met RWZI's, echter de praktijkervaringen zijn zeer gering en het verdient aanbeveling om deze nader in de praktijk te verkennen.

Trefwoorden: mest, mestverwerking, dunne mestfractie, plaatsingsmogelijkheden, RWZI

ISSN 1566-7197

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

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

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

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

**Alterra-rapport 2331**  
Wageningen, juni 2012

# Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1	13
1.1	13
1.2	15
1.3	15
2	17
2.1	17
2.2	18
2.3	19
2.4	21
2.5	24
3	27
3.1	27
3.1.1	27
3.1.2	28
3.1.3	29
3.2	30
3.2.1	30
3.2.2	32
3.2.3	33
3.2.4	33
4	35
5	39
Literatuur	41
Bijlage 1 Opties voor NH <sub>3</sub> -verwijdering uit dunne mestvloeistof (niet met RO)	43
Bijlage 2 Procentuele werkzame stikstofgift en absolute fosfaatgift bij gebruik als resp. fosfaatmeststof of stikstofmeststof, gegeven de wettelijke gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013	51
Bijlage 3 Geschiktheid van de dunne (mest)fractie als fosfaatmeststof of stikstofmeststof gegeven de wettelijke gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013	53
Bijlage 4 Overall geschiktheid van de dunne (mest)fractie als enkelvoudige P- of N-meststof, gegeven de wettelijke gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013	55

Bijlage 5 Optimale hoeveelheid varkensdrijfmest en dunne (mest)fractie gegeven de wettelijke gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013	57
Bijlage 6 Werkzame stikstofgift en fosfaatgift bij gebruik varkensdrijfmest en dunne (mest)fracties (optimale verhouding) gegeven de wettelijke gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013	59
Bijlage 7 Optimale hoeveelheid varkensdrijfmest en maximaal 10 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per ha aan dunne (mest)fractie binnen de wettelijke toegestane gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013	61
Bijlage 8 Werkzame stikstofgift en fosfaatgift bij gebruik varkensdrijfmest en maximaal 10 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per ha aan dunne (mest)fracties gegeven de wettelijke toegestane gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013	63
Bijlage 9 Onderbouwing kostencalculaties verwerking dunne fractie door struvietvorming	65
Bijlage 10 Opties voor mestverwerking op RWZI's	69



# Woord vooraf

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) is nagegaan welke mogelijkheden er zijn voor de afzet en verwerking van de dunne mestfractie uit varkensdrijfmest. Voor de dikke fractie varkensdrijfmest lijken er tal van nieuwe toepassingsmogelijkheden, echter de resterende waterige dunne mestfractie wordt beschouwd als een product van weinig waarde. Toch dient deze dunne mestfractie een toepassing te krijgen, omdat het negeren van deze fractie belemmerend kan werken bij het wegwerken van het Nederlandse mineralenoverschot in de landbouw. De mogelijkheden voor de afzet van deze mestfractie in de akkerbouw en de verwerkingsmogelijkheden tot loosbaar effluent op oppervlaktewater staan in deze studie centraal. De studie is in april 2011 gestart en begin 2012 afgerond.

De auteurs



# Samenvatting

De Nederlandse landbouw heeft een mineralenoverschot in de vorm van dierlijke mest, dat gelet op de inzet van het huidige kabinet (Mestbrief van het Kabinet aan de Tweede Kamer d.d. 28 september 2011; Kamerstuk no. 33037 nr. 1) hoogstwaarschijnlijk nog zal toenemen. Het knelpunt wordt vooral veroorzaakt door varkensdrijfmest, omdat de meeste bedrijven met varkens weinig land hebben waardoor mest afgevoerd moet worden, terwijl de afzet en transport naar elders relatief duur is door het lage drogestofgehalte. Daarom is er veel belangstelling om de mest te scheiden in een zogenoemde dikke fractie met een relatief hoog drogestofgehalte en een zogenoemde dunne fractie met weinig drogestof.

De dikke fractie van dierlijke mest heeft een relatief hoge waarde (energie, organische stof, fosfaat) en kan daardoor relatief eenvoudig worden afgezet (Schoumans et al., 2011). Echter de resterende dunne mestfractie dient ook afgezet of verwerkt te worden; het negeren van deze fractie kan belemmerend werken bij het wegwerken van het mineralenoverschot. Bij een fosfaatoverschot van 20 tot 40 miljoen kg fosfaat ( $P_2O_5$ ) vraagt voor de afzet van 20 m<sup>3</sup> dunne mestfractie per ha per jaar respectievelijk 37 à 75% van het beschikbare areaal akkerbouwland (540.000 ha) Of dit in de praktijk realiseerbaar is, is de vraag.

In deze studie is nagegaan welke perspectieven er zijn voor de afzet van verschillende typen dunne fractie van gescheiden en verwerkte varkensdrijfmest op akkerbouwland, uitgaande van de voor 2013 geldende gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat voor de verschillende akkerbouwgewassen en rekening houdend met de fosfaattoestand van de bodem. Ook is nagegaan welke kosten er verbonden zijn aan de scheiding en verwerking van de verschillende typen dunne mestfracties verkregen via drie *low-tech* en vijf *high-tech* scheidingstechnieken, waarvan twee met omgekeerde osmose. Daarnaast werd zeugengier bij de studie betrokken. Het gaat hier om een oriënterende studie om de afzetmogelijkheden van zeugengier en de dunne fractie van varkensdrijfmest weer te geven.

In deze studie zijn drie scenario's om aan de gebruiksnormen in 2013 te voldoen onderzocht:

1. bemesting met uitsluitend dunne (mest)fracties;
2. best passende combinatie van bemesting met varkensdrijfmest en een dunne (mest)fractie;
3. bemesting met varkensdrijfmest en een dunne mestfractie uitgaande van een plaatsingsruimte voor de dunne mestfractie ter grootte van 10 kg  $P_2O_5$  per ha akkerbouwland.

Het eerste scenario heeft als uitgangspunt dat transport en verwerking van de dunne mestfractie voorkomen moet worden en dat deze fractie zo veel mogelijk (in de directe omgeving) in de akkerbouw afgezet moet worden. Nagegaan is bij welke gewassen dit mogelijk is en welk areaal potentieel beschikbaar is. Het tweede scenario veronderstelt dat de akkerbouwer de gewassen wil bemesten met uitsluitend varkensdrijfmest en een dunne mestfractie om zo aan de gebruiksnormen in 2013 te voldoen. Bepaald wordt welke combinatie van varkensmest en dunne fractie kan beantwoorden aan gebruiksnormen voor verschillende gewas en grondsoort-combinaties en door rekening te houden met de fosfaattoestand van de bodem. Het derde scenario berust op de huidige praktijk in de akkerbouw waarbij dierlijke mest wordt gebruikt als basisbemesting die vervolgens aangevuld wordt met andere meststoffen. Onderzocht werd of dunne fracties of zeugengier perspectieven hebben om gebruikt te worden bij deze bijbemesting onder de aanname dat er op dit moment een resterende fosfaatplaatsingsruimte in de akkerbouw is van max. 10 kg  $P_2O_5$  per ha.

De *low-tech* mestscheidingstechnieken (centrifuge) lijken het beste perspectief te bieden voor plaatsing in de akkerbouw bij waarbij uitsluitend dunne mestfracties worden gebruikt voor bemesting om te voldoen aan de

stikstof- of fosfaatgebruiksnorm (scenario 1). Hiervoor is naar raming ca. 125.000 ha akkerbouwland nodig, maar om dunne fracties als enige meststof voor het voldoen aan stikstof- of fosfaatgebruiksnormen aan te wenden moeten vooral bij gronden met lagere fosfaattoestanden of gewassen met een hoge stikstofgebruiksnorm grote hoeveelheden aangewend worden. Hierdoor is structuurbederf van de bodem niet uit te sluiten. Voorkomen van structuurbederf van de bodem vraagt beheersing van maximaal toe te dienen volumina. Het perspectief voor plaatsing van dunne fracties als enige meststof is daardoor beperkt. Bij het tweede en derde scenario is daarom ook rekening gehouden met het gegeven dat de hoeveelheden drijfmest, die toegepast kunnen worden, aan praktische grenzen gebonden zijn om structure schade te voorkomen.

Als geprobeerd wordt de (gewas-specifieke) gebruiksnormen op te vullen met basisbemesting van varkensdrijfmest en een bijmesting met een dunne mestfractie (best passende combinatie), waarbij ook rekening gehouden wordt met maximale dierlijke mestgiften om structuurbederf te voorkomen (Scenario 2), dan is er weinig perspectief voor dunne mestfracties afkomstig van *low-tech* mestscheidingstechnieken. Alleen met mineralenconcentraten lijkt ca. 150.000 ha akkerbouwland potentieel bereikbaar. Als verondersteld wordt dat er 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha aan ruimte resteert voor gebruik van dunne (mest)fracties in de akkerbouw (scenario 3), kan ca. 425.000 ha bereikt worden van met zeugengier of dunne mestfracties afkomstig van *low-tech* mestscheiding (vijzelpers of centrifuge) of ca. 150.000 ha als mineralenconcentraten als dunne fractie wordt aangewend.

Het nadeel van *low-tech* mestscheiding is dat de samenstelling van de dunne mestfractie sterk kan variëren waardoor de acceptatie door akkerbouwers in de praktijk niet maximaal zal zijn. Ook is de vraag of in de mestoverschotgebieden genoeg akkerbouwareaal is om de dunne mestfractie af te zetten, zodat niet alsnog de dunne mest over grote afstanden getransporteerd moet worden. Daarom is nagegaan of er mogelijkheden zijn om de dunne mestfracties op een andere manier bruikbaar in te zetten. Onderzocht is of door mineralen te winnen uit dunne mestfracties en vervolgens lokaal het restproduct te lozen op het oppervlaktewater via een RWZI perspectief biedt.

De dunne fracties van *low-tech* scheiding van varkensdrijfmest hebben nog relatief hoge gehalten aan organische stof en ammoniumstikstof waardoor de totale kosten voor de scheiding en rechtstreekse lozing op de RWZI hoog zijn, namelijk 25-41 €/ton varkensdrijfmest. High-tech scheidingstechnieken zijn nodig om tot een schonere dunne mestfractie te komen, waardoor de kosten van zuivering bij de RWZI lager zijn. Hiervoor zijn verschillende technieken voorhanden, maar nog niet in de praktijk getest. Verder is nagegaan waar mogelijke synergie aanwezig is om mineralen te verwijderen of terug te winnen bij gecombineerde verwerking van mest en rioolwater. Geschat wordt dat aan de verwerking tot een organische stofarme en stikstofarme dunne mestfractie € 10 - 25 per ton kosten verbonden zijn. Of de varianten met de laagste kosten inderdaad uit kunnen, vraagt nadere aandacht. De Unie van Waterschappen heeft positief gereageerd om de mogelijkheden van een kosten-effectieve zuivering van de dunne mestfractie op een RWZI, gericht op het terugwinnen van waardevolle componenten, gezamenlijk te onderzoeken.

Op grond van deze studie worden een aantal aanbevelingen gegeven.

- De studie van Schoumans et. al. (2011) schets duidelijke perspectieven voor verwerking van de dikke fractie door mestscheiding van varkensdrijfmest. De dunne fractie die overblijft moet zoveel mogelijk als N- en K-bron in de directe omgeving worden afgezet.
- Door aanwending van varkensdrijfmest als basisbemesting en dunne mestfracties als bijbemesting kan ingespeeld worden op de gestelde gewas-specifieke gebruiksnormen. Ook via menging van onbewerkte varkensdrijfmest met dunne mestfracties kan afgestemd worden op de gebruiksnormen als een eenmalige bemestingsgift nagestreefd wordt. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat samenstellingen van varkensdrijfmest en dunne mestfractie goed en snel vastgesteld kunnen worden om een mismatch te voorkomen. Hierdoor kan naar onze verwachting een groter areaal akkerlandgrond buiten de mestconcentratiegebieden bereikt worden.

- In samenwerking met waterschappen en hoogheemraadschappen wordt nagegaan hoe met een voorzuiveringsunit gekoppeld aan een RWZI organische stof, ammonium en fosfaat teruggewonnen kunnen worden uit dunne mestfracties. Het uiteindelijk restproduct kan via het zuiveringsproces van de RWZI geloosd worden op het oppervlaktewater. Dit vraagt nader onderzoek van verschillende beschikbare technieken, die in dit rapport beschreven zijn, tezamen met verwerkingskosten om zo tot een procedure te komen met een zo laag mogelijke kostprijs.



# 1 Introductie

## 1.1 Aanleiding

Door de intensivering van de landbouw, vooral na de tweede wereldoorlog, is de landbouwproductie in Nederland sterk gestegen. Tegelijkertijd zijn ook de overschotten aan stikstof en fosfaat ( $P_2O_5$ ) gestegen, en die stijging heeft geleid tot een forse toename van de verliezen aan stikstof en fosfaat uit de landbouw naar het milieu met als gevolg een afname van de water- en luchtkwaliteit (PBL, 2009).

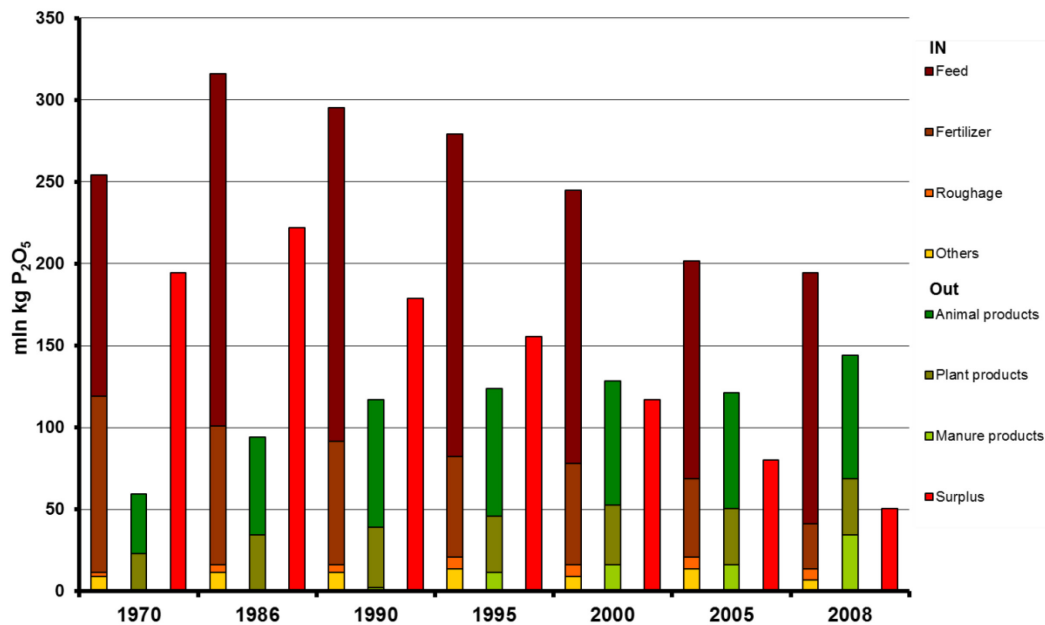
Het mestbeleid van de overheid is er op gericht om de stikstof- en fosfaatverliezen uit de landbouw fors te verminderen, zonder de productiecapaciteit van de landbouw direct aan te tasten. Figuur 1 toont aan dat de landbouwsector er in geslaagd is om het fosfaatoverschot vanaf 1985 fors te verminderen, bij een gelijkblijvende tot stijgende afvoer van de hoeveelheid fosfaat in plantaardige en dierlijke producten. Door de afname van het fosfaatoverschot (en het stikstofoverschot) is de waterkwaliteit verbeterd, al zijn de gestelde doelen nog niet gerealiseerd. Dit blijkt uit de evaluatie van de meststoffenwet 2012 (ex post EMW2012; Van der Bolt et al., 2012).

Voor een verdere afname van de fosfaat- en stikstofoverschotten uit de landbouw is het nodig dat meer dierlijke mest wordt bewerkt, verwerkt en geëxporteerd. Momenteel wordt al vrijwel de gehele mestproductie van pluimvee bewerkt, verwerkt en geëxporteerd en een toepassing gevonden buiten de Nederlandse landbouw. De mestproductie door de varkenshouderij (circa.35 - 40 miljoen kg fosfaat) wordt nog grotendeels in onverwerkte vorm in de Nederlandse akkerbouw afgezet. Echter de mestafzetprijzen zijn de laatste jaren onverantwoord hoog en niet alle geproduceerde varkensdrijfmest, die niet op het eigen bedrijf kan worden afgezet, kan afgevoerd worden uit de mestconcentratiegebieden (De Koeijer et al., 2011; Schoumans et al., 2012a).

Om de afzet van dunne varkensdrijfmest in de toekomst te waarborgen is een verdere bewerking en verwerking van die varkensdrijfmest nodig. De rijksoverheid heeft in overleg met de landbouwsector verplichte mestverwerking in Nederland geïntroduceerd (Mestbrief van het Kabinet aan de Tweede Kamer d.d. 28 september 2011; Kamerstuk no 33037 nr. 1). Als eerste stap in de verdere bewerking en verwerking van varkensdrijfmest vindt veelal scheiding plaats in een dunne en dikke fractie (Schröder et al., 2009). De dikke fractie is aantrekkelijk voor gebruikers door de relatief hoge gehalten aan droge stof (weinig water), organische stof en fosfaat, waardoor afzet binnen en buiten de Nederlandse landbouw mogelijk is (Schoumans et al., 2011). De dunne fractie heeft relatief hoge gehalten aan water, opgeloste stikstof- en kaliumverbindingen en beperkte hoeveelheden organische stof en fosfaat, en vindt daardoor veel minder gemakkelijk een afzetkanaal (Schröder et al., 2009). Momenteel worden op pilotschaal via omgekeerde osmose mineralenconcentraten uit de dunne mestfractie van varkensdrijfmest gemaakt, die mogelijk de status van kunstmestvervanger kunnen krijgen zonder nog aangemerkt te worden als dierlijke mest. Daardoor verruimen de toegelaten doseringen en vallen deze producten niet meer onder de bepalingen van de Nitraatrichtlijn (Velthof, 2010; Velthof, 2011). Hiervoor is het wel nodig dat de regelgeving hiervoor verandert omdat elk afgeleid product uit dierlijke mest gezien wordt als mest en niet als kunstmest. De Nederlandse overheid voert hierover overleg met de Europese Commissie in Brussel, op basis van de resultaten van de Pilot 'mineralenconcentraten' (Velthof, 2011).

Er zijn verschillende pogingen gedaan om het mestoverschot te verminderen door vermarktbare producten uit dierlijke mest te maken. In eerste instantie was dit vooral gericht op de productie en export van gedroogde

mestkorrels. Momenteel is er ook belangstelling voor energiewinning. De verwerking van kippenmest (biomassa verbrandingscentrale Moerdijk, drogen en rechtstreeks exporteren) is op dit moment de meest succesvolle route voor de afzet van dierlijke mest buiten de Nederlandse landbouw. Door het lage drogestofgehalte, maar ook door onvolledige marktverkenningen, dure technieken en technische problemen, bleef grootschalig succes voor de verwerking van dunne varkensdrijfmest uit.



**Figuur 1**

*Annual phosphate input-output balances for agriculture in the Netherlands for the period 1970 - 2008 (Bron periode 1970-1990; Schoumans et al., 2009; periode na 1990 CBSstatline).*

Omdat veel grondstoffen, zoals olie, gas (energie) en fosfaat, schaarser worden, is er een toenemende aandacht voor de winning van producten uit dierlijke mest. Het gaat om organische stof als energiebron (CH<sub>4</sub>, elektrische energie, warmte), stikstof, fosfaat en kalium als mogelijke kunstmestvervangers en als bron voor meststoffen en andere industriële toepassingen. Mede doordat de technieken de afgelopen decennia zijn verbeterd, de verwerkingskosten zijn verlaagd, de prijzen van grondstoffen zijn gestegen en de afzet van onverwerkte dierlijke mest onder druk staat, nemen de kansen toe voor grootschalige verwerking van mest als bron van grondstoffen die buiten de Nederlandse landbouw hun toepassing krijgen.

Schoumans et al. (2011) hebben een inventarisatie gemaakt van de mogelijke verwerkingsroutes van dierlijke mest. Het accent in die studie lag op dunne varkensdrijfmest, omdat die mest momenteel het meest lastig plaatsbaar is. Na scheiding in een dunne en dikke fractie, heeft de dikke fractie van de dierlijke mest de grootste waarde, omdat deze relatief rijk is aan organische stof (energiebron), fosfaat (schaarse grondstof) en organisch stikstof (als meststof). Deze dikke fractie kan ook relatief eenvoudig verwerkt worden. De dunne fractie heeft relatief weinig marktwaarde door het hoge watergehalte en het lage gehalte aan bruikbare bestanddelen. Geconcludeerd werd dat een nadere analyse nodig is van de afzetmogelijkheden van de dunne mestfractie op landbouwgronden (Schoumans et al., 2011). Een mogelijk alternatief is ook een dusdanige verdere behandeling van de dunne mestfractie dat een waterige fractie ontstaat die geloosd kan worden. *Zonder duidelijk perspectief voor de plaatsing en/of verdere verwerking van de dunne fractie komt ook de*



*mestverwerking als geheel niet van de grond. Zowel voor de dikke als de dunne fractie moet een duurzame bestemming gevonden worden.*

## **1.2 Doel**

Doel van deze studie is om een verkenning uit te voeren naar de perspectieven voor (i) de afzet van de dunne fractie van gescheiden varkensdrijfmest van verschillende scheidingstechnieken inclusief mineralenconcentraten op landbouwgrond in Nederland en (ii) voor verdere verwerking van de dunne mestfractie tot vermarktbaar producten en een op het oppervlaktewater loosbaar restproduct.

## **1.3 Werkwijze**

De verkenning richt zich op zeugengier<sup>1</sup>, de dunne fractie van gescheiden varkensdrijfmest en mineralenconcentraten. Verondersteld wordt dat de pluimveemest al grootschalig verwerkt en/of geëxporteerd wordt en dat de afzet van runderdrijfmest op eigen bedrijf grotendeels geborgd is door de grondgebondenheid van de melkveehouderij. Een tweede veronderstelling in onze studie is dat het huidige mineralenoverschot van de Nederlandse landbouw weggewerkt moet worden door verwerking en export van varkensdrijfmest. Scheiding van de varkensdrijfmest in dikke en dunne fracties is de eerste stap. De verdere verwerking en afzet van de dikke fractie is beschreven in Schoumans et al., 2011. Deze studie richt zich op de verdere verwerking en afzet van de dunne fractie van gescheiden varkensdrijfmest, inclusief zeugengier (door het lage drogestofgehalte).

De verkenning is uitgevoerd als een scenario-analyse. De onderzochte beschouwde scenario's zijn gedefinieerd in termen van afzetmogelijkheden van de dunne mestfracties naar de akkerbouw of naar RWZI's (lozing op het oppervlaktewater na behandeling van dunne mestfracties). De samenstelling van de dunne fracties bepaalt mede de afzetmogelijkheden in de akkerbouw. Via be- en verwerkingstechnieken kan een samenstelling van de dunne fractie worden bereikt die mogelijk loosbaar is op het riool of oppervlaktewater. Voor alle afzetmogelijkheden is een analyse gemaakt van de kosten voor de afzet. Ook worden indicaties gegeven van de perspectieven (o.a. in overleg met betrokken marktpartijen zoals de Waterschappen).

---

<sup>1</sup> Zeugengier heeft een dusdanig laag gehalte aan drogestof dat mestscheiding in een dunne en dikke fractie praktisch niet uitvoerbaar is.



## 2 Scenario's

### 2.1 Te verwerken dunne mestfracties

Het berekende (forfaitaire) aanbod op de mestmarkt is in de periode 2006-2010 met 13% gestegen tot 85 miljoen kg fosfaat in 2010 (Koeijer et al., 2011). Op basis van het verschil tussen het berekende en het geregistreerde aanbod van mest was er voor zes tot elf miljoen kg fosfaat geen bestemming in 2010. Onder de veronderstelling dat de berekeningen juist zijn, zou dit overschot in 2011 op de markt moeten komen. In 2011 neemt het overschot toe tot 12 à 22 miljoen kg fosfaat. Hierdoor neemt de druk op de mestmarkt toe met als gevolg relatief hoge afzetprijzen (Koeijer et al., 2011).

In de onderhavige studie is er vanuit gegaan dat 20 miljoen kg fosfaat verwerkt moet worden, dit komt overeen met ongeveer 5 miljoen m<sup>3</sup> (ton) varkensdrijfmest. Na *low-tech*<sup>2</sup>-scheiding (mechanische scheiding) komt dit overeen met een afzet of verwerking van ruwweg 3 - 4 miljoen m<sup>3</sup> dunne fractie. Bij *high-tech* mestscheiders en het al dan niet gebruiken van vlok- en coagulatiemiddelen kan dit volume ongeveer een 0,5 miljoen m<sup>3</sup> hoger liggen.

De goedkoopste manier voor de afzet van de dunne fractie van gescheiden varkensdrijfmest is rechtstreekse aanwending op landbouwgrond. Grondgebonden veehouderij (vooral melkveehouderij) gebruikt zoveel mogelijk eigen of gehuurd land voor de afzet van bedrijfseigen mest. In onze analyse wordt verondersteld dat de dunne fractie van varkensdrijfmest afgezet moet worden in de akkerbouw of een loosbaar product wordt. Afzet naar maisland en vollegrondsgroenteteelt vindt minder vaak plaats door competitie met runderdrijfmest of omwille van certificering<sup>3</sup>.

De volgende scenario's voor de afzet van dunne varkensdrijfmest zijn verkend:

1. Rechtstreekse aanwending op het land van onbehandelde zeugengier. Zeugengier kan al in onbehandeld vorm als dunne fractie beschouwd worden; door het lage gehalte aan droge stof is deze mest geschikt voor mestscheiding.
2. Rechtstreekse aanwending op het land van drie typen dunne mestfracties van gescheiden vleesvarkensdrijfmest uitgaande van drie vormen van *low-tech* mestscheidingstechnieken, de vijzelpers (type 1), centrifuge zonder nabehandeling (type 2) en primaire scheiding (type 3).
3. Rechtstreekse aanwending op het land van dunne mestfracties van drie typen *high-tech* gescheiden vleesvarkensdrijfmest: gemiddeld beeld van *high-tech*-scheiding (type 4), met een door verdere bewerking verlaagd organisch stofgehalte (type 5) en een aangenomen verlaagd organisch stof- en stikstofgehalte (type 6);
4. Rechtstreekse aanwending op het land van mineralenconcentraat dat door omgekeerde osmose geproduceerd wordt (Type 9) en van permeaat dat vrijkomt bij de productie van mineralenconcentraten na *high-tech* scheiding zonder nabehandeling (Type 7) en met nabehandeling met een ionenwisselaar (Type 8).

---

<sup>2</sup> *Low-tech* en *High-tech*. scheidingstechnieken met respectievelijk beperkte energievraag zonder nabehandeling met als resultaat relatief natte dikke fracties versus scheidingstechnieken met hoog scheidingsrendement en relatief droge dikke fracties en waarbij de dunne fracties mogelijk nabehandelingen hebben ondergaan.

<sup>3</sup> Met het oogmerk om enig risico op besmetting met ongewenste micro-organismen uit te sluiten.

Deze scenario's zijn gekozen omdat de acceptatie van (dunne fracties van) varkensdrijfmest in de Nederlandse akkerbouw mede afhankelijk is van de hoogte van de N- en P-gehalten en de onderlinge N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding, afhankelijk van het gewas en de fosfaattoestand van de bodem. Voor zuivering en lozing op het oppervlaktewater zijn zo laag mogelijke N- en P-gehalten noodzakelijk (en zo laag mogelijke gehalten aan organische stof, zware metalen, etc.).

Van alle dunne fracties zijn de be- en verwerkingskosten in beeld gebracht en de globale kosten voor lozing op het riool of RWZI, op basis van de kostencalculatie die de RWZI's nu hanteren.

## 2.2 Be- en verwerkingstechnieken

Drie vormen van *low-tech*-mestscheiding zijn onderzocht: mechanische scheiding met vijzel- of schroefpers (Type 1), scheiding in een centrifuge (Type 2) en primaire scheiding (Type 3). Onder primaire scheiding wordt verstaan de gescheiden opvang van urine en vaste mest in de stal. De dunne fracties verkregen door deze mestscheidingstechnieken bevatten nog relatief veel water, organische stof, stikstof en/of fosfaat.

De dunne fracties verkregen door *high-tech*-scheidingstechnieken (Type 4; vijzelpers, zeefbandpers of centrifuge) hebben een relatief laag droge stof- en organische stofgehalte. Deze dunne fracties kunnen verder van organische stof gezuiverd worden door flotatie en/of ultrafiltratie (Type 5). Specifieke technieken zijn nodig om het stikstofgehalte nog verder te verlagen (Type 6). Om de stikstof te verwijderen zijn biologische en chemische technieken voorhanden (die niet onder de noemer van de omgekeerde osmose-technieken vallen die binnen de Pilot Mineralenconcentraten worden onderzocht; Velthof, 2011). Mogelijkheden voor verwijdering van stikstof zijn:

- a) Strippen van NH<sub>3</sub> en absorptie van ammoniak in geconcentreerd zwavelzuur.
- b) Vorming van struviet en levering van struviet aan de kunstmestindustrie.
- c) Vorming van struviet, afdampen/vervluchtigen van NH<sub>3</sub> bij verhoogde temperatuur (N-stripfen) en hergebruik van magnesium en fosfaat.

Er zijn ook opties waarbij de stikstofcomponenten omgezet worden in luchtstikstof. Deze opties hebben geen voorkeur, omdat de stikstof daarbij verloren gaat. De productie van ammoniakstikstof voor toepassing als kunstmest is energie intensief en daardoor duur.

- a) Biologische verwijdering van ammoniak via nitrificatie/denitrificatie.
- b) Biologische verwijdering van ammoniak via partiële oxidatie van NH<sub>3</sub> tot NO<sub>2</sub> gevolgd door denitrificatie van het gevormde nitriet met een koolstofbron (SHARON).
- c) Biologische omzetting van NH<sub>4</sub> via partiële oxidatie tot nitriet en autotrofe omzetting van nitriet met NH<sub>4</sub> tot stikstof (SHARON-ANAMMOX proces).

In bijlage 1 zijn deze mogelijkheden voor verwijdering van stikstof in meer detail beschreven.

De resultaten van de Pilot Mineralenconcentraten (Velthof, 2011) zijn in deze verkenning meegenomen. In deze Pilot is uitgebreid ervaring opgedaan met de *high-tech*-scheiding van dunne varkensdrijfmest en de verdere verwerking van de dunne fractie tot mineralenconcentraat door ultrafiltratie of flotatie, gevolgd door omgekeerde osmose (Type 9; mineralenconcentraat). Hierbij ontstaat ook een restproduct/permeaat (Type 7). Door verdere nabewerking van het restproduct met een ionenwisselaar, kan een permeaat verkregen worden dat op het oppervlaktewater geloosd kan worden (Type 8). De samenstelling van de varkensdrijfmest is als Type 10 aangegeven.

## 2.3 Samenstelling producten

In tabel 1 wordt de samenstelling van de beschouwde dunne fracties gegeven, die verkregen zijn door een vorm van mestscheiding. De variatie in scheidingsrendement is in de praktijk groot. In deze studie is deze variatie niet geanalyseerd; het accent ligt op een verkenning van de belangrijkste scheidingstechnieken.

De *low-tech*-scheidingstechnieken zoals vijzelpers (Type 1), centrifuge (Type 2) en primaire scheiding in de stal (Type 3) leveren relatief stikstofrijke dunne fracties op met een hoge N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> verhouding (tabel 1).

Permeaten die vrijkomen als restproduct bij verwerking van dunne fracties tot mineralenconcentraten via omgekeerde osmose, hebben een laag stikstof- en fosforgehalte en zijn meestal losbaar op een RWZI. Door het lage nutriëntengehalten (tabel 1) hebben deze permeaten landbouwkundig geen betekenis als meststof. Als een ionenwisselaar als nabewerkingsstap wordt toegepast worden de concentraties nog lager (tabel 1).

Tussen deze twee uitersten (*low-tech* Typen 1, 2 en 3 en *high-tech* Typen 7 en 8) zijn er de intermediaire *high-tech* technieken, die een relatief laag droge stof-, organische stof- en/of stikstofgehalte hebben (tabel 1; Type 4, 5 en 6). Scheidingstechniek Type 4 wordt gezien als een toepassing van verschillende scheidingstechnieken, gericht op het verlagen van het organische stofgehalte (waarbij soms ook het stikstofgehalte daalt). Type 4 is in principe vergelijkbaar met Type 1 of 2, maar heeft een hoger scheidingsrendement. De samenstelling van Type 5 ontstaat als Type 4 verder behandeld wordt met ultrafiltratie en/of flotatie. Type 6 wordt verkregen uit Type 5 via een extra bewerkingstap om het stikstofgehalte te verlagen waarbij ook het organische stofgehalte verder daalt.

**Tabel 1**

Samenstelling van zeugengier, dunne fracties verkregen uit de scheiding van varkensdrijfmest en varkensdrijfmest (g kg<sup>-1</sup>).

Parameter	Zeugen-gier <sup>1</sup>	Dunne fractie varkensdrijfmest van low-tech scheiding			Dunne fractie varkensdrijfmest van high-tech scheiding			Permeaat		Mineralen-concentraat	varkens-drijfmest
		Type 1 <sup>2</sup>	Type 2 <sup>3</sup>	Type 3 <sup>4</sup>	Type 4 <sup>5</sup>	Type 5 <sup>6</sup>	Type 6 <sup>7</sup>	Type 7 <sup>8</sup>	Type 8 <sup>9</sup>	Type 9 <sup>10</sup>	Type 10 <sup>11</sup>
		(vijzelpers)	(centrifuge)	(primaire scheiding)	a) vijzelpers b) centrifuge c) zeeftandpers	als type 4 + nabeh. om org. stof te verwijderen (flotatie en/of UF)	als type 5 + nabeh. om stikstofgehalte nog verder te verlagen	mineralen-concentraat (OO)	mineralen-concentraat. (OO+ ion. wiss)		
Water	990	951	973	973	983	985	991	999	1000	967	927
Droge stof	10	49	27	27	17	15	9	0.59	0.24	33.5	73
Organische stof	10	33.0	17.0	13.0	7.8	5.7	3.0	0.10	0.03	13.0	50.9
N-totaal	2	5.2	3.3	4.3	3.6	3.4	0.5	0.35	0.04	6.86	6.3
- Ammonium-N	1.9	3.3	1.9	3.6	3.0	3.0	0.45	0.33	0.04	6.65	*
- Organische-N	0.1	1.9	1.4	0.7	0.6	0.5	0.05	0.01	0.00	0.21	*
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.9	2.6	0.6	0.5	0.3	0.2	0.1	0.02	0.02	0.34	3.7
K <sub>2</sub> O	2.5	4.5	3.4	7.1	4.1	4.0	4.1	0.20	0.06	9.05	*
N-totaal/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -ratio	2.2	2.0	5.5	8.6	14.0	18.4	6.3	15.1	1.7	20.0	1.7
N-totaal/K <sub>2</sub> O-ratio	0.8	1.1	1.0	0.6	0.9	0.8	0.1	1.7	0.7	0.8	*

1) Dijk, W. van en W. van Geel, 2010. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouwgewassen. Samenstelling en werking van organische meststoffen.

2) Buisonjé, F.E. de en M. Smolders, 2002. Mest vergisten verlaagt scheidingsrendement, Praktijkkompas Varkens, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad., vijzelpers. In: Schröder, J., F. de Buisonjé, G. Kasper, N. Verdoes en K. Verloop, 2009. Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde. Plant Research International B.V., Wageningen, Rapport 287.

3) Buisonjé, F.E. de en M. Smolders, 2002. Mest vergisten verlaagt scheidingsrendement, Praktijkkompas Varkens, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad., centrifuge. In: Schröder, J., F. de Buisonjé, G. Kasper, N. Verdoes en K. Verloop, 2009. Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde. Plant Research International B.V., Wageningen, Rapport 287.

4) Aarnink, A. J. A., A. Scheer, A. I. J. Hoofs, M. A. H. H. Smolders en D. Swierstra. 2001. De herculesstal voor vleesvarkens uitgetest onder semi-praktijkomstandigheden. Nota V 2001-61, IMAG Wageningen. In: Schröder, J., F. de Buisonjé, G. Kasper, N. Verdoes en K. Verloop, 2009. Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde. Plant Research International B.V., Wageningen, rapport 287.

5) Ehlert, P.A.I. en P. Hoeksma, 2011. Landbouwkundige en milieukundige perspectieven van mineralenconcentraten. Deskstudie in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten. Alterra-rapport 2185, gemiddelde samenstelling dunne fractie varkensdrijfmest.

6) Hoeksma, P., F.E. de Buisonjé, P.A.I. Ehlert en J.H. Horrevoets, 2011. Mineralenconcentraten uit dierlijke mest. Monitoring van praktijkbedrijven. Wageningen UR, Livestock Research, rapport 481, Gewogen gemiddelde samenstelling dunne fractie varkensdrijfmest na mechanische scheiding en na ultrafiltratie of flotatie.

7) Geconstrueerde samenstelling met een verlaagd stikstof en een verlaagd organische stofgehalte (Type 6) op basis van de samenstelling van Type 5.

8) Hoeksma, P., F.E. de Buisonjé, P.A.I. Ehlert en J.H. Horrevoets, 2011. Mineralenconcentraten uit dierlijke mest. Monitoring van praktijkbedrijven. Wageningen UR, Livestock Research, rapport 481, varkensdrijfmest, permeaat zonder ionenuitwisseling.

9) Hoeksma, P., F.E. de Buisonjé, P.A.I. Ehlert en J.H. Horrevoets, 2011. Mineralenconcentraten uit dierlijke mest. Monitoring van praktijkbedrijven. Wageningen UR, Livestock Research, rapport 481, varkensdrijfmest, permeaat met ionenuitwisseling.

10) = 5)

11) Römkens, P.F.A.M. en R.P.J.J. Rietra, 2008. Zware metalen en nutriënten in dierlijke mest in 2008; Gehalten aan Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As, N en P in runder-, varkens- en kippenmest. Alterra, Alterra-rapport 1729.

## 2.4 Uitgangspunten voor plaatsingsmogelijkheden

Als 20 miljoen kg fosfaat in de vorm van dunne varkensdrijfmest via mestverwerking uit de Nederlandse landbouw gehaald moet worden, dan is scheiding van de mest in een dunne en dikke fractie de eerste logische stap. De dikke fractie bevat het grootste deel van het fosfaat en de organische stof en vindt relatief eenvoudig een afzet in binnen- en buitenland (Schoumans et al., 2011). De resterende dunne fractie (ruwweg 4 miljoen m<sup>3</sup> (ton) dunne fractie van varkensdrijfmest) moet naar de akkerbouw afgezet worden of zodanig verder verwerkt worden dat een loosbaar product ontstaat en de nutriënten niet terugkeren in de landbouw.

Het areaal akkerbouwgrond (exclusief snijmaïs) was in 2010 ca. 540.000 ha. In de praktijk injecteren de gangbare mestinjecteurs voor de akkerbouw minimaal 20 m<sup>3</sup>/ha. Bij een gift van 20 m<sup>3</sup>/ha moet jaarlijks 200.000 ha akkerbouwland beschikbaar zijn voor de plaatsing van de vier miljoen m<sup>3</sup> dunne fractie varkensdrijfmest. Dit komt overeen met ongeveer 37% van het areaal akkerbouwland in 2010. Met andere woorden, de dunne fractie afkomstig van de scheiding van varkensdrijfmest met een omvang van 20 miljoen kg fosfaat kan in theorie een afzet vinden in de akkerbouw. Al betekent dit wel dat de huidige afzet van onverwerkte varkensdrijfmest daardoor gedeeltelijk kan worden verdrongen. Als het fosfaatoverschot sterk stijgt tot 40 miljoen kg fosfaat moet 400.000 ha akkerbouwland beschikbaar zijn (75% van het areaal akkerland).

Tabel 2 geeft aan hoeveel stikstof, fosfaat, kali en organische stof via de verschillende typen dunne fracties aangewend worden bij een dosering van per 20 m<sup>3</sup> per ha.

**Tabel 2**

*Gift aan stikstof, fosfaat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), kali (K<sub>2</sub>O) en organische stof in kg ha<sup>-1</sup> bij een gift van 20 m<sup>3</sup>/ha.*

Gift waardegevend bestanddeel	Zeugengier	Dunne fractie varkensdrijfmest			verwerkt dunne fractie varkensdrijfmest			Permeaat		Concentraat
		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9
N-gift, kg N-totaal per ha	40	103	66	86	73	69	10	6.9	0.8	137
Werkzame stikstof, kg N/ha	37	79	49	75	63	61	9	6.4	0.8	128
Fosfaatgift, kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per ha	18	52	12	10	5.2	3.7	1.6	0.5	0.5	7
Kaligift, kg K <sub>2</sub> O per ha	50	90	68	142	82	81	82	4.0	1.2	181
Organische stof, kg per ha	200	660	340	260	156	114	60	2.1	0.6	260.0

Bij alle dunne fracties van gescheiden varkensdrijfmest is de fosfaatgift relatief laag met uitzondering van zeugengier (18 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) en de dunne fractie van de vijzelpers (Type 1: 52 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha). De acceptatie van de dunne fractie van varkensdrijfmest door de akkerbouwer hangt onder andere af van de vergoeding die betaald wordt voor de afzet op akkerland en de N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding van de dunne fractie. De N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding stuurt, in verband met de hoogte van de wettelijke gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat. De wettelijke fosfaatgebruiksnorm is afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem. Vooral bij hoge fosfaattoestanden kan de fosfaataanvoer in de vorm van dierlijke mest(fracties) limiterend worden bij de afzet naar de akkerbouw. Ook de stikstofgebruiksnorm stuurt. Er zijn maxima gesteld aan de totale N-gift (170 kg per ha per jaar) en aan de effectieve stikstof; dit is het eerstejaars werkzame deel van de totale N-gift in de vorm van dierlijke mest.

Een gift van 20 m<sup>3</sup> met Type 1 (tabel 2) nadert de limiet van de fosfaatgebruiksnorm voor bouwland zoals die vanaf 2013 gaat gelden (tabel 3). Fosfaat stuurt het gebruik hier meer dan bij andere vormen van dunne fracties (Typen 2 t/m 9). De restproducten van omgekeerde osmose (permeaten Typen 7 en 8) zijn feitelijk niet als meststof te beschouwen en vragen om een andere aanpak voor de afzet. Bij een goed werkend systeem met omgekeerde osmose kan er op het oppervlaktewater geloosd worden. Bij de dunne mestproducten Type 2 t/m 6 stuurt de N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding meer de keuze. Bij producten met een N/K<sub>2</sub>O-

verhouding  $\leq 1$  vraagt de inpassing van de dunne mestfractie in het bemestingsplan ook nadrukkelijk om weging van de gift aan kali; dit aspect wordt in dit document niet verder uitgewerkt. Producten met lage fosfaatgehalten zijn waarschijnlijk gemakkelijker in te passen in de rotaties van akkerbouwgewassen dan producten van mechanische mestscheiding door de vijzelpers of zeugengier.

**Tabel 3**

*Fosfaatgebruiksnormen voor bouwland en grasland in het derde en vierde actieprogramma (AP) voor de implementatie van de Nitraatrichtlijn.*

	Fosfaat- klassen <sup>1)</sup>	Vierde AP			
		2010	2011	2012	2013
<b>Grasland</b>					
	PAL				
Grond met hoge fosfaattoestand	> 50	90	90	85	85
Fosfaatneutrale grond	27 – 50	95	95	95	95
Grond met lage fosfaattoestand	< 27	100	100	100	100
<b>Bouwland</b>					
	Pw				
Grond met hoge fosfaattoestand	> 55	75	70	65	55
Fosfaatneutrale grond	36 – 55	80	75	70	65
Grond met lage fosfaattoestand	< 36	85	85	85	85

\*) Tussen haakjes de maximale gift aan grasland afkomstig uit dierlijke mest

1) PAL = fosfaatammoniumlactaat extractie wordt gehanteerd voor bemestingsadvies grasland

Pw = fosfaat water extractie wordt gehanteerd voor bemestingsadvies bouwland

Om het perspectief van de dunne mestfracties voor het gebruik in de akkerbouw te beoordelen is gekozen voor de wettelijke gebruiksnormen en niet voor de adviesbasis voor bemesting van akkerbouwgewassen. De gebruiksnormen voor fosfaat zijn namelijk over het algemeen ruimer dan de fosfaatgiften die in de adviesbasis worden aangegeven, omdat bij ruim voldoende en hogere waarderingen van de fosfaattoestand van de bodem er wettelijk meer fosfaat gegeven mag worden dan het bemestingsadvies aangeeft. Dit uitgangspunt levert inzicht in de maximale gebruiksruiimte voor de dunne mestfractie als volgens de gebruiksnormen wordt bemest. Voor de hoogte van de gebruiksnormen is uitgegaan van de normen die in 2013 gelden, omdat het beleidsvoornemen is dat na 2013 de normen niet verder worden aangescherpt (Mestbrief, 2011). Voor de berekening van de stikstofgift is uitgegaan van een stikstofwerkingscoëfficiënt van de dunne fractie van 80%. Bij gronden met een voldoende of hoge fosfaattoestand is er behoefte aan producten met een laag fosfaatgehalte. Om de effecten van gebruik van stikstof en fosfaat in de berekeningen in detail op te nemen moet feitelijk op bouwplanniveau gerekend worden, aangezien de wet toestaat om binnen het bedrijf de mest anders aan te wenden dan volgens de gewas-specifieke gebruiksnormen - die per ha worden uitgedrukt - is aangegeven. Dit vergt een analyse van meerdere bouwplannen die buiten de context van deze oriënterende studie valt. Uitgangspunt bij de huidige analyse is daarom om na te gaan in hoeverre met de verschillende mestfracties er goed voldaan wordt aan de gewas-specifieke gebruiksnormen, waarbij rekening gehouden wordt met de fosfaattoestand van de bodem. In de onderhavige studie is de verdeling van de fosfaattoestand van de bodem gebaseerd op arealen zoals genoemd in het 4<sup>de</sup> Actieprogramma Nitraatrichtlijn (tabel 4).



**Tabel 4**

Procentuele areaal bouwlandgronden met een bepaalde fosfaattoestand (conform de indeling van het bemestingsadvies).

Waardering fosfaattoestand	Pw-getal	Procentuele areaal		
		zand	klei	veen
Laag	< 21	3,4%	8,4%	21,9%
Voldoende	21-45	27,7%	55,2%	42,8%
Hoog	> 46	68,9%	36,4%	35,2%
		100%	100%	100%

Bron: 4<sup>e</sup> Actieprogramma Nitraatrichtlijn.

Het areaal dat potentieel tot afzetgebied aangemerkt kan worden is bepaald op basis van het gebruiksnormen 2013 en door de arealen van de belangrijkste landbouwgewassen<sup>4</sup> te berekenen, gegeven de waardering van de fosfaattoestand van de bodem (tabel 4) en onder de aanname dat de verdeling van de fosfaattoestand evenredig is over grondsoort en gewassen.

In tabel 5 is aangegeven wat de N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding in een dunne fractie moet zijn als beantwoord wordt aan de gebruiksnorm gegeven de fosfaattoestand van de bodem. Er is ook, ter informatie, aangegeven wat de verhouding is als van het bemestingsadvies wordt uitgegaan. Over het algemeen zijn de N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding bij het bemestingsadvies hoger, omdat er minder met fosfaat bemest hoeft te worden voor een optimale gewasgroei (vooral bij een hoge fosfaattoestand).

**Tabel 5**

Na te streven N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding in de dunne fractie na scheiding van varkensdrijfmest gebaseerd op de bemesting volgens het gebruiksnormenstelsel (normen 2013) en volgens het bemestingsadvies.

Gewas \ Fosfaattoestand	Uitgangspunt gebruiksnorm			Uitgangspunt Bemestingsadvies					
	Laag	Neutraal	Hoog	Zand			Klei		
				Laag	Voldoende	Hoog	Laag	Voldoende	Hoog
Tarwe, winter	2.9	3.8	4.5	2.3	9.3	185.0	4.6	185.0	185.0
Suikerbieten	1.8	2.3	2.7	1.2	1.9	174.5	1.3	2.3	174.5
Aardappelen, consumptie, kleigrond	3.2	4.2	5.0	*	*	*	1.6	2.3	13.4
Zetmeelaardappelen	2.8	3.7	4.4	1.5	2.1	12.4	1.5	2.1	12.4
Gerst, zomer	0.9	1.2	1.5	0.8	1.7	95.0	1.1	4.8	95.0
Pootaardappelen, kleigrond	1.6	2.2	2.5	*	*	*	0.8	1.1	6.6
Tarwe, zomer	1.8	2.3	2.7	1.9	7.8	155.0	3.9	155.0	155.0
Aardappelen, consumptie, zandgrond	2.8	3.6	4.3	1.6	2.3	13.7	0.0	0.0	0.0
Mais, korrel	2.2	2.8	3.4	1.1	1.6	9.5	1.1	1.6	9.5

\*: geen advies beschikbaar.

<sup>4</sup> Naar afnemend areaal: wintertarwe, suikerbieten, consumptieaardappelen op kleigrond, zetmeelaardappelen, zomergerst, pootaardappelen op kleigrond, zomertarwe, consumptieaardappelen op zandgrond en korrelmais (Bron CBS statline voor het jaar 2010).

## 2.5 Beschouwde scenario's

Met de N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding van de gebruiksnorm voor verschillende akkerbouwgewassen kan de geschiktheid van de dunne mestfracties kwalitatief gescoord worden door vast te stellen in welke mate er overeenstemming is. Hierbij is het volgende indelingsprincipe gehanteerd (tabel 6). Bij fosfaat zijn absolute afwijkingen ten opzichte van de gebruiksnorm gehanteerd. Absolute giften zijn gebruikt omdat de fosfaatgebruiksnormen afhankelijk zijn van de fosfaattoestand van de bodem die sterk kunnen verschillen en in belangrijke mate de fosfaatbeschikbaarheid voor het gewas bepalen. Bij stikstof is op basis van een relatieve afwijking gescoord, omdat de stikstoflevering van de bodem beperkt is<sup>5</sup> en stikstofgebruiksnormen een grotere variatie vertonen.

**Tabel 6**

*Indeling van perspectief van plaatsing van dunne fracties op basis van hun N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding.*

Waarderingsklasse	Vershil in fosfaatgift t.o.v. gebruiksnorm in kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	Procentuele afwijking in stikstofgift t.o.v. gebruiksnorm
+++	0-5	± 10
++	5-10	± 20
+	10-15	± 30
-	>15	< - 30 of > +30

In deze studie zijn drie scenario's om aan de gebruiksnormen in 2013 te voldoen onderzocht:

1. Bemesting met uitsluitend dunne (mest)fracties.
2. Best passende combinatie van bemesting met varkensdrijfmest en een dunne (mest)fractie.
3. Bemesting met varkensdrijfmest en een dunne mestfractie, uitgaande van een plaatsingsruimte voor de dunne mestfractie ter grootte van 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha akkerbouwland.

Het eerste scenario heeft als uitgangspunt dat transport en verwerking van de dunne mestfractie voorkomen moet worden en dat deze fractie zo veel mogelijk (in de directe omgeving) in de akkerbouw afgezet moet worden. Nagegaan wordt bij welke gewassen dit mogelijk is en welk areaal potentieel bereikbaar is. Hierbij wordt uitgegaan van de samenstelling van de beschouwde dunne fracties en de gewas specifieke gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat. In dit scenario's kan het voorkomen dat relatief grote hoeveelheden dunne mestfracties aangewend moeten worden om aan de gebruiksnormen te kunnen voldoen. Deze hoeveelheden kunnen tot praktische problemen leiden zoals structuurschade van de bodem als met grote machines gewerkt wordt.

Het tweede scenario gaat er van uit dat de akkerbouwer de gewassen optimaal wil bemesten met uitsluitend varkensdrijfmest en een dunne mestfractie om zo aan de gebruiksnormen in 2013 te voldoen. Op basis van zowel de stikstofgebruiksnorm (N<sub>norm</sub>; kg N ha<sup>-1</sup>) als de fosfaatgebruiksnorm (P<sub>norm</sub>; kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) kan, gegeven de samenstelling van varkensdrijfmest en de dunne fractie mest (uitgedrukt in kg N m<sup>-3</sup> en kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> m<sup>-3</sup>), de optimale hoeveelheden varkensdrijfmest en dunne mest berekend worden, aangezien voldaan moet worden aan de volgende twee vergelijkingen:

<sup>5</sup> In deze scenariostudie is de N-min voorraad op 15 kg N/ha gehouden. Dat is een keuze die gebaseerd is op de overweging dat het stelsel van stikstofgebruiksnormen werkt en daardoor de N-min voorraad voor aanvang van de teelt beperkt is.

$$P_{\text{norm}} = V_v * P_v + V_d * P_d$$

$$N_{\text{norm}} = V_v * WC_v * N_v + V_d * WC_d * N_d$$

$P_{\text{norm}}$	= Fosfaatgebruiksnorm	(kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> )
$V_v$	= Volume varkensdrijfmest	(m <sup>3</sup> )
$P_v$	= P gehalten varkensdrijfmest	(kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> m <sup>-3</sup> )
$V_d$	= Volume dunne mest, zeugenmest of mineralenconcentraten	(m <sup>3</sup> )
$P_d$	= P gehalten dunne mest, zeugenmest of mineralenconcentraten	(kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> m <sup>-3</sup> )
$N_{\text{norm}}$	= Stikstofgebruiksnorm	(kg N ha <sup>-1</sup> )
$WC_v$	= Werkingscoëfficiënt varkensdrijfmest	(-)
$N_v$	= N gehalten van varkensdrijfmest	(kg N m <sup>-3</sup> )
$WC_d$	= Werkingscoëfficiënt dunne mest, zeugenmest of mineralenconcentraten	(-)
$N_d$	= N gehalten dunne mest, zeugenmest of mineralenconcentraten	(kg N m <sup>-3</sup> )

Oplossing van dit stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekende (namelijk te doseren volumes varkensdrijfmest en dunne mest; resp.  $V_v$  en  $V_d$ ) levert:

$$V_v = \frac{P_{\text{norm}}}{P_v + f P_d} \text{ en } V_d = \frac{P_{\text{norm}} - V_v * P_v}{P_d} \text{ met } f = \frac{P_{\text{norm}} WC_v * N_v - N_{\text{norm}} * P_v}{N_{\text{norm}} * P_d - P_{\text{norm}} * WC_d * N_d}$$

In dit tweede scenario is ook rekening gehouden dat de hoeveelheden drijfmest die in de praktijk toegepast kunnen worden. Deze worden niet alleen beperkt door vooral de fosfaatgebruiksnormen, maar ook om structuurschade te voorkomen. De in tabel 7 aangegeven maximale hoeveelheden die toegepast kunnen worden, zijn gebaseerd op de volgende afwegingen:

- Om structuurschade van de bodem te voorkomen mag volgens het bemestingsadviesbasis per keer niet meer dan 35 ton/ha toegediend worden. In onze studie gaan we uit van een maximale dosering van 40 ton/ha.
- Bijbemesting wint aan betekenis als gekort wordt op de basisbemesting. Bij de berekening is aangenomen dat de basisbemesting lager is dan zou kunnen om de noodzaak tot bijbemesting mogelijk te maken en op deze manier stikstof beter over het groeiseizoen te kunnen spreiden. NB. Een tweede bijbemestingsgift is in de praktijk alleen mogelijk bij wintertarwe (niet in tabel 7 aangegeven en ook niet apart in de berekeningen opgenomen).
- De producten zijn (nu nog) allemaal dierlijke meststoffen waarop een onderwerkingsplicht van toepassing is. Bijbemesting kan alleen als ondiep geïnjecteerd worden, anders ontstaat mogelijke schade aan het wortelstelsel. Voor de maximale bijmestgift is 25 ton/ha aangehouden.

**Tabel 7**

*Indeling van perspectief van plaatsing van dunne fracties op basis van de N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding.*

Gewas	Score							
	Basisbemesting varkensdrijfmest				Bijbemesting 1e gift			
	+++	++	+	-	+++	++	+	-
Tarwe, winter	0-20	20-30	30-40	<0, >40	<20	<25	25-30	>30
Suikerbieten	0-20	20-30	30-40	<0, >40	*	*	*	*
Aardappelen, consumptie, kleigrond	0-20	20-30	30-40	<0, >40	<20	<25	25-30	>30
Zetmeelaardappelen	0-20	20-30	30-40	<0, >40	<20	<25	25-30	>30
Gerst, zomer	0-20	20-30	30-40	<0, >40	*	*	*	*
Pootaardappelen, kleigrond	0-20	20-30	30-40	<0, >40	<20	<25	25-30	>30
Tarwe, zomer	0-20	20-30	30-40	<0, >40	<20	<25	25-30	>30
Aardappelen, consumptie, zandgrond	0-20	20-30	30-40	<0, >40	<20	<25	25-30	>30
Mais, korrel <sup>1</sup>	0-20	20-30	30-40	<0, >40	<20	<25	25-30	>30

<sup>1</sup> Voor zover bekend is het geen gangbare praktijk om mais bij te bemesten. Alleen in situaties waarin een uitzonderlijk nat en koud voorjaar de ontwikkeling van mais heeft vertraagd, wordt geadviseerd een bijbemesting geven.

Het derde scenario gaat er vanuit dat in de akkerbouw in de praktijk al volop bemest wordt met varkensdrijfmest, pluimveemest en runderdrijfmest en dat er momenteel resterende fosfaatplaatsingsruimte in de akkerbouw is van max. 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha die in de vorm van dunne mestfractie opgevuld kan worden. Ook voor dit scenario geldt dat de hoeveelheden dunne mest die toegepast kunnen worden aan praktische grenzen gebonden zijn zoals in tabel 7 is aangegeven.

De scenario-analyses worden uitgevoerd voor alle beschouwde dunne mestfracties en de gehanteerde samenstelling van varkensdrijfmest zoals aangegeven in tabel 1.

# 3 Resultaten

## 3.1 Plaatsingsmogelijkheden

### 3.1.1 Dunne mestfracties als enige bron van stikstof en fosfaat

In bijlage 2 is voor elke dunne fractie aangegeven wat de fosfaatgift is bij gebruik als stikstofmestgift en wat de procentuele werkzame stikstofgift is bij gebruik als fosfaatmeststof, als in beide situaties uitgegaan wordt van de gebruiksnorm voor de gewassen voor een gegeven fosfaattoestand van de bodem. Op grond hiervan kan de geschiktheid aangegeven worden als fosfaatmeststof en als stikstofmeststof (tabel 6). De resultaten van de scores zijn opgenomen in bijlage 3. De beste score die bereikt wordt als fosfaatmeststof of als stikstofmeststof is aangegeven in bijlage 4. Dit geeft in feite de maximale mogelijkheden van de dunne mestfractie weer voor gebruik als meststof als het gedoseerde volume aan mestfractie geen rol speelt. Het perspectief voor plaatsing is inzichtelijk gemaakt door het potentieel beschikbare areaal te berekenen (tabel 8). Hierbij wordt verondersteld dat het areaal van de gewassen evenredig is verdeeld over (het voorkomen van) de fosfaattoestanden laag, neutraal en hoog.

**Tabel 8**

*Berekende areaal (ha) dat beschikbaar is om verschillende typen dunne (mest)fracties af te zetten naar de akkerbouw gebaseerd op de gebruiksnormen en rekening houdend met de fosfaattoestand van de bodem en afgerond op duizenden ha (zie tekst).*

Fosfaat-toestand	Score	Zeugengier	Dunne fractie varkensdrijfmest van low-tech scheiding			Dunne fractie varkensdrijfmest van high-tech scheiding			Permeaat		Concentraat
			Type 1 (vijzelpers)	Type 2 (centrifuge)	Type 3 (prim. scheid.)	Type 4 a) vijzelpers b) centrifuge c) zeebandpers	Type 5 als type 4 + nabeh. om org. stof te verwijderen (flotatie en/of UF)	Type 6 als type 5 + nabeh. om stikstofgehalte nog verder te verlagen	Type 7 mineralconcn. (OO)	Type 8 mineralconcn. (OO+ ion. wiss)	Type 9 mineralconcn.
laag	+++	10000	3000								
	++	1000	7000							3000	
	+		1000							7000	
	-	22000	22000	33000	33000	33000	33000	33000	33000	23000	33000
neutraal	+++			21000							
	++	14000		54000				21000		12000	
	+	36000	26000	28000							
	-	121000	146000	69000	171000	171000	171000	151000	171000	160000	171000
hoog	+++		15000	106000				27000		15000	
	++			27000				106000			
	+	15000									
	-	206000	206000	89000	221000	221000	221000	89000	221000	206000	221000

De *low-tech* scheidingstechnieken hebben relatief meer mogelijkheden voor plaatsing op bouwland dan *high-tech* scheidingstechnieken. Opvallend is dat de dunne mestfracties Type 6 en Type 8 ook perspectief hebben voor afzet in de akkerbouw binnen de gebruiksnormen vooral bij een neutrale tot hoge fosfaattoestand van de bodem. Dit wordt veroorzaakt door de gunstige N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding die goed past bij een aantal van de

beschouwde gewassen. Tabel 8 schetst echter een te gunstig perspectief voor plaatsing. Om in gebruiksnormen volledig met een dunne fractie te kunnen voorzien, vergt bij gronden met lage fosfaattoestanden of gewassen met een hoge stikstofgebruiksnorm volumina dunne fractie die niet realistisch zijn ( $> 100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  en bij dunne fracties van *high-tech*scheiding  $> 1000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). Bij de scenario's 2 en 3 werd daarom het volume bij de scoring betrokken.

### 3.1.2 Best passende combinatie van bemesting met varkensmest en een dunne mestfractie

In deze paragraaf wordt onderzocht of een basisbemesting met varkensdrijfmest en bijbemesting met dunne mestfracties volledig afgestemd kunnen worden op de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat (best passende combinatie). Op basis van de samenstelling van varkensdrijfmest en beschikbare dunne (mest)fracties is het mogelijk om na te gaan welke combinaties tot een praktisch bruikbare basisbemesting met aanvulling van bijbemesting leiden, gegeven het geteelde gewas, de fosfaattoestand van de bodem en de randvoorwaarden van de maximale hoeveelheden te doseren varkensdrijfmest en/of dunne mestfractie (par. 2.5; tabel 7), na menging. De resultaten voor de belangrijkste akkerbouwgewassen zijn opgenomen in de bijlagen 5 en 6 (score voor resp. mesthoeveelheden en totale N- en P-gift). Tabel 9 geeft een overzicht van de plaatsingsmogelijkheden (in arealen) onder de veronderstelling dat de beschouwde belangrijkste akkerbouwgewassen op de verschillende grondsoorten eenzelfde aandeel hebben qua verdeling over de fosfaattoestandklassen laag, neutraal en hoog.

**Tabel 9**

*Berekende areaal (ha) dat beschikbaar is om verschillende typen dunne (mest)fracties af te zetten naar de akkerbouw gebaseerd op de mogelijkheden om binnen de gebruiksnormen een reële hoeveelheid dunne (mest)fracties af te zetten en de arealen die goed (+++) tot niet (-) voldoen aan de gebruiksnormen qua N- en P-giften (areaal afgerond op duizenden ha).*

Parameter	Score	Zeugengier	Dunne fractie varkensdrijfmest van low-tech scheiding			Dunne fractie varkensdrijfmest van high-tech scheiding			Permeaat		Mineralenconcentraat
			Type 1 (vijzelpers)	Type 2 (centrifuge)	Type 3 (primaire scheiding)	Type 4 a) vijzelpers b) centrifuge c) zeebandpers	Type 5 als type 4 + nabeh. om org. stof te verwijderen (flotatie en/of UF)	Type 6 als type 5 + nabeh. om stikstofgehalte nog verder te verlagen	Type 7 (Omgekeerde osmose)	Type 8 (Omgekeerde osmose + ionenwisselaar)	Type 9
$\text{m}^3$	+++	2000	29000	29000	27000	27000	27000	2000	2000		151000
	++										
	+										
	-	423000	396000	396000	399000	399000	399000	423000	423000	425000	274000
N-gift	+++	2000	29000	29000	29000	29000	29000	2000	2000	2000	153000
	++										
	+	12000						12000	12000	12000	
	-	411000	396000	396000	396000	396000	396000	411000	411000	411000	272000
P-gift	+++	425000	425000	425000	425000	425000	425000	425000	425000	425000	425000
	++										
	+										
	-										

Dit scenario geeft een beeld van de mogelijkheden om dunne mestfracties af te zetten naar de akkerbouw als de basisbemesting en bijbemesting afgestemd worden op varkensdrijfmest en dunne mestfracties gegeven de (gewas-specifieke) gebruiksnormen. Omdat ook rekening wordt gehouden met de praktische toepasbaarheid van de hoeveelheid dunne (mest)fracties ontstaat een reëel beeld van de potentieel mogelijke afzet naar de akkerbouw. Omdat fosfaat veelal limiterend is, hebben veel mestfracties geen perspectief omdat de aanvoer met stikstof niet past bij de stikstofgebruiksnorm (tabel 9). Perspectief voor toepassingen van dunne mestfracties doet zich voor bij zomergerst (dunne fractie Type 1 t/m Type 5) en bij toepassing van mineralenconcentraten bij suikerbieten, zetmeelaardappelen, zomergerst, pootaardappelen en zomertarwe

(bijlage 5 en 6). Ook bij mineralenconcentraten is er perspectief voor ca. 150.000 ha. In de overige gegeven situaties kan het beste varkensdrijfmest gebruikt worden om de fosfaatgebruiksruimte op te vullen en de resterende stikstofruimte met kunstmeststikstof. De dunne (mest)fracties hebben in die situatie geen perspectief gelet op de  $N/P_2O_5$ -gehalte van de deze fracties.

### 3.1.3 Beperkte fosfaatplaatsingsruimte voor dunne (mest)fracties

In deze paragraaf wordt onderzocht of er perspectief aanwezig is door een deel van het fosfaat altijd als dunne mestfractie te geven, hetgeen in mindering gebracht wordt op de basisbemesting met varkensdrijfmest. In de huidige uitvoeringspraktijk wordt varkensdrijfmest gebruikt en komt bijbemesting met een dunne mestfractie beperkt voor en kan zelfs volledig uitgesloten worden als met de varkensdrijfmest al de plaatsingsruimte door één van de gebruiksnormen (meestal fosfaat) volledig benut wordt. Om dit te onderzoeken is uitgegaan van een rekenvariant die zich meer richt op de huidige situatie waar vooral grote hoeveelheden varkensdrijfmest gebruikt worden en er landelijk gemiddeld maximaal 10 kg  $P_2O_5$  per ha aan ruimte resteert voor gebruik van dunne (mest)fracties. In bijlagen 7 en 8 staan de uitkomsten van deze berekeningen als verondersteld wordt dat bij de belangrijkste akkerbouwgewassen deze fosfaatplaatsingsruimte er is ongeacht de fosfaattoestand van de bodem. Tabel 10 geeft een overzicht van de plaatsingsmogelijkheden van de verschillende dunne (mest)fracties.

Zowel zeugengier als dunne mestfracties van eenvoudige scheidingstechnieken tonen een perspectief. Meestal wordt dan voldaan aan de fosfaatgebruiksnorm, echter de stikstofgebruiksnorm wordt in 90% van de situaties niet opgevuld (tabel 10; aandeel score “-“ groot). De dunne fractie van high-tech scheiding (Type 4 en 5) bieden ook perspectief voor ongeveer 155.000 ha landbouwgrond en kunnen dan voldoen aan de stikstofgebruiksnorm (+++ en ++), maar lopen tegen de huidige in de praktijk toe te passen hoeveelheden aan te wenden  $m^3$  aan (+; tabel 10). Dit scenario geeft aan dat mineralenconcentraten (Type 9) relatief veel perspectief bieden. Ongeveer 161.000 ha is dan, gelet op de aanwendingsmogelijkheden ( $m^3$ ; score  $\geq$  “++”), geschikt als meststof waarbij in deze situatie ook in belangrijke mate aan de stikstof- en fosfaatgebruiksnormen kan worden voldaan. Totaal lijkt 425.000 ha bereikbaar met mineralenconcentraten (aanwendingsmogelijkheden  $m^3$ ; score  $\geq$  “+”) waarbij ook nog redelijk tot goed wordt gescoord op het realiseren van de stikstofgebruiksnormen (N-gift score  $\geq$  “+”). Dit is niet realiseerbaar bij de andere dunne mestfracties.

**Tabel 10**

Geschatte areaal (ha) dat beschikbaar is om verschillende typen dunne (mest)fracties af te zetten naar de akkerbouw gebaseerd op de mogelijkheden om binnen de gebruiksnormen een reële hoeveelheid dunne (mest)fracties af te zetten tot maximaal 10 kg P2O5 per ha en de arealen die dan goed (+++) en niet (-) voldoen aan de gebruiksnormen qua N- en P-giften (areaal afgerond op duizenden ha).

Parameter	Score	Zeugengier	Dunne fractie varkensdrijfmest van low-tech scheiding			Dunne fractie varkensdrijfmest van high-tech scheiding			Permeaat		Mineralen-concentraat
			Type 1 (vijzelpers)	Type 2 (centrifuge)	Type 3 (primaire scheiding)	Type 4 a) vijzelpers b) centrifuge c) zeeffbandpers	Type 5 als type 4 + nabeh. om org. stof te verwijderen (flotatie en/of UF)	Type 6 als type 5 + nabeh. om stikstofgehalte nog verder te verlagen	Type 7 (Omgekeerde osmose)	Type 8 (Omgekeerde osmose + ionenwisselaar)	Type 9
m <sup>3</sup>	+++	425000	425000	425000	29000	29000	29000				153000
	++				396000	3000					8000
	+					394000	396000	425000	425000	425000	264000
	-										
N-gift	+++	2000	29000	29000	38000	107000	53000	2000	2000		238000
	++	12000		3000	14000	48000	102000			2000	140000
	+	15000		7000	102000	12000	10000	12000	12000		47000
	-	396000	396000	387000	270000	258000	260000	411000	411000	423000	
P-gift	+++	425000	425000	423000	411000	396000	394000				387000
	++			2000	14000	29000	31000	425000	425000	425000	38000
	+										
	-										

## 3.2 Kostenanalyse

In deze paragraaf worden de kosten voor mestverwerking en de kosten van lozing op het riool en zuivering op een RWZI globaal in kaart gebracht. Wellicht zijn er ook mogelijkheden in de regio's om aan te sluiten bij een industriële AWZI, echter deze mogelijkheden hangen sterk af de specifieke werking van een dergelijke AWZI. De eventuele zuivering op een AWZI wordt buiten de context van dit rapport gehouden.

### 3.2.1 Mestverwerking

In deze paragraaf wordt een indicatie gegeven van de kosten die gemaakt worden om de verschillende typen dunne mestfracties/producten uit dierlijke mest (zie tabel 1) te maken.

Geschatte kosten voor mestscheiding met de vijzelpers (Type 1) en centrifuge (Type 2) bedragen resp. 0,5-2 €/ton en 3-4 €/ton (Schröder et al., 2009).

Voor de kosten voor het verkrijgen van een mestvloeistof door gescheiden opvang in de stal (Type 3) zijn geen specifieke bedragen bekend. Een globale kostenschatting kan als volgt worden gemaakt:

- Stel dat de investeringskosten voor een standaard stal voor 1000 varkensplaatsen (overeenkomend met 1000 - 2000 m<sup>3</sup> mest per jaar) € 500.000 bedragen.
- Stel dat de extra investering voor gescheiden opvang van dikke mest en urine 20% van de standaard investeringskosten bedragen. Dat komt overeen met € 100.000
- Stel de afschrijvingstermijn op 20 jaar.
- Stel dat de onderhoudskosten onveranderd blijven.

De extra afschrijvingskosten door de extra investeringen bedragen dan € 5000 per jaar. Dit is per ton mest € 2,5. Met rente en overige kosten kan dit bedrag mogelijk verdubbelen. Zeer globaal kunnen de kosten van mestscheiding dan gesteld worden op € 4-6 per ton. Meer nauwkeurige informatie hierover kan worden verkregen als de investeringen, benodigd voor de bouw van een stal met gescheiden opvang van urine en dikke mest, vergeleken worden met de investeringen voor een standaard stal. Daarbij heeft de stal met een gescheiden mestopvang van urine en dikke mest ook nog andere voordelen vergeleken met een standaard



stal. Dit betekent dat niet alle kosten van de scheidingsinstallatie moeten worden toegerekend aan de scheiding zelf. Als alternatief voor de conventionele standaard stal met daarin opgenomen een systeem voor gescheiden opvang van urine, kan ook gedacht worden aan het Kempfarm-concept van de stal (Aarnink, et al., 2007). Dit is een innovatief systeem en biedt een totaalconcept voor huisvesting van varkens. De basis van dit systeem wordt gevormd door een speciale staalconstructie en het gebruik van V-vormige banden waarmee de urine en feces direct van elkaar worden gescheiden en afgevoerd. Het interessante is dat de bouwkosten van dit systeem lager lijken te zijn dan de bouwkosten van een standaard stal. Verwacht wordt dat de kosten van dit systeem vergelijkbaar of lager zijn dan de kosten van een standaardstal (zonder gescheiden opvang van urine en feces).

Voor het verkrijgen van een mestvloeistof Type 4 (vijzelpers en/of centrifuge en/of zeefbandpers) en een nabewerkingstap ultrafiltratie/flotatie (Type 5) zijn de kosten afgeleid uit het onderzoek van de pilot Mineralenconcentraten (Velthof, 2010; Velthof, 2011). De gemiddelde kosten van scheiding/concentreren van mest, dus inclusief de stappen Ultrafiltratie/Omgekeerde Osmose, zijn globaal € 7,5 /ton. De kosten van de stappen Ultrafiltratie/Omgekeerde Osmose worden geschat op € 3 /ton. Geschatte scheidingskosten per ton mest voor het verkrijgen van een mestvloeistof Type 4 (vijzelpers en/of centrifuge en/of zeefbandpers) bedragen dan € 4,5 /ton.

De kosten van de aanvullende Ultrafiltratiestap of flotatie die nodig is om een deel van de organische stof te verwijderen uit de dunne mestfractie Type 4 worden geschat op 1 €/ton, zodat de totale kosten 5-6 €/ton bedragen.

Voor het verlagen van het ammoniumgehalte zijn verschillende technieken beschikbaar die in bijlage 1 zijn beschreven en voorzien zijn van een kostenindicatie (zie ook bijlage 9). Voor de beschreven technieken kan samengevat worden aangegeven dat, zeer globaal, de *extra* kosten (t.o.v. Type 5) variëren tussen de 6 - 21 € per ton dunne mestfractie Type 4 (2 - 7 €/kg NH<sub>3</sub> verwijderd) te weten:

- a) Strippen van ammoniak en absorptie van ammoniak in geconcentreerd zwavelzuur: 5 €/kg NH<sub>3</sub>.
- b) Biologische omzetting van ammoniak via conventionele nitrificatie/denitrificatie: 4 €/kg NH<sub>3</sub>.
- c) Biologische verwijdering van stikstof via partiële oxidatie van NH<sub>3</sub> tot NO<sub>2</sub> gevolgd door denitrificatie van het gevormde nitriet met een koolstofbron (SHARON): 3 €/kg NH<sub>3</sub> (nog in ontwikkeling voor dunne mestvloeistof).
- d) Biologische omzetting van NH<sub>4</sub> via partiële oxidatie tot nitriet en autotrofe omzetting van nitriet met NH<sub>4</sub> tot stikstof (SHARON-ANAMMOX proces): 2 €/kg NH<sub>3</sub> (nog in ontwikkeling voor dunne mestvloeistof).
- e) Vorming van struviet en terug levering van struviet aan de kunstmestindustrie: 7 €/kg NH<sub>3</sub> (nog in ontwikkeling voor dunne mestvloeistof).
- f) Vorming van struviet, afdampen/vervluchtigen van NH<sub>3</sub> bij verhoogde temperatuur en hergebruik van fosfaat en magnesium: 3 €/kg NH<sub>3</sub> (nog in ontwikkeling voor dunne mestvloeistof).

De kosten voor de vorming van een permeaat via omgekeerde osmose, al dan niet met een nabewerkingstap met een ionenwisselaar (resp. Type 7 en 8), zijn gebaseerd op de voorlopige uitkomsten van de pilot Mineralenconcentraten (Velthof, 2010).

Tabel 11 geeft het overzicht van de raming van de kosten om de verschillende typen dunne mestfracties/producten uit dierlijke mest (zie tabel 1) te bewerkstelligen.

**Tabel 11**

Indicatie van de kosten van mestverwerking per ton zeugengier of varkensdrijfmest.

	Zeugengier	Dunne fractie varkensdrijfmest van low-tech scheiding			Dunne fractie varkensdrijfmest van high-tech scheiding			Permeaat	
		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8
		(vijzelpers)	(centrifuge)	(primaire scheiding)	a) vijzelpers b) centrifuge c) zeebandpers	als type 4 + nabeh. om org. stof te verwijderen (floatatie en/of UF)	als type 5 + nabeh. om stikstofgehalte nog verder te verlagen	(Omgekeerde osmose)	(Omgekeerde osmose + ionenwisselaar)
mestverwerking (€ / ton)	0	0.5 - 2	3 - 4	4 - 6	4 - 5	5 - 6	6 - 21	7 - 8	8 - 9

### 3.2.2 Kosten van lozing

Voor de zuivering van verontreinigde vloeistoffen brengt het rioolwaterzuiveringschap (RWZI) kosten in rekening. Deze kosten zijn gebaseerd op het aantal vervuilingseenheden (VE/m<sup>3</sup>). Een VE is gedefinieerd als:

$$VE = (CZV + 4,57 \times KjN) / 54,75$$

CZV = Chemisch Zuurstof Verbruik

(kg m<sup>-3</sup>)

KjN = Stikstofgehalte (bepaald volgens Kjeldahl methode)

(kg m<sup>-3</sup>)

De kosten voor lozing per vervuilingseenheid variëren sterk. In onze studie is gerekend met 50 € per VE. Uitgaande van de concentraties die in tabel 1 zijn weergegeven, kan een indicatie worden gegeven van de kosten voor lozing (tabel 12). Hierbij is het chemisch zuurstof verbruik (kg/m<sup>3</sup>) gelijk gesteld aan het organische stof gehalte (kg/m<sup>3</sup>). Om de lozingskosten uit te drukken per ton varkensdrijfmest is verondersteld dat gemiddeld 75% wordt afgescheiden als dunne fractie (veelal tussen de 70% en 80%).

**Tabel 12**

Indicatie van de kosten voor lozing.

	Zeugengier	Dunne fractie varkensdrijfmest van low-tech scheiding			Dunne fractie varkensdrijfmest van high-tech scheiding			Permeaat	
		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8
		(vijzelpers)	(centrifuge)	(primaire scheiding)	a) vijzelpers b) centrifuge c) zeebandpers	als type 4 + nabeh. om org. stof te verwijderen (floatatie en/of UF)	als type 5 + nabeh. om stikstofgehalte nog verder te verlagen	(Omgekeerde osmose)	(Omgekeerde osmose + ionenwisselaar)
Organische stof	10	33	17	13	7.8	5.7	3	0.10	0.03
N-Kjeldahl (N-tot)	2	5.2	3.3	4.3	3.6	3.4	0.5	0.35	0.04
Vuileenheden (VE)	0.35	1.04	0.59	0.60	0.44	0.39	0.10	0.03	0.00
Lozingskosten (€ / ton dun)	17.5	51.8	29.3	29.8	22.1	19.4	4.8	1.6	0.2
Lozingskosten (€ / ton uitgangsmateriaal)	17.5	38.9	22.0	22.4	16.6	14.5	3.6	1.2	0.1

Uit tabel 12 blijkt dat directe lozing van zeugengier, low-tech gescheiden dunne varkensdrijfmest en high-tech gescheiden varkensdrijfmest (al of niet verlaagd in organisch stofgehalte) erg duur en in de praktijk niet haalbaar is. Alleen die situaties waarbij stikstof uit de dunne fracties wordt verwijderd (via omgekeerde osmose of door andere technieken) bieden perspectief. Zeker als ook nog rekening gehouden moet worden met de kosten voor mestbewerking zoals weergegeven in tabel 11 in paragraaf 3.2.1. Opgemerkt wordt dat bij de lozing van permeaat over het algemeen geen kosten in rekening worden gebracht door het waterschap als de CZV- en N-Kjeldahl-concentraties echt laag zijn.

### 3.2.3 Kosten voor zuivering en mogelijke mineralenwinning

Omdat de directe kosten voor lozing van dunne mestfracties, die de waterschappen kunnen doorberekenen, hoog kunnen zijn, is oriënterend nagegaan op welke manier een voorzuivering mogelijk is om het gehalte aan nutriënten en verontreinigende bestanddelen (N, P en organische stof) te verlagen uit de dunne mestfracties. Deze oriënterende analyse is uitgevoerd in samenspraak met de Brabantse waterschappen, gelegen in de mestconcentratie gebieden, om ook in de regio (mestconcentratiegebieden) naar synergie te zoeken met rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) en te voorkomen dat de dunne mestfracties over grote afstand getransporteerd moeten worden. In bijlage 10 zijn op hoofdlijnen mogelijke opties geschetst, mede in het licht van de bestaande en nieuwe technieken die in bijlage 1 zijn beschreven. Als hoofduitgangspunt voor de beschrijving van de opties is aangesloten bij de huidige zuiveringsstrategieën bij de RWZI's:

- A. RWZI waar al een slibvergistingsinstallatie aanwezig is.
- B. RWZI waar behalve slibvergisting ook al  $\text{NH}_3$  en  $\text{PO}_4$  verwijdering uit het rejectiewater plaats vindt via struvietvorming.
- C. RWZI zonder een slibvergistingsinstallatie.

Binnen deze hoofdopties is vervolgens nagegaan op welke manierwijze  $\text{NH}_3$  en  $\text{PO}_4$  teruggewonnen kunnen worden met methoden die mogelijk goedkoper of technisch beter zijn dan via struvietvorming. Dit is mede van belang omdat bij struvietwinning uit de dunne mestfractie slechts een beperkte hoeveelheid  $\text{NH}_3$  wordt teruggewonnen, terwijl de kosten voor lozing van de resterende opgeloste stikstof nog steeds hoog zijn. Via  $\text{NH}_3$ -strippen kan relatief eenvoudig 90% van de opgeloste stikstof teruggewonnen worden (kosten minder 4 € per kg  $\text{NH}_3$ ). Omdat hiervoor de pH verhoogd moet worden, zijn er ook mogelijkheden om fosfaat als calciumfosfaat neer te slaan en af te filtreren. Het teruggewonnen calciumfosfaat kan toegediend worden aan het zuiveringsslib dat naar SNB wordt afgevoerd en na verbranding als secundaire P-grondstof aan de industrie wordt aangeboden of, als mestscheiding en drogen van mest op de RWZI plaats kan vinden, toegediend worden aan de dikke mestfractie zodat deze mee-geëxporteerd wordt met de geproduceerd gedroogde mestkorrels. De kosten voor P-terugwinning uit de dunne fractie van varkensdrijfmest, al dan niet in combinatie met  $\text{NH}_3$  strippen, zijn niet echt bekend omdat dit samenhangt met de bufferende werking van de dunne mestfractie. De algemene conclusie is wel dat het zinvol is om deze mogelijkheden in de praktijk te testen (deels op laboratoriumschaal en deels als pilot op locatie).

### 3.2.4 Transportkosten

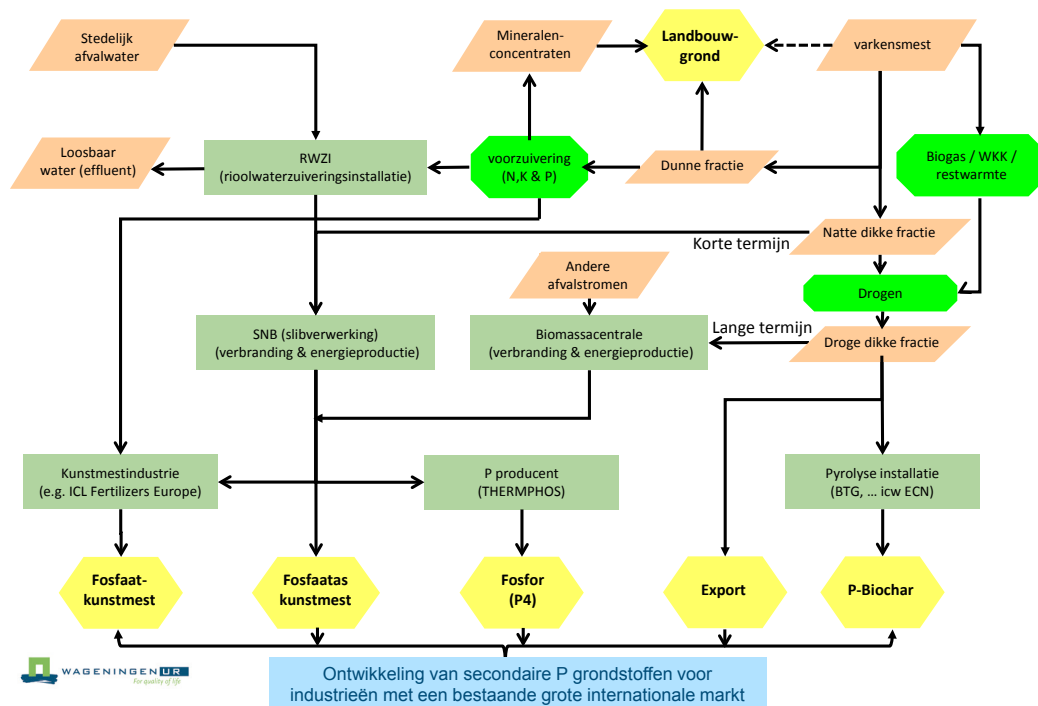
Naast de kosten voor mestbe- en verwerking en / of lozing moet de dunne fractie ook getransporteerd worden. Transport van een waterige mestfractie is duur 4 - 6 €/ton (Schröder et al., 2009; Schoumans et al. 2011) en de afzet van de dunne fractie in de directe omgeving (bouwland of lozing) van de mestproductie heeft dan ook de voorkeur.



## 4 Discussie

De Rijksoverheid heeft aangegeven dat per 1 januari 2015 het dan aanwezige fosfaatoverschot in de vorm van dierlijke mest dusdanig be- en verwerkt moet worden dat de afzet van mest ter grootte van het fosfaatoverschot buiten de Nederlandse landbouw gegarandeerd is<sup>6</sup>. Via 'mestinnovaties' wordt geprobeerd hieraan invulling te geven.

De belangrijkste route-opties voor mestinnovaties zijn aangegeven in figuur 2. Deze routes worden verder verkend samen met de landbouwsector en andere actoren. Voor de dikke fractie varkensdrijfmest zijn er al verschillende mogelijkheden om tot afzetbare producten te komen (Schoumans et al., 2011; Schoumans et al., 2012b). Voor de dunne mestfracties was dat minder duidelijk. Deze studie vult de ontbrekende leernte in kennis aan. Onze studie geeft de perspectieven voor: (i) afzet naar de akkerbouw, al dan niet na menging met onverwerkte varkensdrijfmest, (ii) lozing na zuivering via een RWZI op het oppervlaktewater.



**Figuur 2**

*Opties voor fosfaatwinning uit varkensdrijfmest, aanwending op landbouwgrond en zuiveringsmogelijkheden voor lozing op het oppervlaktewater (aangepast op basis van Schoumans et al, 2011).*

Een eerste analyse van de mogelijkheden om de dunne fractie afkomstig van vijf tot tien miljoen m<sup>3</sup> varkensdrijfmest (20 - 40 miljoen kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) af te zetten naar de open teelten geeft aan dat jaarlijks 200.000 tot

<sup>6</sup> Mestbrief van het Kabinet aan de Tweede Kamer d.d. 28 september 2011; Kamerstuk no 33037 nr. 1.

400.000 ha beschikbaar moet zijn als overal 20 m<sup>3</sup> dunne fractie wordt uitgereden. Dit komt overeen met 37 - 75% van het totale areaal akkerbouwland (ca. 542.000 ha; excl. voedergewassen). Dit lijkt technisch gezien mogelijk. De feitelijke acceptatie hangt in de praktijk echter af van de inpasbaarheid in de bedrijfsvoering, de samenstelling van de aangeboden dunne (mest)fractie en de vergoeding die betaald wordt aan de akkerbouwer. Omdat de gebruiksnormen voor fosfaat in de akkerbouw als meest knellend wordt ervaren, mede door de huidige relatief hoge fosfaattoestanden van de bodem, worden dunne fracties van varkensdrijfmest met een hoog N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding (en een niet te laag N-gehalte) mogelijk eerder geaccepteerd dan onbewerkte (niet gescheiden) varkensdrijfmest. Dit stelt eisen aan de scheidingstechnieken. Scheidingstechnieken die dunne fracties leveren met relatief hoge gehalten aan fosfaat, hebben een minder gunstig perspectief. In de onderhavige studie zijn verschillende typen dunne fracties van varkensdrijfmest onderzocht die door de toepassing van verschillende be- en verwerkingstechnieken verschillen in N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhoudingen (van ca. 2 tot 18).

Bij het inschatten van de mogelijke plaatsingsruimte van de dunne mestfracties zijn drie scenario's uitgewerkt:

1. Bemesting met uitsluitend dunne (mest)fracties.
2. Best passende combinatie van bemesting met varkensdrijfmest en een dunne (mest)fractie.
3. Bemesting met varkensdrijfmest en een dunne mestfractie uitgaande van een plaatsingsruimte voor de dunne mestfractie ter grootte van 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha akkerbouwland.

In paragraaf 3.1 is de scoring van de dunne mestfracties aangegeven. Als we uitsluitend de optimale mogelijkheden onderzoeken (drie plussen) kan het totale areaal gekwantificeerd waar de verschillende dunne mestfracties perspectief bieden (tabel 13).

**Tabel 13**

*Geschatte areaal (ha) dat beschikbaar is om verschillende typen dunne mestfracties, zeugengier en mineralenconcentraat af te zetten in de akkerbouw, gebaseerd op de gebruiksnormen 2013 en uitgaande van de opties (1) bemesting met uitsluitend dunne mestfracties, (2) best passende combinatie van bemesting met varkensdrijfmest en dunne mestfractie en (3) bemesting van dunne mestfracties uitgaande van een plaatsingsruimte van 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha akkerland en de overige benodigde hoeveelheid stikstof en fosfaat in de vorm van varkensdrijfmest.*

Score +++										
Scenario	Zeugengier	Dunne fractie varkensdrijfmest van low-tech scheiding			Dunne fractie varkensdrijfmest van high-tech scheiding			Permeaat		Mineralenconcentraat
		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9
		(vijzelpers)	(centrifuge)	(primaire scheiding)	a) vijzelpers b) centrifuge c) zeefbandpers	als type 4 + nabeh. om org. stofte verwijderen (flotatie en/of UF)	als type 5 + nabeh. om stikstofgehalte nog verder te verlagen	(Omgekeerde osmose)	(Omgekeerde osmose + ionenwisselaar)	
(1)	10000	18000	126000			27000			15000	
(2)	2000	29000	29000	27000	27000	2000	2000			151000
(3)	425000	425000	425000	29000	29000	29000				153000

Als de samenstelling van de *low-tech* gescheiden dunne mest (+++) zeer nauw moet beantwoorden aan de toegestane gebruiksnormen, dan zijn de mogelijkheden voor de afzet naar akkerland van de meeste dunne mestfracties als enige meststof beperkt (< ca. 27.000 ha). Alleen met een *low-tech* mestscheidingstechniek (centrifuge) waarbij meststof Type 2 ontstaat, kan een substantieel areaal bereikt worden (ca. 126.000 ha). Dit kan uitgebreid worden tot ca. 200.000 ha als minder scherpe eisen aan de beantwoording aan gebruiksnormen worden gesteld; d.w.z. dat op bedrijfsniveau enige uitwisseling in aanvoer van stikstof en/of fosfaat met andere bronnen mogelijk is (score ++; niet gepresenteerd in tabel 13 maar afleidbaar uit tabel 8). Vooral bij gronden met een neutrale tot hoge fosfaattoestand biedt Type 2 perspectief (zie tabel 8) bij de gewassen wintertarwe en consumptie- en zetmeelaardappelen (zoals gespecificeerd in bijlage 4). In die situaties kan aan de stikstofgebruiksnorm worden voldaan, maar niet altijd aan de fosfaatgebruiksnorm. Bij

gronden met een hoge fosfaattoestand is dit minder ernstig omdat de bodem gedurende een groot aantal jaren nog fosfaten kunnen naleveren. Wel moeten qua volume relatief grote hoeveelheden dunne fractie Type 2 aangewend worden (90-100 m<sup>3</sup>) en dat leidt tot praktische aanwendingsproblemen.

Het tweede scenario waarbij gezocht wordt naar een zo goed mogelijke verhouding tussen varkensdrijfmest en een dunne fractie, en waarbij ook rekening gehouden wordt met de aanwendingsmogelijkheden qua volume, leidt tot een reëler beeld van de potentiële plaatsingsmogelijkheden (tabel 13 scenario 2; situatie met een score +++). Vooral de mineralenconcentraten bieden dan perspectief (plaatsbaar op ongeveer 150.000 ha akkerland op kleigrond bij suikerbieten, zomergerst, pootaardappelen en zomertarwe; bijlage 5). De overige dunne mestfracties in combinatie met varkensdrijfmest (Type 1 t/m 5) die perspectief bieden op ongeveer 27.000 - 29.000 ha akkerland betreft zomergerst op kleigrond (bijlage 5 en bijlage 6). Ook bij een mindere score ( $\geq++$  of  $\geq+$ ) nemen de geschatte arealen voor plaatsingsmogelijkheden van dunne mestfracties niet toe (tabel 9). Dit wordt veroorzaakt doordat in dit scenario per gewas naar de beste combinatie is gezocht voor aanwending van varkensdrijfmest en een dunne mestfractie, rekening houdend met criteria voor maximaal aan te wenden hoeveelheden mest (uitgedrukt in m<sup>3</sup>; tabel 7). De vraag is echter of in de praktijk per gewas naar een optimale hoeveelheid van deze twee mestsoorten wordt gezocht. Meestal wordt in de praktijk een basisbemesting met dierlijke mest uitgevoerd die aangevuld (bijbemesting) wordt met andere meststoffen.

Het laatste scenario gaat daarom uit van een meer aan de praktijk verbonden uitvoering onder de aanname van een fosfaatplaatsingsruimte van 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha in de akkerbouw, die in de vorm van dunne mestfractie opgevuld kan worden. Verondersteld wordt dat deze ruimte bij alle gewassen aanwezig is en dat de resterende fosfaatplaatsingsruimte benut is met varkensdrijfmest (of eventueel andere daarvan afgeleide dierlijke mestproducten). Vooral zeugengier en dunne mestfracties, verkregen met eenvoudige *low-tech* mestscheidingstechnieken (Typen 1 t/m 3) bieden dan perspectief op 425.000 ha (tabel 13). Feitelijk hebben deze mestfracties een beter perspectief dan mineralenconcentraten (153.000 ha; tabel 13), omdat mineralenconcentraten een relatief laag fosfaatgehalte hebben, waardoor er veel volume moet worden aangewend voor bepaalde gewassen om de resterende fosfaatgebruiksruimte op te vullen. Bij een score boven de ++ nemen de arealen nagenoeg niet toe, maar wel bij een score boven de +. In dat laatste geval zijn alle dunne fracties goed plaatsbaar op ca. 425.000 ha akkerland en kan voldaan worden aan de fosfaatgebruiksnorm (score  $\geq ++$ ; herleidbaar uit tabel 10). Echter, alleen bij mineralenconcentraten kan ook nog redelijk tot goed wordt gescoord op het realiseren van de stikstofgebruiksnormen (N-gift score  $\geq +$ ). Dit is niet realiseerbaar bij de andere dunne mestfracties.

Duidelijk is dat er perspectieven zijn voor aanwending van specifieke op maat gemaakte dunne mestfracties in de akkerbouw gegeven het bouwplan (gewasrotaties) van een akkerbouwer. Het is echter lastig om ideale combinaties van te voren vast te stellen, omdat de varkensdrijfmestsamenstelling en het rendement van *low-tech* scheidingstechniek sterk variëren, en daardoor ook de samenstelling van de dunne mestfractie. Verder bestaat de kans dat de dunne *low-tech* gescheiden mestfractie niet volledig in de nabije omgeving van de mestproductie afgezet kan worden (beperkt areaal akkerland areaal) en relatief hoge kosten voor de afzet van de dunne mestfractie gemaakt moeten worden.

De perspectieven om het volume aan mogelijk dunne mestfracties volledig in de akkerbouw af te zetten, zijn niet voldoende groot. In het kader van de voorliggende studie zijn daarom ook de mogelijkheden van verwerking van de dunne mestfractie op een RWZI verkend (met als doel uiteindelijke lozing op oppervlaktewater van het resterende effluent van de dunne mestfractie). Tabel 14 geeft een indicatie van de totale kosten die gemaakt moeten worden voor onbehandelde lozing, bestaande uit kosten voor mestscheiding en de kosten voor lozing op grond van het aantal vervuilingseenheden.

**Tabel 14 I**

indicatie van de kosten voor de scheiding van varkensdrijfmest in een dunne fractie en de lozing van deze fractie op het oppervlaktewater.

	Zeugengier	Dunne fractie varkensdrijfmest van low-tech scheiding			Dunne fractie varkensdrijfmest van high-tech scheiding			Permeaat	
		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8
		(vijzelpers)	(centrifuge)	(primaire scheiding)	a) vijzelpers b) centrifuge c) zeebandpers	als type 4 + nabch. om org. stof te verwijderen (flotatie en/of UF)	als type 5 + nabch. om stikstofgehalte nog verder te verlagen	(Omgekeerde osmose)	(Omgekeerde osmose + ionenwisselaar)
mestverwerking (€ / ton)	0	0.5-2	3-4	4-6	4-5	5-6	6-21	7-8	8-9
Lozingkosten (€ / ton)	17	39	22	22	17	15	4	1	0
<b>Totaal (€ / ton)</b>	<b>17</b>	<b>40-41</b>	<b>25-26</b>	<b>26-28</b>	<b>21-22</b>	<b>20-21</b>	<b>10-25</b>	<b>8-9</b>	<b>8-9</b>

De totale verwerkingskosten voor lozing van de dunne fractie is hoog voor zeugengier en de dunne mestfracties Type 1 tot en met 6. Alleen bij verdergaande zuivering waarbij een groot deel van het ammonium wordt verwijderd (Typen 7 en 8) zijn de verwerkingskosten acceptabel. Het verdient aanbeveling om een verdere bewerking van de *low-tech* gescheiden dunne mestfractie door strippen en/of door struvietvorming (bijlage 1) mede in relatie tot de kosten (bijlage 9) nader te verkennen (bijlage 9). Mogelijkheden voor grootschalige verwerkingen zijn wellicht mogelijk bij bestaande rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). Vanuit de Unie van Waterschappen is positief gereageerd op een verzoek tot samenwerking en mogelijke opties worden momenteel verkend in samenspraak met Brabantse waterschappen (waterschap Aa en Maas, waterschap De Dommel en waterschap Brabantse Delta). De belangrijkste mogelijke opties zijn in bijlage 10 weergegeven. Aanbevolen wordt om deze perspectieven in samenspraak met de waterschappen nader uit te werken en met een aantal voorstudies op korte termijn tot praktijkproeven (pilots) te komen.



## 5 Conclusies en aanbevelingen

In deze studie is nagegaan welke perspectieven er zijn voor de maximale afzet van verschillende typen dunne (mest)fracties, zeugengier en mineralenconcentraten in de Nederlandse akkerbouw, uitgaande van de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat die gelden voor 2013. Daarnaast zijn de globale kosten voor lozing van deze dunne mestfracties op een RWZI in beeld gebracht en de opties voor gezamenlijke mestverwerking en rioolwaterzuivering om mogelijkheden te verkennen van plaatsing van de dunne fracties buiten de landbouw.

De onderzochte dunne fractie zijn: zeugengier en acht dunne mestfracties, verkregen via drie *low-tech* en vijf *high-tech* scheidingstechnieken o.a. verkregen door omgekeerde osmose zoals toegepast in het project Mineralenconcentraten (Velthof, 2011).

De perspectieven voor gebruik van dunne mestfracties als enige meststof voor beantwoording aan de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat voor 2013 (scenario 1) zijn beperkt omdat de N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding van de dunne fracties afwijkt van de gewasspecifieke N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-verhouding van de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat. Alleen de fractie verkregen met *low-tech*-scheiding via centrifuge komt in aanmerking; wel moeten dan grote volumes gedoseerd worden die praktische toepassing in de weg staan. Ook het zoeken naar de beste combinatie van varkensdrijfmest en een (low-tech en high-tech) dunne mestfractie (scenario 2) leidt vaak niet tot het gewenste resultaat (minder dan 30.000 ha kan worden bediend). Toepassing van mineralenconcentraten biedt dan wel perspectief op ca. 150.000 ha akkerland onder gekozen randvoorwaarden voor gebruiksnormen, fosfaattoestand en maximaal toepasbaar volume. In scenario 3 is aangenomen dat er nog een fosfaatgebruiksruimte is van 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha. Hierdoor kan een jaarlijks potentieel van ca. 2,7 tot 5,4 miljoen kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in de vorm van dunne fracties extra afgezet worden, uitgaande van het beschikbare areaal akkerbouwgrond in 2010 van 540.000 ha. Zeugengier en dunne mestfracties van *low-tech*-scheiding via vijzelpers of centrifuge lijken perspectief te bieden voor deze opvulling van de fosfaatgebruiksnorm (450.000 ha akkerland potentieel bereikbaar). Ook in dit scenario bieden mineralenconcentraten perspectief op ca. 150.000 ha.

Het nadeel van *low-tech*-mestscheiding is dat de samenstelling van de dunne mestfractie sterk kan variëren waardoor de acceptatie door akkerbouwers in de praktijk beperkt zal zijn. Ook is er maar een beperkt areaal akkerbouw in de nabijheid van de mestoverschotgebieden en vindt al volop bemesting plaats met varkensdrijfmest, waardoor de dunne fractie over relatief grote afstand getransporteerd moet worden. De afzet kan hier hoger worden als mestscheiding toeneemt en de dikke fractie wordt afgevoerd. Toch is het areaal in de overschotgebieden beperkt en het perspectief voor afzet in overige akkerbouwgebieden niet voldoende groot voor een volledige afzet. Daarom is het te verwachten dat een verdere bewerking van de dunne fractie nodig is tot een product dat loosbaar is op het oppervlaktewater. Een optie is verwerking via omgekeerde osmose (Velthof, 2011).

De kosten voor lozing op een RWZI van (onbewerkte dunne) zeugengier bedragen op grond van de vervuilingseenheden (VE) ca. 17 €/ton zeugengier. De dunne fracties van *low-tech*-scheiding van varkensdrijfmest hebben nog relatief hoge gehalten aan organische stof en ammonium, waardoor de totale kosten voor de scheiding en rechtstreekse lozing op de RWZI zeer hoog zijn, namelijk 25-41 €/ton varkensdrijfmest. *High-tech*-scheidingstechnieken zijn dan ook nodig om tot een schonere dunne mestfractie te komen. Hiervoor zijn verschillende technieken voorhanden, maar nog niet in de praktijk getest. Geschat wordt dat door verdere verwerking de totale kosten gaan dalen tot ca. 10 - 25 € per ton. De varianten met de laagste kosten moeten verder verkend worden in samenwerking met RWZI's. Vanuit de Unie van

Waterschappen is positief gereageerd om de mogelijkheden van een kosten-effectieve zuivering van de dunne mestfractie op een RWZI, gericht op het terugwinnen van waardevolle componenten, gezamenlijk te onderzoeken.

Op grond van deze studie worden een aantal aanbevelingen gegeven.

- De studie van Schoumans et.al. 2011 schets duidelijke perspectieven voor verwerking van de dikke fractie van mestscheiding van varkensdrijfmest. De dunne fractie die resteert dmoet zoveel mogelijk als N- en K-bron in de directe omgeving afgezet worden.
- Door aanwending van varkensdrijfmest als basisbemesting en dunne mestfracties als bijbemesting kan ingespeeld worden op de gestelde gewasspecifieke gebruiksnormen. Ook via menging van onbewerkte varkensdrijfmest met dunne mestfracties kan afgestemd worden op de gebruiksnormen als een eenmalige bemestingsgift nagestreefd wordt. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat de samenstellingen van varkensdrijfmest en dunne mestfractie goed en snel vastgesteld kunnen worden om een mismatch te voorkomen. Hierdoor kan naar onze verwachting een groter areaal akkerlandgrond buiten de mestconcentratiegebieden bereikt worden.
- In samenwerking met waterschappen en hoogheemraadschappen moet nagegaan worden hoe met een voorzuiveringsunit gekoppeld aan een RWZI organische stof, ammonium en fosfaat teruggewonnen kunnen worden uit dunne mestfracties zodat het uiteindelijk restproduct via het zuiveringsproces van de RWZI geloosd kan worden op het oppervlaktewater. Dit vraagt nader onderzoek van verschillende beschikbare technieken, die in dit rapport beschreven zijn, tezamen met verwerkingskosten om zo tot een procedure te komen met zo laag mogelijke kostprijs.

# Literatuur

- Aarnink, A.J.A., J. Huis in 't Veld, A. Hol en I.Vermeij, 2007. Kempfarm vleesvarkensstal: milieu-emissies en investeringskosten. Animal Sciences Group. Rapport 67.
- Altinbas, M., I. Ozturk and A.F. Aydin, 2002. Ammonia recovery from high strength agro-industry effluents. *Water Science & Technology*. 45(12), 189 - 196.
- Bolt van der, F.J.E., O.F. Schoumans, E.M.P.M. van Boekel, P. Bogaart, H.P. Broers, B. van der Griff, C.H.G. Daatselaar, W. van Dijk, P. Groenendijk, A. van den Ham, A.E.J. Hooijboer, A. de Klijne, R.L.M. Schils en T.P. ToLeenders. Ontwikkeling van de bodem- en waterkwaliteit. Evaluatie Meststoffenwet 2012: eindrapport ex post. Alterra, Alterra rapport 2318.
- CBS-statline, 2010.  
<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=37110&D1=a&D2=a&HD=101102-1100&HDR=G2&STB=T>
- Celen, I. en M. Turker, 2001. Recovery of ammonia as struvite from anaerobic digester effluents. Second International Conference on Recovery of Phosphates from Sewage and Animal Wastes, March, 12 - 13, Noordwijkerhout, Holland.
- Hao, X.D., C.C. Wang, L. Lan en M.C.M. Loosdrecht, 2009. A quantitative method analyzing the content of struvite in phosphate-based precipitates. International Conference on Nutrient Recovery from Wastewater Streams .Vancouver, British Columbia, Canada, Eds. Ashley, K., Mavinic, D. and Koch, F. ISBN: 9781843392323. IWA Publishing, London. 79 - 88.
- Hoop, J.G. de, C.H.G. Daatselaar, G.J. Doornwaard en N.C. Tomson, 2011. Mineralenconcentraten uit mest. Economische analyse en gebruikerservaringen uit de pilots mestverwerking in 2009 en 2010. LEI, onderdeel van Wageningen UR. Rapport 2011-030, Juni 2011
- Huang, H.M., X.M. Xiao en B. Yan, 2009. Recycle use of magnesium ammonium phosphate to remove ammonium nitrogen from rare-earth wastewater. *Water Science & Technology*. 59(1), 1093 - 1099.
- Lemmens, B., J. Ceulemans, H. Elslander, S. Vanassche, E. Brauns en K. Vrancken, 2007. Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor mestverwerking. Academia Press, Gent, België. 335 pp.  
[http://www.emis.vito.be/sites/default/files/pagina/bbt\\_mestverwerking.pdf](http://www.emis.vito.be/sites/default/files/pagina/bbt_mestverwerking.pdf)
- Melse, R.W., F.E. de Buissonjé, N. Verdoes en H.C. Willers, 2004. Quick scan van be- en verwerkingstechnieken voor dierlijke mest. Animal Sciences Group. Rapportage opdrachtgever 1390938000.
- Mestbrief van het Kabinet aan de Tweede Kamer d.d. 28 september 2011; Kamerstuk no 33037 nr. 1.
- Mulder, A., 2003. The quest for sustainable nitrogen removal technologies. *Water Science & Technology*. 48(1), 67-75.
- Lehmkuhl, J., 1990. Verfahren für die Ammonium-Elimination. *WLB Wasser, Luft und Boden* 11-12, 46-48. (in German).
- PBL, 2009. Milieubalans 2009. Publicatienummer 500081015. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Den Haag.
- Rulkens, W.H., A. Klapwijk en H.C. Willers, 1998. Recovery of valuable nitrogen compounds from agricultural liquid wastes: potential possibilities, bottlenecks and future technological challenges. *Environmental Pollution* 102, S1, 727-735.
- Schoumans, O.F., W.H. Rulkens, O. Oenema en P.A.I. Ehler, 2011. Phosphorus recovery from animal manure; Technical opportunities and agro-economical perspectives. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2158.
- Schoumans, O.F., P. Groenendijk, L.V. Renaud, W. van Dijk, J.J. Schröder, A. van den Ham en A.E.J. Hooijboer, 2012a. Verhoogde nitraatconcentraties in het Zuidelijke zandgebied. Analyse van de mogelijke oorzaken. Alterra, Wageningen, Alterra rapport 2319.

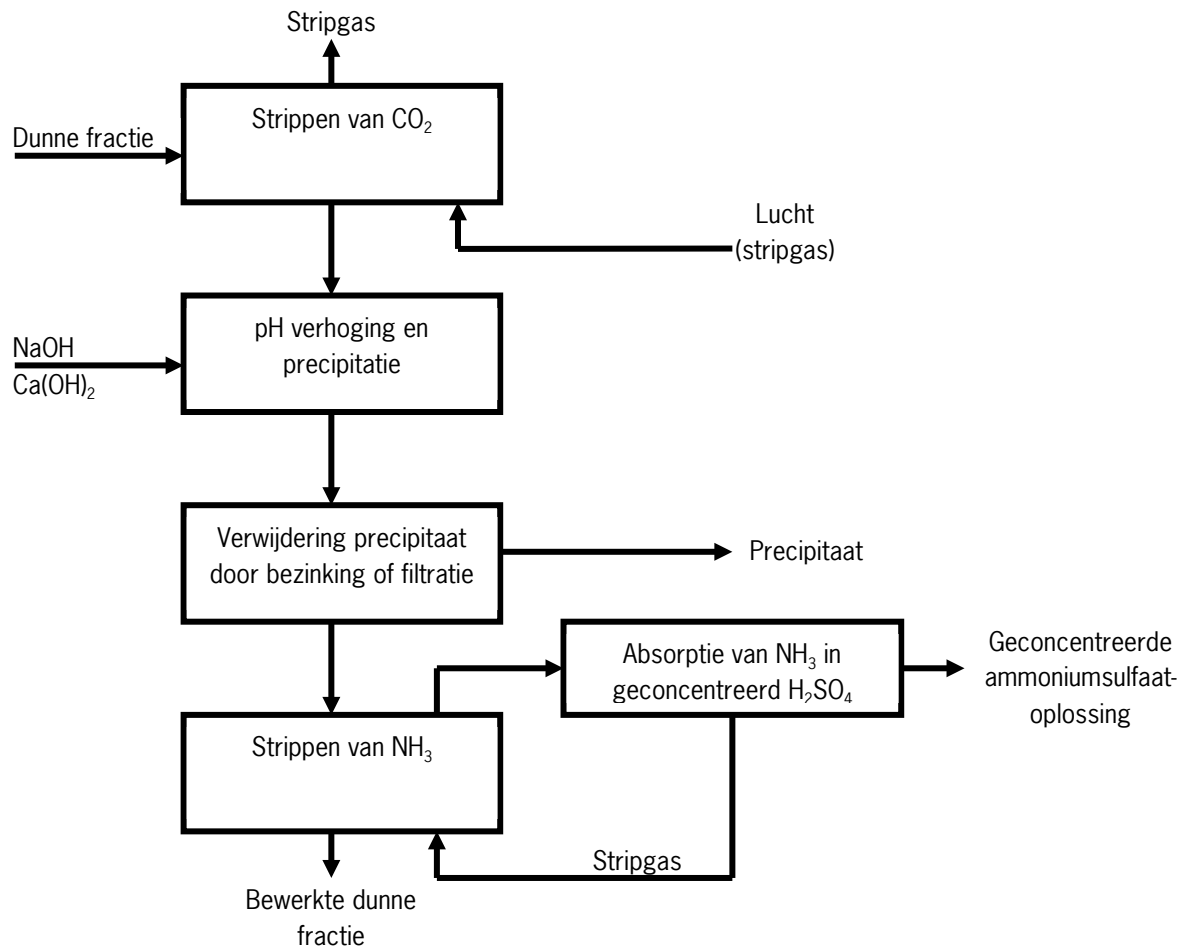
- Schoumans, O.F., W.H. Rulkens, P.A.I. Ehlert en O. Oenema, 2012b. Phosphorus recovery from animal manure; Technical opportunities and agro-economical perspectives. Flyer. 3<sup>rd</sup> Sustainable Phosphorus Summit, 29 Feb - 2 Mar 2012. Sydney, Australia
- Schröder, J., F. de Buissonjé, G. Kasper en N. Verdoes, 2009. Mestscheiding: relaties tussen techniek, kosten, milieu en landbouwkundige waarde. Plant Research International b.v. Wageningen, Rapport nummer 287.
- Schuilig, R.D. en A. Andrade, 1999. Recovery of struvite from calf manure. *Environmental Technology*. 20, 765-768.
- Starmans, D.A.J., R.W. Melse en J.P.M. Sanders, 2011. Haalbaarheidsstudie terugwinning mestnutriënten. Fase1: processchema en nutriëntenstromen. Wageningen UR Livestock Research. Rapport 446. Maart 2011.
- STOWA, 2004. Rejectiewaterbehandeling geëvalueerd. STOWA Rapport 20.
- STOWA, 2000. Het gecombineerde Sharon/Anammoxproces. Een duurzame methode voor N-verwijdering uit slibgistingwater. STOWA-rapport 2000-25
- STOWA, 2011. Synergie RWZI en Mestverwerking. STOWA-rapport 2011-10
- Tweede Kamer, 2011. Mestbrief aan de Tweede Kamer d.d. 28 september 2011; Kamerstuk no 33037 nr. 1.
- Velthof, G.L., 2010. Kunstmestvervangers onderzocht Tussentijds rapport van het onderzoek in het kader van de pilot Mineralenconcentraten, Alterra, <http://edepot.wur.nl/163145>
- Velthof, G.L., 2011. Synthese van het onderzoek in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2211.
- Verloop, K., G. Hilhorst, E. Teenstra en B. Meerkerk, 2009. Minder mestafvoer door mestscheiding? Koeien & Kansen-stappenplan voor bepaling van voordelen voor het individuele melkbedrijf. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad. project Koeien en Kansen, rapportnummer 54.
- VROM, 1985. Stikstofverwijdering uit anaeroob gezuiverd afvalwater, Publikatiereeks Milieubeheer, Ministerie van VROM, mei 1985
- Wager, F., T. Wirthensohn, A. Corcoba en W. Fuchs, 2009. Air stripping of ammonia from anaerobic digestate. International Conference on Nutrient Recovery from Wastewater Streams. Vancouver, British Columbia, Canada, Eds. Ashley, K., Mavinic, D. and Koch, F. ISBN: 9781843392323. IWA Publishing, London. 719 -735.
- Zhang, S., C. Yao, X. Feng en M. Yang, 2004. Repeated use of MgNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O residues for ammonium removal by acid dipping. *Desalination*. 170. 27 - 32.

# Bijlage 1 Opties voor NH<sub>3</sub>-verwijdering uit dunne mestvloeistof (niet met RO)

Voor de verwijdering van NH<sub>3</sub> uit dunne mestvloeistof bestaat een aantal opties. De belangrijkste zijn:

## 1. Strippen van ammoniak en absorptie van ammoniak in geconcentreerd zwavelzuur

Deze methode van ammoniakverwijdering en terugwinning is weergegeven in figuur B1.1 (Lemmens, 2007; Melse, 2004; Rulkens, 1998; VROM,1985; STOWA, 2004; STOWA, 2011; Wager, 2009).



**Figuur B1.1**

*Strippen van ammoniak en absorptie van ammoniak in geconcentreerd zwavelzuur.*

De dunne mestvloeistof wordt in eerste instantie gestript om de eventueel aanwezige CO<sub>2</sub> uit te drijven. In de meeste situaties kan het zinvol zijn de te strippen vloeistof vooraf licht aan te zuren. Strippen van CO<sub>2</sub> resulteert in een beperkte pH verhoging. Verwijdering van CO<sub>2</sub> resulteert in het algemeen in een reductie van de buffercapaciteit van de mestvloeistof en daardoor van de hoeveelheid chemicaliën die nodig is voor pH-verhoging. Na het CO<sub>2</sub>-strippen wordt de pH van de vloeistof verhoogt door toevoeging van NaOH en/of Ca(OH)<sub>2</sub> tot een pH-waarde van 10 à 11. Hierbij ontstaat een hoeveelheid neerslag dat wordt gefiltreerd. Het neerslag bestaat o.a. uit carbonaten en fosfaten. De filtratiestap wordt gevolgd door strippen van ammoniak met lucht. De met de luchtstroom meegevoerde ammoniak wordt in een absorptie installatie geabsorbeerd in een sterk zuur, bv. geconcentreerd zwavelzuur. Op deze manier wordt een geconcentreerde oplossing van ammoniumsulfaat verkregen. De uit de absorber tredende luchtstroom wordt in een gesloten luchtcircuit weer hergebruikt in het ammoniak-stripproces. Het is waarschijnlijk niet mogelijk om een N-NH<sub>3</sub>-gehalte in het zwavelzuur >12gew% te verkrijgen (geschikt voor tuinbouw), tenzij men speciale procesmodificaties toepast. Tijdens het stripproces wordt ook een beperkte hoeveelheid water verdampt die eveneens wordt geabsorbeerd in het geconcentreerde zwavelzuur en daar een verdunning veroorzaakt. Een meer efficiënte procesvoering van het stripproces kan worden verkregen als het stripproces bij verhoogde temperatuur wordt uitgevoerd. In plaats van lucht kan men ook stoom als stripgas gebruiken en de daarbij verkregen ammoniakrijke stoom (eventueel partieel) condenseren. Op deze manier wordt een geconcentreerde waterige ammoniak oplossing verkregen die eventueel nog verder kan worden geconcentreerd. Toepassing van stoom als stripgas is echter alleen mogelijk als de te strippen vloeistof vooraf wordt verhit.

De eindconcentratie aan NH<sub>3</sub> in de gestripte mestvloeistof is sterk afhankelijk van het type stripproces en van de toegepaste procescondities bij het strippen. Ammoniak-verwijderingsrendementen van 90% en hoger zijn gemakkelijk haalbaar. De eindconcentratie van NH<sub>3</sub> kan worden berekend uit het verwijderingsrendement. Een eindconcentratie van N-totaal <0,5 g/l is naar verwachting vrij gemakkelijk haalbaar voor de dunne mestfractie. De eindconcentratie van P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> zou in principe uit het oplosbaarheidsproduct van calciumfosfaat kunnen worden berekend. De samenstelling van het precipitaat kan echter sterk variëren. Ook kunnen fosfaat bevattende deeltjes in de vloeistof achterblijven bij de afscheiding van het precipitaat dat wordt verkregen bij de pH-verhoging. Er kan worden aangenomen dat de eindconcentratie aan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> lager dan 0,1 g/l is. Uit de literatuur (Lemmens et al., 2004; Melse et al., 2004; STOWA, 2004; STOWA, 2011; VROM, 1985) blijkt dat de kosten van strippen van ammoniak uit een afvalwaterstroom (inclusief het absorberen van de gestripte ammoniak in geconcentreerd zuur, zoals bijvoorbeeld zwavelzuur) zeer sterk kunnen variëren. Deze variatie wordt veroorzaakt door verschillen in:

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

Zoals te verwachten zijn de kosten per kg ammoniakverwijdering lager naarmate de concentratie van NH<sub>3</sub> hoger is en het debiet groter is. Voor sommige specifieke typen afvalwaterstromen met relatief lage concentraties van NH<sub>3</sub> in afvalwater zijn vanuit de praktijkervaring de kosten wel bekend (o.a. voor rejectiewater, industrieel anaeroob gezuiverd afvalwater). Vertaling naar kosten voor verwijdering van ammoniak uit dunne mestvloeistof is echter moeilijk door gebrek aan volledige gegevens. Op basis van de eerder genoemde literatuur informatie kunnen de kosten van NH<sub>3</sub>-verwijdering uit dunne mestvloeistof zeer globaal geschat worden op ca. 5 €/kg verwijderde NH<sub>3</sub>. De eventuele opbrengst van de verkregen geconcentreerde ammoniakoplossing is daarbij niet meegerekend. Het proces is toepasbaar in de praktijk.

## 2. Biologische omzetting van ammoniak via conventionele nitrificatie/denitrificatie

Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) wordt hierbij in een eerste, aerobe biologische behandelingsstap via beluchting omgezet in nitraat ( $\text{NO}_3$ ). Deze biologisch omzetting bestaat uit twee deelstappen. De eerste stap is biologische oxidatie van  $\text{NH}_3$  tot nitriet ( $\text{NO}_2$ ). De tweede stap bestaat uit de verdere biologische oxidatie van nitriet tot nitraat. Voor deze omzettingen is zuurstof nodig: in totaal ongeveer 4,6 g  $\text{O}_2$  per g N. Een zeer klein deel van de N wordt omgezet in biomassa. Bij het nitrificatieproces worden waterstofionen gevormd, waardoor de pH daalt. De mate van daling van de pH is afhankelijk van de buffercapaciteit van de waterige oplossing. De daling in pH moet eventueel worden gecompenseerd door toevoeging van chemicaliën.

In een tweede biologische zuiveringsstap, de denitrificatiestap, wordt het verkregen nitraat ( $\text{NO}_3$ ) in afwezigheid van zuurstof met een biologisch degradeerbare organische koolstofbron (CZV-bron, zoals bijvoorbeeld methanol) omgezet in luchtstikstof ( $\text{N}_2$ ). De benodigde hoeveelheid biodegradeerbare CZV hiervoor bedraagt, zeer globaal, 5 g CZV per g  $\text{NO}_3\text{-N}$ .

Voor het uitvoeren van het totale nitrificatie/denitrificatie-proces zijn verschillende reactorconfiguraties mogelijk, zoals o.a. conventionele continu doorstroomde systemen, membraanbioreactorsystemen en SBR-systemen. (Sequencing Batch Reactor systemen). Al deze systemen hebben voor- en nadelen, afhankelijk van het type afvalwater dat moet worden behandeld en van de eisen die aan het effluent worden gesteld.

Met bovengenoemde methoden kunnen bij de zuivering van stedelijk en industrieel afvalwater relatief lage N-concentraties in het effluent worden verkregen. Er kan daarom worden aangenomen dat de eindconcentratie van  $\text{NH}_3$  die kan worden verkregen lager is dan 300 mg N- $\text{NH}_3$ /l, zodat de concentratie van N-totaal lager is dan 0,5 g/l en dat de eindconcentratie aan  $\text{P}_2\text{O}_5$ - lager is dan 0,1 g/l.

Karakteristiek voor de conventionele biologische stikstofverwijdering door nitraatvorming, gevolgd door denitrificatie van het nitraat is de relatief grote hoeveelheid energie die nodig is voor de beluchting (ongeveer 5 kWh per kg  $\text{NH}_3$  verwijderd) en de omvangrijke (biologisch beschikbare) koolstofbron die nodig is. Dit maakt het proces duur om toe te passen op afvalwater dat relatief hoge concentraties aan ammoniak bevat.

Er is, voor zover bekend, nog maar weinig praktijkervaring in Nederland met de nitrificatie / denitrificatie van dunne mestvloeistof. Naast de hoge concentratie aan ammoniak is er ook het probleem dat de concentratie aan organische stof in de dunne mestvloeistof gering is en deze organische koolstofbron maar in beperkte mate biologisch beschikbaar is. Toevoeging van een externe koolstofbron is dan noodzakelijk.

Een zeer globale kostenschatting van het nitrificatie/denitrificatieproces voor varkensdrijfmest bedraagt 11 €/m<sup>3</sup> (Melse et al., 2004). Dit bedrag kan binnen ruime grenzen sterk variëren. Het is redelijk om aan te nemen dat dit bedrag ook indicatief is voor de dunne mestfractie. Dit betekent dat de kosten per kg verwijderde  $\text{NH}_3$  in de orde van grootte van ca. 4 € bedragen. Onderzoek is nodig om tot een meer nauwkeurige gegevens te komen. Echter op basis van bovengenoemde zeer globale schattingen kan al worden gesteld dat het nitrificatie/denitrificatie proces voor verwijdering van de  $\text{NH}_3$  uit de dunne mestfractie, economisch gezien, niet of nauwelijks haalbaar is.

Toepasbaarheid van het nitrificatie/denitrificatie proces op boerderijschaal is twijfelachtig.

## 3. Biologische verwijdering van stikstof via partiële oxidatie van $\text{NH}_3$ tot $\text{NO}_2$ gevolgd door denitrificatie van het gevormde nitriet met een koolstofbron (SHARON)

In het SHARON-proces (Single reactor system for High Activity Ammonia Removal Over Nitrite) (Mulder, 2003; STOWA, 2004) wordt in een eerste biologische oxidatiestap ammoniak omgezet in nitriet. Het reactorsysteem wordt zodanig bedreven dat de groeisnelheid van de micro-organismen ongeveer gelijk is aan de totale hydraulische verblijftijd in het systeem. Er vindt dan geen slibretentie plaats. Bij voldoende hoge temperatuur, 30-35 °C, en een voldoende korte hydraulische verblijftijd kan het oxidatie proces van  $\text{NH}_3$  worden beperkt tot de vorming van nitriet. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat bij verhoogde temperatuur de micro-organismen

die verantwoordelijk zijn voor de omzetting van nitriet in nitraat aanzienlijk langzamer groeien dan de micro-organismen die verantwoordelijk zijn voor de omzetting van ammoniak in nitriet. Onder deze omstandigheden, verhoogde temperatuur en korte hydraulische verblijftijd, kan de eerstgenoemde groep micro-organismen zich niet handhaven in het systeem.

In een tweede biologische zuiveringsschap wordt het verkregen nitriet ( $\text{NO}_2$ ) in afwezigheid van zuurstof met een biologisch degradeerbare organische koolstofbron (CZV-bron, zoals bijvoorbeeld methanol) omgezet in luchtstikstof ( $\text{N}_2$ ).

Vergeleken met het conventionele nitrificatie /denitrificatieproces is voor het SHARON-proces (dus afbraak via de nitrietroute) ca. 25% minder zuurstof en ca. 40% minder biologisch degradeerbare organische koolstof nodig. Er mag worden aangenomen dat de eindconcentratie van  $\text{NH}_3$  die kan worden verkregen met het SHARON-proces lager is dan 300 mg N- $\text{NH}_3$ /l, zodat de concentratie van N-totaal lager is dan 0,5 g/l en dat de eindconcentratie aan  $\text{P}_2\text{O}_5$  lager is dan 0,1 g/l.

Vergeleken met het conventionele nitrificatie/denitrificatie proces is toepassing van het SHARON-proces gecompliceerder, maar waarschijnlijk toch in beperkte mate goedkoper door een lager verbruik aan energie en een lager verbruik aan een externe biologisch degradeerbare organische koolstofbron. Het proces lijkt alleen haalbaar bij toepassing op voldoende grote schaal. Er is, voor zover bekend, nog geen praktijk ervaring met dit proces voor de dunne mestfractie. Onderzoek is nodig om de technische en economische haalbaarheid van dit proces voor de dunne mestvloeistof vast te stellen.

#### **4. Biologische omzetting van $\text{NH}_4$ via partiële oxidatie tot nitriet en autotrofe omzetting van nitriet met $\text{NH}_4$ tot moleculaire stikstof (SHARON-ANAMMOX proces)**

In dit proces wordt het SHARON-proces zodanig uitgevoerd (partiële oxidatie tot nitriet) dat het verkregen effluent gelijke moleculaire concentraties bevat van N- $\text{NH}_4$  en N- $\text{NO}_2$ . De helft van de aanwezige  $\text{NH}_4$  wordt in feite maar omgezet in  $\text{NO}_2$ . Het effluent van de SHARON-reactor wordt vervolgens naar een tweede biologische reactor geleid, de ANAMMOX (ANAerobicAMMonium OXidation) reactor waarin ammonium en nitriet autotroof, dus zonder externe koolstofbron, worden omgezet in stikstofgas. Dit proces wordt gekenmerkt door een zeer lage groeisnelheid van de specifieke micro-organismen die verantwoordelijk zijn voor het biologische omzettingsproces (Mulder, 2003; STOWA, 2000; STOWA, 2004).

Het grote voordeel van dit proces is dat in vergelijking met het conventionele nitrificatie/denitrificatie proces ca. 60% minder zuurstof nodig is (dus minder energie voor beluchting) en geen koolstofbron nodig is.

Er mag worden aangenomen dat de eindconcentratie van  $\text{NH}_3$  die kan worden verkregen met het SHARON-ANAMMOX-proces lager is dan 300 mg N- $\text{NH}_3$  /l zodat de concentratie van N-totaal lager is dan 0,5 g/l en dat de eindconcentratie aan  $\text{P}_2\text{O}_5$  lager is dan 0,1 g/l.

Vergeleken met het conventionele nitrificatie/denitrificatie-proces is toepassing van het SHARON-ANAMMOX-proces gecompliceerder, maar zullen de kosten toch aanzienlijk lager kunnen zijn door een lager verbruik aan energie en een lager verbruik aan een externe biologisch degradeerbare organische koolstofbron. De kosten van het SHARON-ANAMMOX-proces worden zeer globaal geschat op 1,5 €/kg verwijderde  $\text{NH}_3$  (Mulder, 2003).

Er is, voor zover bekend, nog geen praktijk-ervaring opgedaan met dit proces voor de dunne mestfractie. Onderzoek is nodig om de technische/economische haalbaarheid van dit proces nader vast te stellen.

#### ***Samenvatting biologisch omzettingsprocessen voor $\text{NH}_4$***

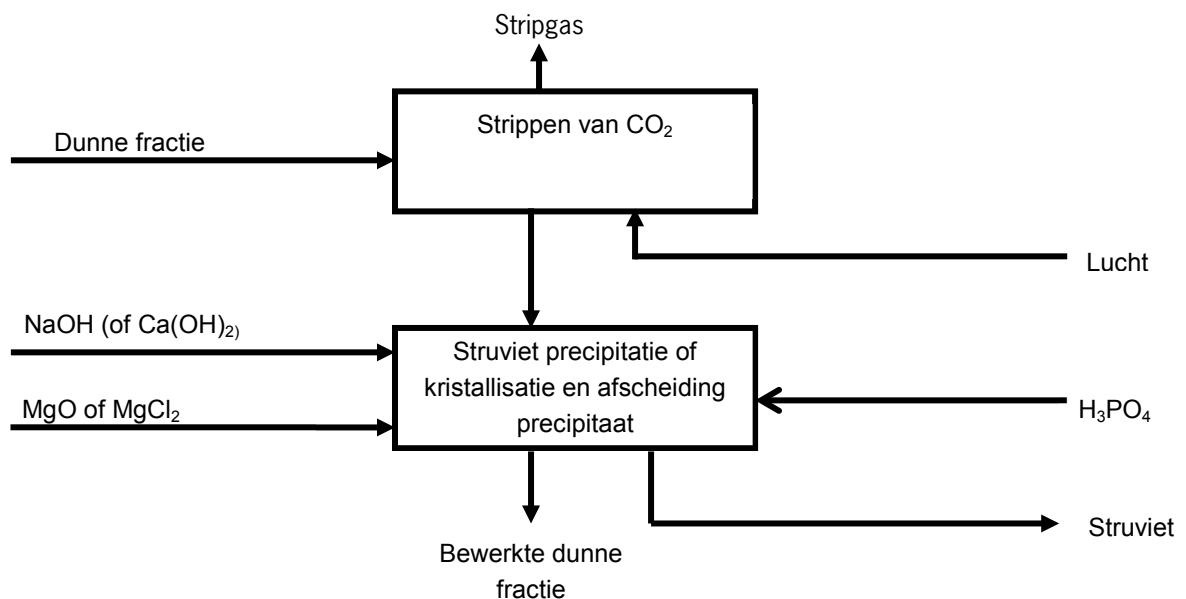
- Stikstof wordt niet teruggewonnen voor nuttig hergebruik.
- De biologische processen kosten energie. Bij het conventionele nitrificatie en denitrificatie-proces en bij het SHARON-proces is een externe koolstofbron nodig.



- De biologische processen worden gekenmerkt door een relatief lange verblijftijd van de te behandelen vloeistof in de reactoren. Dit betekent dat relatief grote reactoren nodig zijn.
- Bij de biologische omzetting komt  $N_2O$  als broeikasgas vrij.
- De complexiteit van de processen neemt toe in de volgorde, conventionele nitrificatie/denitrificatie, SHARON en SHARON-ANAMMOX.
- Met toepassing van SHARON en SHARON-ANAMMOX op de dunne mestvloeistof is, voor zover bekend, nog geen praktijk ervaring opgedaan
- De geschatte kosten van de biologische omzetting nemen af in de volgorde: conventionele nitrificatie/denitrificatie (ca. 4 €/kg verwijderde  $NH_3$ ), SHARON ca. 3 € en SHARON-ANAMMOX (ca. 2 €/kg verwijderde  $NH_3$ ). Deze kostenschatting is een zeer globaal.
- Toepassing van deze processen lijkt alleen haalbaar op grote schaal.
- Er bestaan ook nog enkele systemen die qua principe min of meer vergelijkbaar zijn met SHARON-ANAMMOX. Genoemd kunnen worden o.a. CANON, DEAMMONIFICATION en OLAND.
- Onderzoek is nodig naar de technischeconomische haalbaarheid van het SHARON en het SHARON-ANAMMOX-proces.
- De concentraties van N-totaal en  $P_2O_5$  in de resterende vloeistoffase na een biologisch stikstofverwijderingsproces voldoen naar verwachting aan de criteria: concentratie N-totaal lager dan 0,5 g/l, concentratie  $P_2O_5$  lager dan 0,1 g/l.

## 5. Vorming van struviet en levering van struviet aan de kunstmestindustrie

Deze methode van ammoniakverwijdering en terugwinning is zeer schematisch weergegeven in figuur B1.2 (Altinbas, 2002; Hao et al., 2009; Lehmkuhl, 1990; Schuiling et al., 1999; STOWA, 2004).



**Figuur B1.2**  
Vorming van struviet.

De eerste stap in het proces is het eventueel strippen van aanwezige  $CO_2$  om de hoeveelheid chemicaliën, die nodig is voor de verhoging van de pH bij het neerslagproces, te beperken. Na het  $CO_2$ -stripproces vindt

verhoging van de pH plaats tot een waarde van ca. 8 tot. 9 door toevoeging van NaOH. Ook kan eventueel  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  worden gebruikt voor pH-verhoging. Echter de aanwezigheid van calciumionen kan bij hoge pH aanleiding geven tot de vorming van calciumfosfaat. Deze stap wordt gevolgd door toevoeging van MgO (ook geschikt voor pH-verhoging) of  $\text{MgCl}_2$  en  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Daarbij wordt  $\text{NH}_4$ -struviet en mogelijk ook K-struviet gevormd. Dat laatste is afhankelijk van de pH die wordt toegepast en van de verhouding van de concentraties van K en  $\text{NH}_3$ . Bij lagere pH en hoge  $\text{NH}_3$ -concentraties wordt voornamelijk  $\text{NH}_4$ -struviet geproduceerd. Het struviet wordt vervolgens afgescheiden.

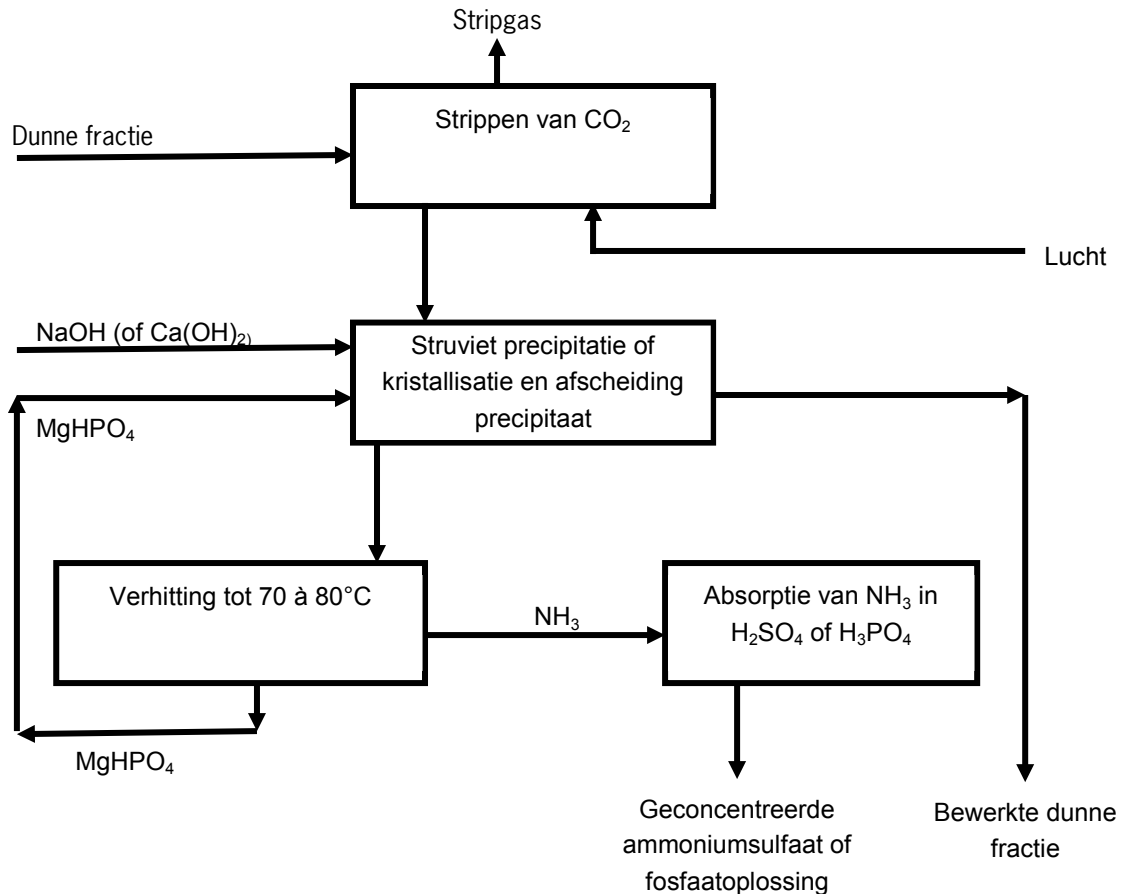
Eindconcentraties van  $\text{PO}_4$  en  $\text{NH}_3$  in de resterende vloeistoffase zijn in principe te berekenen uit de oplosbaarheid van struviet in water. Verwacht kan echter worden dat de eindconcentraties aan  $\text{NH}_3$  en  $\text{PO}_4$  in de behandelde vloeistoffase boven de theoretische concentraties liggen die uit het oplosbaarheidsproduct van struviet kunnen worden berekend. Een deel van de  $\text{PO}_4$  is waarschijnlijk ook nog aanwezig in de vorm van gesuspendeerde deeltjes. Het is redelijk om aan te nemen dat met het struvietvormingsproces een eindconcentratie van N-totaal kan worden verkregen die lager is dan 0,5 g/l en een  $\text{P}_2\text{O}_5$ -concentratie die lager is dan 0,1 g/l. Onduidelijk is wat precies de kwaliteit van het struviet is in verband met het hoge gehalte aan kalium. Bij wat lagere  $\text{NH}_3$  concentraties/hogere pH wordt waarschijnlijk ook kaliumstruviet gevormd. Verder moet ook rekening gehouden worden met het feit dat als calciumhydroxide gebruikt wordt voor pH-verhoging ook calciumfosfaat kan neerslaan.

Over de neerslagvorming van  $\text{NH}_3$  en  $\text{PO}_4$  met struviet is al erg veel bekend. (Stowa, 2004; Mulder, 2003). Ervaring met struvietvorming uit de dunne mestfractie zoals die gedefinieerd is in het voorafgaande, is echter nog zeer beperkt. Er is een groot aantal parameters dat invloed heeft op het struvietvormingsproces. Als belangrijkste kunnen worden genoemd: pH, verhouding Mg/ $\text{NH}_3$ / $\text{PO}_4$ , K, Ca, andere ionen en organische stof. Verder onderzoek naar de technisch/economische optimalisatie van het proces, ook in samenwerking met de kunstmestindustrie, is noodzakelijk.

De kosten van het proces worden voornamelijk bepaald door de kosten van de chemicaliën: MgO (of  $\text{MgCl}_2$ ), NaOH (of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .  $\text{H}_3\text{PO}_4$  kan in principe worden geleverd door de kunstmest-industrie. De hoeveelheid benodigde chemicaliën wordt voor een belangrijk deel bepaald door de samenstelling en de buffercapaciteit van de dunne mestvloeistof. Tegenover de kosten van chemicaliën staat de opbrengst van het struviet. Wordt het struviet teruggeleverd aan de kunstmest-industrie, dan komt de waarde van  $\text{P}_2\text{O}_5$  in deze struviet min of meer overeen met de waarde van  $\text{P}_2\text{O}_5$  in fosfaaterts. Zeer globaal bedragen de netto kosten voor verwijdering van  $\text{NH}_3$  uit dunne mestvloeistof dan ca. 7 € per kg verwijderde  $\text{NH}_3$ . Dit zijn min of meer ook de totale kosten. Mogelijk is het in dat verband echter interessant om na te gaan of er een voldoende grote markt is voor de rechtstreekse afzet van struviet als meststof, waarmee een hogere opbrengst kan worden gerealiseerd en waardoor de netto kosten kunnen worden gereduceerd (zie voor een verdere onderbouwing van deze kostencalculatie bijlage 9).

## 6. Vorming van struviet, afdampen van NH<sub>3</sub> bij verhoogde temperatuur en hergebruik van magnesiumhydrofosfaat

Deze methode van ammoniakverwijdering en terugwinning is zeer schematisch weergegeven in figuur B1.3. (Hao et al., 2009; Lehmkuhl, 1990; STOWA, 2004; Zhang et al., 2004; Huang et al., 2009).



**Figuur B1.3**

*Vorming van struviet, afdampen van NH<sub>3</sub> bij verhoogde temperatuur en hergebruik van magnesiumfosfaat.*

De eerste stap in het proces is het eventueel strippen van aanwezige CO<sub>2</sub> om de hoeveelheid chemicaliën, die nodig is voor de verhoging van de pH bij het neerslagproces, te beperken. Na het CO<sub>2</sub>-stripproces vindt verhoging van de pH plaats tot een waarde van ca. 8 a 9 door toevoeging van NaOH. Ook kan eventueel Ca(OH)<sub>2</sub> worden gebruikt voor pH-verhoging. Echter de aanwezigheid van calciumionen kan bij hoge pH aanleiding geven tot de vorming van calciumfosfaat). Deze stap wordt gevolgd door toevoeging van MgO (ook geschikt voor pH- verhoging) of MgCl<sub>2</sub> en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Daarbij wordt NH<sub>4</sub>-struviet en mogelijk ook K-struviet gevormd. Dat laatste is afhankelijk van de pH die wordt toegepast en van de verhouding van de concentraties van K en NH<sub>3</sub>. Bij lagere pH en hoge NH<sub>3</sub> concentraties wordt voornamelijk NH<sub>3</sub>-struviet geproduceerd. Het struviet wordt afgescheiden en vervolgens verhit. Daarbij wordt NH<sub>3</sub> verdampt en opgevangen in geconcentreerd zwavelzuur. Op deze manier wordt een geconcentreerde oplossing van ammoniumsulfaat verkregen. Mogelijk met een NH<sub>3</sub>-gehalte >12gew% (geschikt voor tuinbouw). Het vrijkomende MgHPO<sub>4</sub> wordt

weer hergebruikt voor struvietvorming. Een zeer beperkt deel van de toegevoerde MgO (of MgCl<sub>2</sub>) en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> blijft in de behandelde vloeistoffase achter.

Onder verwijzing naar het voorafgaande is het redelijk om aan te nemen dat met het struvietvormingsproces een eindconcentratie van NH<sub>3</sub> kan worden verkregen die lager is dan 300 mg NH<sub>3</sub>/l, zodat de concentratie van N-totaal lager is dan 0,5 g/l en een P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-concentratie die lager is dan 0,1 g/l.

Veel meer dan in het eerder besproken scenario, waarbij struviet weer als grondstof terug geleverd wordt aan de kunstmestindustrie of waarbij struviet direct wordt afgezet, wordt de technische en economische haalbaarheid van het struvietvormingsproces dat gecombineerd wordt met terugwinning van magnesium en fosfaat in belangrijke mate bepaald door de zuiverheid van het gevormde NH<sub>3</sub>-struvietprecipitaat of de gevormde NH<sub>3</sub>-struvietkristallen. Twee aspecten/voorwaarden zijn in dat verband van belang. Het eerste aspect is een nagenoeg volledige afscheiding van Mg en PO<sub>4</sub> bij het struvietvormingsproces. Anders gaan deze componenten verloren met de afgescheiden vloeistoffase of moet een separaat proces worden toegepast om deze componenten alsnog te verwijderen uit de afgescheiden vloeistoffase. Het tweede aspect is de vorming van een nagenoeg zuiver NH<sub>3</sub>-struviet. Alleen in dat geval is het mogelijk het achtergebleven magnesiumwaterstoffosfaat weer volledig te hergebruiken in het precipitatieproces of in het kristallisatieproces. Storende componenten in het struvietvormingsproces zijn de aanwezigheid van calcium en kalium ionen, eventueel andere ionen en mogelijk ook organisch stof. Gebruik van calciumhydroxide voor pH verhoging is in dat opzicht minder gunstig dan gebruik van NaOH. Verder speelt ook de pH een belangrijke rol, evenals de verhouding van Mg, P en N. Het verkrijgen van een voldoende zuiver NH<sub>3</sub>-struvietprecipitaat vereist daarom een nauwkeurige procesvoering. Mogelijk dat in sommige gevallen de samenstelling van de vloeistoffase echter niet geschikt is om in voldoende mate zuiver NH<sub>3</sub>-struviet te produceren. Kijkend naar alle parameters die invloed hebben op het proces is verder onderzoek naar de technisch/economische optimalisatie van het proces, ook in samenwerking met de kunstmestindustrie, noodzakelijk.

De kosten van het proces worden voor een belangrijk deel bepaald door de kosten van de chemicaliën die nodig zijn voor de pH verhoging, (NaOH) (of Ca(OH)<sub>2</sub>) en voor een beperkt deel door MgO (of MgCl<sub>2</sub>) en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (het deel dat achterblijft in de behandelde vloeistoffase). De hoeveelheid benodigde chemicaliën voor pH-verhoging wordt voor een deel bepaald door de buffercapaciteit van de dunne mestvloeistof en de verdere samenstelling van de dunne fractie. De kosten van H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> en MgO hoeven slechts voor een beperkt deel te worden meegerekend omdat deze componenten nagenoeg geheel worden teruggewonnen voor hergebruik. Er is nog geen ervaring opgedaan met de toepassing van dit proces voor de dunne mestvloeistof. De totale kosten worden voorlopig (zeer globaal) geschat op 3 € per kg te verwijderen N-NH<sub>3</sub>. Zzie voor een verdere onderbouwing van deze kostenrekening bijlage 9).

# Bijlage 2 Procentuele werkzame stikstofgift en absolute fosfaatgift bij gebruik als resp. fosfaatmeststof of stikstofmeststof, gegeven de wettelijke gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013

gewas	grondsoort	fosfaat-toestand	2013				procentuele werkzame N gift obv P norm									P205 gift obv N norm										
			N gebr norm (kg N/ha)	P gebruiks-norm (kg P205/ha)	Areaal dominant	N/P205 norm	Type 0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9	Type 0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9
Tarwe, winter	klei	hoog	245	55	70203	4,5	40	36	99	154	252	330	112	271	31	359	138	154	56	36	22	17	49	20	175	15
Suikerbieten	klei	hoog	150	55	36691	2,7	65	58	161	252	412	539	183	443	51	586	84	94	34	22	13	10	30	12	107	9
Zetmeelaardappelen	zand	hoog	230	55	24267	4,2	43	38	105	165	269	352	120	289	33	382	129	145	52	33	20	16	46	19	165	14
gerst, zomer	klei	hoog	80	55	14934	1,5	122	109	303	473	772	1011	344	831	96	1098	45	50	18	12	7	5	16	7	57	5
Pootaardappelen	klei	hoog	140	55	18309	2,5	70	62	173	270	441	578	196	475	55	628	79	88	32	20	12	10	28	12	100	9
Tarwe, zomer	klei	hoog	150	55	9883	2,7	65	58	161	252	412	539	183	443	51	586	84	94	34	22	13	10	30	12	107	9
Aardappelen, cons.	klei	hoog	275	55	26512	5,0	36	32	88	138	225	294	100	242	28	320	155	173	63	40	24	19	55	23	197	17
Aardappelen, cons.	zand	hoog	235	55	11433	4,3	42	37	103	161	263	344	117	283	33	374	132	148	53	34	21	16	47	19	168	15
Mais, korrel (geen derog.)	klei	hoog	185	55	8873	3,4	53	47	131	205	334	437	149	359	42	475	104	117	42	27	16	13	37	15	132	12
Tarwe, winter	klei	neutraal	245	65	54407	3,8	47	42	117	183	298	390	133	321	37	424	138	154	56	36	22	17	49	20	175	15
Suikerbieten	klei	neutraal	150	65	28436	2,3	77	69	191	298	487	638	217	524	61	692	84	94	34	22	13	10	30	12	107	9
Zetmeelaardappelen	zand	neutraal	230	65	18807	3,5	50	45	124	194	318	416	141	342	39	452	129	145	52	33	20	16	46	19	165	14
gerst, zomer	klei	neutraal	80	65	11574	1,2	144	129	358	559	913	1195	406	982	114	1298	45	50	18	12	7	5	16	7	57	5
Pootaardappelen	klei	neutraal	140	65	14189	2,2	83	74	204	319	522	683	232	561	65	742	79	88	32	20	12	10	28	12	100	9
Tarwe, zomer	klei	neutraal	150	65	7659	2,3	77	69	191	298	487	638	217	524	61	692	84	94	34	22	13	10	30	12	107	9
Aardappelen, cons.	klei	neutraal	275	65	20547	4,2	42	38	104	163	266	348	118	286	33	378	155	173	63	40	24	19	55	23	197	17
Aardappelen, cons.	zand	neutraal	235	65	8860	3,6	49	44	122	190	311	407	138	334	39	442	132	148	53	34	21	16	47	19	168	15
Mais, korrel (geen derog.)	klei	neutraal	185	65	6876	2,8	62	56	155	242	395	517	176	425	49	561	104	117	42	27	16	13	37	15	132	12
Tarwe, winter	klei	laag	245	85	10395	2,9	62	55	153	239	390	510	173	420	48	554	138	154	56	36	22	17	49	20	175	15
Suikerbieten	klei	laag	150	85	5433	1,8	101	90	249	390	637	834	283	685	79	905	84	94	34	22	13	10	30	12	107	9
Zetmeelaardappelen	zand	laag	230	85	3593	2,7	66	59	163	254	415	544	185	447	52	590	129	145	52	33	20	16	46	19	165	14
gerst, zomer	klei	laag	80	85	2211	0,9	189	169	468	731	1194	1563	531	1285	148	1698	45	50	18	12	7	5	16	7	57	5
Pootaardappelen	klei	laag	140	85	2711	1,6	108	96	267	418	682	893	304	734	85	970	79	88	32	20	12	10	28	12	100	9
Tarwe, zomer	klei	laag	150	85	1463	1,8	101	90	249	390	637	834	283	685	79	905	84	94	34	22	13	10	30	12	107	9
Aardappelen, cons.	klei	laag	275	85	3926	3,2	55	49	136	213	347	455	155	374	43	494	155	173	63	40	24	19	55	23	197	17
Aardappelen, cons.	zand	laag	235	85	1693	2,8	64	57	159	249	406	532	181	437	51	578	132	148	53	34	21	16	47	19	168	15
Mais, korrel (geen derog.)	klei	laag	185	85	1314	2,2	82	73	202	316	516	676	230	556	64	734	104	117	42	27	16	13	37	15	132	12



# Bijlage 3 Geschiktheid van de dunne (mest)fractie als fosfaatmeststof of stikstofmeststof gegeven de wettelijke gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013

Gewas	grondsoort	P-toestand	score afwijking N										score afwijking P205									
			Type 0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9	Type 0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9
Tarwe, winter	klei	hoog	-	-	+++	-	-	-	++	-	-	-	-	-	+++	-	-	-	-	-	-	-
Suikerbieten	klei	hoog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zetmeelaardappelen	zand	hoog	-	-	+++	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
gerst, zomer	klei	hoog	+	+++	-	-	-	-	-	-	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	-	-
Pootaardappelen	klei	hoog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwe, zomer	klei	hoog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aardappelen, cons.	klei	hoog	-	-	++	-	-	-	+++	-	-	-	-	-	++	-	-	+++	-	-	-	-
Aardappelen, cons.	zand	hoog	-	-	+++	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mais, korrel (geen derog.)	klei	hoog	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwe, winter	klei	neutraal	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suikerbieten	klei	neutraal	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zetmeelaardappelen	zand	neutraal	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
gerst, zomer	klei	neutraal	-	+	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pootaardappelen	klei	neutraal	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwe, zomer	klei	neutraal	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aardappelen, cons.	klei	neutraal	-	-	+++	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aardappelen, cons.	zand	neutraal	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mais, korrel (geen derog.)	klei	neutraal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwe, winter	klei	laag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suikerbieten	klei	laag	+++	++	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-
Zetmeelaardappelen	zand	laag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
gerst, zomer	klei	laag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pootaardappelen	klei	laag	+++	+++	-	-	-	-	-	-	++	-	-	-	+++	-	-	-	-	-	-	-
Tarwe, zomer	klei	laag	+++	++	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-
Aardappelen, cons.	klei	laag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aardappelen, cons.	zand	laag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mais, korrel (geen derog.)	klei	laag	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-





# Bijlage 4 Overall geschiktheid van de dunne (mest)fractie als enkelvoudige P- of N-meststof, gegeven de wettelijke gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013

Gewas	grondsoort	P-toestand	areaal	score best option									
				Type 0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9
Tarwe, winter	klei	hoog	70203	-	-	+++	-	-	-	++	-	-	-
Suikerbieten	klei	hoog	36691	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zetmeelaardappelen	zand	hoog	24267	-	-	+++	-	-	-	++	-	-	-
gerst, zomer	klei	hoog	14934	+	+++	-	-	-	-	-	-	+++	-
Pootaardappelen	klei	hoog	18309	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwe, zomer	klei	hoog	9883	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aardappelen, cons.	klei	hoog	26512	-	-	++	-	-	-	+++	-	-	-
Aardappelen, cons.	zand	hoog	11433	-	-	+++	-	-	-	++	-	-	-
Mais, korrel (geen derog.)	klei	hoog	8873	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwe, winter	klei	neutraal	54407	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-
Suikerbieten	klei	neutraal	28436	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zetmeelaardappelen	zand	neutraal	18807	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
gerst, zomer	klei	neutraal	11574	-	+	-	-	-	-	-	-	++	-
Pootaardappelen	klei	neutraal	14189	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwe, zomer	klei	neutraal	7659	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aardappelen, cons.	klei	neutraal	20547	-	-	+++	-	-	-	++	-	-	-
Aardappelen, cons.	zand	neutraal	8860	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Mais, korrel (geen derog.)	klei	neutraal	6876	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tarwe, winter	klei	laag	10395	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suikerbieten	klei	laag	5433	+++	++	-	-	-	-	-	-	+	-
Zetmeelaardappelen	zand	laag	3593	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
gerst, zomer	klei	laag	2211	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pootaardappelen	klei	laag	2711	+++	+++	-	-	-	-	-	-	++	-
Tarwe, zomer	klei	laag	1463	+++	++	-	-	-	-	-	-	+	-
Aardappelen, cons.	klei	laag	3926	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aardappelen, cons.	zand	laag	1693	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mais, korrel (geen derog.)	klei	laag	1314	++	+	-	-	-	-	-	-	-	-



## Bijlage 5 Optimale hoeveelheid varkensdrijfmest en dunne (mest)fractie gegeven de wettelijke gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013

gewas	grondsoort	fosfaat- toestand	2013			Type 0 Type 1 Type 2 Type 3 Type 4 Type 5 Type 6 Type 7 Type 8 Type 9									Type 0 Type 1 Type 2 Type 3 Type 4 Type 5 Type 6 Type 7 Type 8 Type 9											
			N gebr- norm (kg N/ha)	P gebruiks- norm (kg P2O5/ha)	Areaal dominant	Na controle feitelijke hoeveelheden plaatsbare varkensmest (m3)									Na controle feitelijke hoeveelheden plaatsbare dunne mest (m3)											
Tarwe, winter	klei	hoog	245	55	70203	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0												
Suikerbieten	klei	hoog	150	55	36691	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0												19,2
Zetmeelaardappelen	zand	hoog	230	55	24267	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0												
gerst, zomer	klei	hoog	80	55	14934	12,0	2,4	10,1	10,9	11,3	11,5	12,0	12,0	12,0	11,5											5,6
Pootaardappelen	klei	hoog	140	55	18309	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0												17,2
Tarwe, zomer	klei	hoog	150	55	9883	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0												19,2
Aardappelen, cons.	klei	hoog	275	55	26512	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0												
Aardappelen, cons.	zand	hoog	235	55	11433	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0												
Mais, korrel (geen derog.)	klei	hoog	185	55	8873	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0												
Tarwe, winter	klei	neutraal	245	65	54407	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1											
Suikerbieten	klei	neutraal	150	65	28436	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1												17,4
Zetmeelaardappelen	zand	neutraal	230	65	18807	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1												
gerst, zomer	klei	neutraal	80	65	11574	14,1	7,6	12,9	13,4	13,7	13,8	14,1	14,1	14,1	13,8											3,8
Pootaardappelen	klei	neutraal	140	65	14189	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	13,0											15,4
Tarwe, zomer	klei	neutraal	150	65	7659	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,8											17,4
Aardappelen, cons.	klei	neutraal	275	65	20547	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1												
Aardappelen, cons.	zand	neutraal	235	65	8860	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1												
Mais, korrel (geen derog.)	klei	neutraal	185	65	6876	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1												
Tarwe, winter	klei	laag	245	85	10395	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5											
Suikerbieten	klei	laag	150	85	5433	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	17,4											13,8
Zetmeelaardappelen	zand	laag	230	85	3593	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5												
gerst, zomer	klei	laag	80	85	2211	18,2	18,1	18,4	18,4	18,5	18,5	18,4	18,5	18,5	1,7											0,2
Pootaardappelen	klei	laag	140	85	2711	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	17,6											11,9
Tarwe, zomer	klei	laag	150	85	1463	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	17,4											13,8
Aardappelen, cons.	klei	laag	275	85	3926	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5												
Aardappelen, cons.	zand	laag	235	85	1693	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5												
Mais, korrel (geen derog.)	klei	laag	185	85	1314	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5												



# Bijlage 6 Werkzame stikstofgift en fosfaatgift bij gebruik varkensdrijfmest en dunne (mest)fracties (optimale verhouding) gegeven de wettelijke gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013

gewas	grondsoort	fosfaat-toestand	2013			Type 0 Type 1 Type 2 Type 3 Type 4 Type 5 Type 6 Type 7 Type 8 Type 9									Type 0 Type 1 Type 2 Type 3 Type 4 Type 5 Type 6 Type 7 Type 8 Type 9													
			N gebr- norm (kg N/ha)	P gebruiks- norm (kg P2O5/ha)	Areaal dominant	Na controle feitelijke hoeveelheden plaatsbare totale werkbare stikstofgift (kg N/ha)									Na controle feitelijke hoeveelheden plaatsbare totale fosfaatgift (kg P2O5/ha)													
Tarwe, winter	klei	hoog	245,0	55,0	70203,1	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Suikerbieten	klei	hoog	150,0	55,0	36691,2	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	150,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Zetmeelaardappelen	zand	hoog	230,0	55,0	24266,8	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
gerst, zomer	klei	hoog	80,0	55,0	14934,4	50,9	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	50,9	50,9	80,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Pootaardappelen	klei	hoog	140,0	55,0	18308,7	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	140,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Tarwe, zomer	klei	hoog	150,0	55,0	9883,1	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	150,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Aardappelen, cons.	klei	hoog	275,0	55,0	26512,2	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Aardappelen, cons.	zand	hoog	235,0	55,0	11432,7	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	59,4	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Mais, korrel (geen derog.)	klei	hoog	185,0	55,0	8872,8	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Tarwe, winter	klei	neutraal	245,0	65,0	54407,4	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
Suikerbieten	klei	neutraal	150,0	65,0	28435,7	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	150,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
Zetmeelaardappelen	zand	neutraal	230,0	65,0	18806,8	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
gerst, zomer	klei	neutraal	80,0	65,0	11574,2	60,2	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	60,2	60,2	60,2	80,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
Pootaardappelen	klei	neutraal	140,0	65,0	14189,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	140,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
Tarwe, zomer	klei	neutraal	150,0	65,0	7659,4	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	150,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
Aardappelen, cons.	klei	neutraal	275,0	65,0	20547,0	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
Aardappelen, cons.	zand	neutraal	235,0	65,0	8860,4	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	70,2	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
Mais, korrel (geen derog.)	klei	neutraal	185,0	65,0	6876,4	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	60,2	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0	65,0
Tarwe, winter	klei	laag	245,0	85,0	10395,5	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
Suikerbieten	klei	laag	150,0	85,0	5433,1	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	150,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
Zetmeelaardappelen	zand	laag	230,0	85,0	3593,4	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
gerst, zomer	klei	laag	80,0	85,0	2211,4	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
Pootaardappelen	klei	laag	140,0	85,0	2711,1	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	140,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
Tarwe, zomer	klei	laag	150,0	85,0	1463,5	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	150,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
Aardappelen, cons.	klei	laag	275,0	85,0	3925,8	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
Aardappelen, cons.	zand	laag	235,0	85,0	1692,9	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	91,8	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0
Mais, korrel (geen derog.)	klei	laag	185,0	85,0	1313,9	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0



# Bijlage 7 Optimale hoeveelheid varkensdrijfmest en maximaal 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha aan dunne (mest)fractie binnen de wettelijke toegestane gebruiksnormen voor fosfaat en stikstof in 2013

gewas	grondsoort	fosfaat-toestand	2013			Type 0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9	Type 0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Type 9
			N gebr norm (kg N/ha)	P gebruiks-norm (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)	Areaal dominant	Na controle feitelijke hoeveelheden plaatsbare varkensmest (m3)									Na controle feitelijke hoeveelheden plaatsbare dunne mest (m3)										
Tarwe, winter	klei	hoog	245	55	70203	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,1	
Suikerbieten	klei	hoog	150	55	36691	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	19,7	
Zetmeelaardappelen	zand	hoog	230	55	24267	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,1	
gerst, zomer	klei	hoog	80	55	14934	9,8	2,4	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	11,1	16,9	14,5	11,1	13,2	13,9	30,0	30,0	30,0	7,0	
Pootaardappelen	klei	hoog	140	55	18309	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	17,9	
Tarwe, zomer	klei	hoog	150	55	9883	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	19,7	
Aardappelen, cons.	klei	hoog	275	55	26512	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,1	
Aardappelen, cons.	zand	hoog	235	55	11433	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,1	
Mais, korrel (geen derog.)	klei	hoog	185	55	8873	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	26,1	
Tarwe, winter	klei	neutraal	245	65	54407	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,1	
Suikerbieten	klei	neutraal	150	65	28436	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	18,1	
Zetmeelaardappelen	zand	neutraal	230	65	18807	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,1	
gerst, zomer	klei	neutraal	80	65	11574	12,0	7,6	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,1	11,5	11,0	8,4	10,0	10,6	30,0	30,0	30,0	5,3	
Pootaardappelen	klei	neutraal	140	65	14189	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	16,2	
Tarwe, zomer	klei	neutraal	150	65	7659	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	18,1	
Aardappelen, cons.	klei	neutraal	275	65	20547	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,1	
Aardappelen, cons.	zand	neutraal	235	65	8860	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,1	
Mais, korrel (geen derog.)	klei	neutraal	185	65	6876	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	24,4	
Tarwe, winter	klei	laag	245	85	10395	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,1	
Suikerbieten	klei	laag	150	85	5433	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	11,1	3,8	16,7	20,0	27,7	29,3	30,0	30,0	30,0	14,7	
Zetmeelaardappelen	zand	laag	230	85	3593	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	27,1	
gerst, zomer	klei	laag	80	85	2211	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	6,6	2,6	4,0	3,1	3,6	3,8	26,4	30,0	30,0	1,9	
Pootaardappelen	klei	laag	140	85	2711	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	11,1	3,8	16,7	20,0	24,3	25,7	30,0	30,0	30,0	12,9	
Tarwe, zomer	klei	laag	150	85	1463	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	11,1	3,8	16,7	20,0	27,7	29,3	30,0	30,0	30,0	14,7	
Aardappelen, cons.	klei	laag	275	85	3926	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,1	
Aardappelen, cons.	zand	laag	235	85	1693	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	28,1	
Mais, korrel (geen derog.)	klei	laag	185	85	1314	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	11,1	3,8	16,7	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	21,1	









# Bijlage 9 Onderbouwing kostencalculaties verwerking dunne fractie door struvietvorming

## 9.A Verwijdering ammoniak door vorming van struviet en levering van struviet aan de kunstmestindustrie

### 9.A.1 Proces van ammoniakterugwinning

Ammoniakterugwinning vindt plaats via de volgende procesroute:

- Strippen van CO<sub>2</sub> uit de vloeistof met lucht. Dit is qua apparatuur een simpel proces. De CO<sub>2</sub> hoeft in principe niet te worden opgevangen. De pH van de te strippen vloeistof moet wel voldoende laag zijn om te voorkomen dat ook NH<sub>3</sub> wordt gestript. Er is een kans dat ook stankcomponenten worden gestript. In dat geval is een nabehandeling van het stripgas nodig, mogelijk met een compostfilter.
- pH verhoging naar 8 à 9 met natriumhydroxide (of calciumhydroxide) en eventueel magnesiumoxide. pH verhoging is nodig om struvietvorming te laten plaats vinden. Mg in de vorm van MgCl<sub>2</sub> of MgO is ook nodig voor de struvietvorming. MgO kan ook bijdragen aan de pH- verhoging. Het pH-verhogingsproces is simpel.
- Toevoegen van MgO en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> voor precipitatie of kristallisatie van ammoniakstruviet (NH<sub>4</sub>)MgPO<sub>4</sub>·6(H<sub>2</sub>O).
- Afscheiding van het precipitaat via eenvoudige bezinking of filtratie. Daarbij wordt een relatief nat precipitaat verkregen. De absolute hoeveelheid vocht is echter gering. Kosten van verdamping van dit water zijn verwaarloosbaar. Bij kristallisatie wordt een relatief droog struviet verkregen.
- Terugleveren van het precipitaat aan de kunstmestproducent (fosforzuurleverancier).

### 9.A.2 Belangrijkste kostenfactoren

a. Netto kosten van levering en teruglevering van fosforzuur/fosfaat

De prijs van fosforzuur en struviet is gebaseerd op de informatie verkregen van ICL-fertilizers (persoonlijke communicatie, 2011):

- Prijs fosforzuur bedraagt ca. \$ 1400 per ton P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Omgerekend naar 75% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (ca. 54% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) is dit \$ 756 per ton.
- De waarde van het struviet bij teruglevering aan de kunstmestindustrie wordt primair bepaald door het aanwezige fosfaat. ICL-fertilizers houdt voor terug geleverde struviet als indicatie de waarde van fosfaaterts aan. Deze waarde is op basis van een gehalte van 31% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> circa. \$ 150 - \$ 160 per ton.

Op grond van bovenstaande informatie kan de volgende kostenschatting voor het leveren van fosforzuur door de fosfaat-industrie en de teruglevering van het fosfaat als struviet aan de fosfaatindustrie worden gemaakt:

- Uit de opgegeven waarde van fosfaaterts kan worden berekend dat de waarde van P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in erts  $100/31 \times 155 \$ = 500 \$$  per ton P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bedraagt. Als struviet weer wordt teruggeleverd als fosfaaterts en aangenomen wordt dat alle ingekochte P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> als fosforzuur weer kan worden teruggeleverd, dan is de netto te betalen prijs per ton P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:  $1400 - 500 = 900$ , hetgeen overeenkomt met  $900/1,45 = 620$  €/ton (=0,62 € per kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; wisselkoers 22 augustus 2011).
- De molverhouding van NH<sub>3</sub> (NH<sub>4</sub>) en PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in struviet ((NH<sub>4</sub>)MgPO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O) is gelijk aan 1 bij een pH tussen de 8,5 en 10.
- 1 kmol NH<sub>3</sub> en 1 kmol P komen overeen met respectievelijk 17 kg NH<sub>3</sub> en 71 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Voor de precipitatie van 3 kg NH<sub>3</sub> uit één ton dunne mestvloeistof is dus  $(3/17) \times 71 \approx 12,5$  kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nodig. De kosten hiervan bedragen ongeveer  $12,5 \times 0,62 = 7,8$  €/ton mest (ruwweg 2,6 € per kg verwijderde NH<sub>3</sub>). Dit zijn dus netto kosten. Hierbij is impliciet aangenomen dat er bij het precipitatieproces van struviet geen precipitatie van K-struviet plaatsvindt.

b. Strippen van CO<sub>2</sub>. Kosten zijn verwaarloosbaar.

c. Verhoging pH tot 8 à 9 met calciumhydroxide.

De benodigde hoeveelheid chemicaliën (bijvoorbeeld Ca(OH)<sub>2</sub>) kan als volgt worden berekend. Aangenomen wordt dat eenmaal de equivalente hoeveelheid van de te verwijderen hoeveelheid NH<sub>3</sub> (3 kg NH<sub>3</sub>/ton dunne mestvloeistof) nodig is. Voor het strippen van 3 kg NH<sub>3</sub> betekent dit ca. 7 kg Ca(OH)<sub>2</sub> /ton dunne mestvloeistof. Dit is een ruwe schatting en is in de praktijk wat meer, afhankelijk van de buffercapaciteit. Op basis van literatuurgegevens wordt de extra benodigde hoeveelheid Ca(OH)<sub>2</sub>, die nodig is vanwege de buffercapaciteit, geschat op 3 kg/ton dunne mestvloeistof. Alleen chemicaliënkosten zijn van belang. Een equimolaire hoeveelheid MgO t.o.v. de te verwijderen hoeveelheid NH<sub>3</sub> wordt toegevoegd. Per kg te verwijderen NH<sub>3</sub> (NH<sub>4</sub>) bedraagt de hoeveelheid toe te voegen MgO 40/17=2,35 kg. Per ton dunne mestvloeistof is dit 3 x 2,35 = 7 kg.

e. Een equimolaire hoeveelheid H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> t.o.v. de te verwijderen hoeveelheid NH<sub>3</sub> wordt toegevoegd.

Omgerekend naar het gebruik van P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in plaats van H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> is per kg te verwijderen NH<sub>3</sub> ca. 4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> benodigd (zie het voorafgaande).

f. Bij het precipitatieproces treedt verlies op door de oplosbaarheid van ammoniumstruviet in water. De oplosbaarheid van struviet is zeer laag en bedraagt ca. 180 g/m<sup>3</sup>. Verwacht wordt dat ook een klein deel van het gevormde struviet-precipitaat na afscheiding van het precipitaat in de vloeistof achterblijft. Stel daarom het totaal verlies van MgO en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> op maximaal 300 g /ton dunne mestvloeistof (0,3 kg/ton). Dat betekent per ton mest een verlies van ca. 100 g MgO en ca. 200 g H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. De kosten hiervan worden verwaarloosd.

g. Met uitzondering van de kosten van de benodigde chemicaliën worden de kosten van het precipitatie proces verwaarloosd. Basisprijzen van chemicaliën bedragen:

- o Calciumhydroxide (Ca(OH)<sub>2</sub>): 0,5 €/kg <sup>7</sup>
- o Magnesiumoxide (MgO): 1 €/kg <sup>8</sup>
- o Geconcentreerd zwavelzuur (93-98%): 0,2 €/kg <sup>9</sup>

### **9.A.3 Totale kosten**

De totale kosten van dit proces worden voornamelijk bepaald door de kosten van de te gebruiken chemicaliën.

De kosten voor de chemicaliën per ton dunne mestvloeistof zijn:

- Kosten calciumhydroxide (10 kg/ton, 0,5 €/kg): 5 €/ton
- Kosten MgO (7 kg/ton, 1 €/kg): 7 €/ton
- Kosten P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (12 kg/ton, 0,62 €/kg): 7,5 €/ton
- Kosten zwavelzuur (9 kg/ton, 0,2 €/kg): 2 €/ton

Totaal kosten chemicaliën: 21,5 €/ton

Kosten per kg te verwijderen NH<sub>3</sub> bedragen derhalve ca. 7 €/kg.

In deze kostencalculatie zijn niet inbegrepen de kosten die verband houden met verliezen als gevolg van de oplosbaarheid van struviet. Verder worden de kosten van apparatuur verwaarloosd. Mogelijk dat de nog aanwezige MgO en PO<sub>4</sub> in de dunne mestvloeistof die na de mechanische mestscheiding wordt verkregen, kan

---

<sup>7</sup> Is geen courante kalkmeststof en daardoor is de prijs niet goed te achterhalen.

<sup>8</sup> Hangt zeer sterk af van het product. Een slechte kwaliteit heeft een prijs van 0,5 €/kg MgO. Bij meststoffen wordt gerekend met 1,3 €/kg MgO.

<sup>9</sup> US \$57.90 ~ 115.80/t (Production Price); omgerekend 40-80 €/ton; <http://price.alibaba.com/price/priceLeafCategory.htm?spuld=100069530&categoryId=100001649&pageNum=2>

resulteren in een iets lagere hoeveelheid toe te voegen chemicaliën en daarom in iets lagere kosten voor chemicaliën.

Enigszins opvallend is dat de totale kosten voor een belangrijk deel door de hoge kosten van MgO worden bepaald. Gebruik van het goedkopere MgCl<sub>2</sub> in plaats van MgO kan worden overwogen om de kosten te verlagen.

#### **9.A.4 Slotopmerking**

Uit het bovenstaande blijkt dat de kosten voor verwijdering van NH<sub>3</sub> door struvietvorming en levering van het struviet aan de kunstmest-industrie relatief hoog zijn. De centrale vraag die kan worden gesteld is of het struviet mogelijk niet meer opbrengt als deze direct als kunstmestcomponent of kunstmest kan worden verkocht. Dan kan ook de waarde van de aanwezige NH<sub>3</sub> en Mg worden geëffectueerd. De totale hoeveelheid struviet (NH<sub>4</sub>)MgPO<sub>4</sub> die per ton dunne mest-vloeistof kan worden geproduceerd bedraagt ongeveer 23 kg.

### **9.B. Proces van ammoniakterugwinning via vorming van struviet in combinatie met afdampen van NH<sub>3</sub> bij verhoogde temperatuur en hergebruik van magnesiumwaterstoffosfaat.**

#### **9.B.1 Proces van ammoniakterugwinning**

Ammoniakterugwinning vindt plaats via de volgende procesroute:

- Strippen van CO<sub>2</sub> uit de vloeistof met lucht. Dit is qua apparatuur een eenvoudig proces. De CO<sub>2</sub> hoeft in principe niet te worden opgevangen. De pH van de te strippen vloeistof moet wel voldoende laag zijn om te voorkomen dat ook NH<sub>3</sub> wordt gestript. Er is een kans dat ook stank-componenten worden gestript. In dat geval is een nabehandeling van het stripgas nodig, mogelijk met een compost filter.
- pH verhoging naar 8 à 9 met natriumhydroxide. pH verhoging is nodig om struvietvorming te laten plaatsvinden. Het pH-verhogingsproces is eenvoudig. Calciumhydroxide is minder geschikt voor pH-verhoging omdat de calciumionen de samenstelling en kwaliteit van het gevormde struviet negatief kunnen beïnvloeden, waardoor volledige terugwinning van magnesiumwaterstof-fosfaat minder goed mogelijk wordt.
- Toevoegen van MgO en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> voor precipitatie van ammoniakstruviet ((NH<sub>4</sub>)MgPO<sub>4</sub>·6(H<sub>2</sub>O)). Deze toevoeging is in feite eenmalig. Magnesium en fosfaat worden weer teruggewonnen als magnesiumwaterstoffosfaat dat weer kan worden hergebruikt voor de vorming van ammoniumstruviet.
- Afscheiding van het precipitaat via eenvoudige bezinking of filtratie.
- Verhitting van ammoniakstruviet precipitaat tot ca. 60 graden Celsius. Daarbij komt NH<sub>3</sub> vrij als damp. Deze wordt geabsorbeerd in geconcentreerd zwavelzuur. Wat achterblijft is MgHPO<sub>4</sub> (magnesiumwaterstoffosfaat). Omdat het hier gaat om een hoog geconcentreerd precipitaat is de absolute hoeveelheid aanhangend water en kristalwater gering waardoor de benodigde energie voor verhitting van het precipitaat, waarbij ook waterverdamping plaats vindt, verwaarloosbaar is. Het verdampingsproces van ammoniak en het absorptieproces vinden plaats in een gesloten systeem. Absorptie van NH<sub>3</sub> in het geconcentreerde zwavelzuur kan plaats vinden in een sproeikolom of een gepakt bed.
- Hergebruik van magnesiumwaterstoffosfaat (MgHPO<sub>4</sub>) voor het precipitatieproces van struvietvorming.

#### **9.B.2. Kostenfactoren**

- a. Strippen van CO<sub>2</sub>. Kosten zijn verwaarloosbaar.
- b. Verhoging pH tot 8 à 9 met natriumhydroxide;  
Benodigde hoeveelheid chemicaliën (NaOH) kan als volgt worden berekend. Aanname: 1x de equivalente hoeveelheid van de te verwijderen hoeveelheid NH<sub>3</sub> (3 kg NH<sub>3</sub>/ton dunne mestvloeistof). Dit betekent ca. 7 kg NaOH per ton dunne mestvloeistof. Daarnaast is nog een zekere hoeveelheid NaOH nodig voor de buffercapaciteit. Deze hoeveelheid wordt geschat op 3 kg per ton dunne mestfractie (ruwe schatting). Kosten: alleen kosten voor chemicaliën.

- c. Toevoeging MgO. Echter MgO kan worden hergebruikt in dit proces. Er worden daarom geen kosten van deze chemicaliën berekend, behalve de kosten van MgO bij de start van het proces, maar deze worden verwaarloosbaar geacht).
- d. Toevoeging H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Echter H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> kan worden hergebruikt in dit proces. Er worden daarom geen kosten van chemicaliën berekend, behalve de kosten van H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> bij de start van het proces, deze worden verwaarloosbaar geacht.
- e. Bij het precipitatie-proces treedt een gering verlies van MgO en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> op door de oplosbaarheid van magnesium ammonium-struviet in water. Deze oplosbaarheid bedraagt ca. 180 g/m<sup>3</sup>. Verwacht wordt dat ook een klein deel van het gevormde struvietprecipitaat na afscheiding van het precipitaat in de vloeistof achterblijft. Stel daarom het totaal verlies van MgO en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> op maximaal 300 g /m<sup>3</sup> (0.3 kg/m<sup>3</sup>). Dit betekent per ton mest ca. 100 g/MgO en ca. 200 g H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Kosten hiervan worden in eerste instantie verwaarloosbaar.
- f. Kosten precipitatie proces: verwaarloosbaar.
- g. Energiekosten verhittingsproces struviet: verwaarloosbaar.
- h. Absorptieproces van NH<sub>3</sub> in geconcentreerd zwavelzuur. Hiervoor is een equivalente hoeveelheid H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> t.o.v. NH<sub>3</sub> nodig. Hoeveelheid te verwijderen NH<sub>3</sub> bedraagt 3 kg per ton. Benodigde hoeveelheid geconcentreerd zavelzuur (100%): ca. 9 kg/ton dunne mestvloeistof. Kosten: chemicaliën (geconcentreerd zwavelzuur) en kosten absorptiekolom. Er wordt aangenomen dat de opbrengst van de geconcentreerde ammoniaksulfaatoplossing de kosten van het absorptieproces, met uitzondering van de kosten van benodigde hoeveelheid zwavelzuur, compenseert.

### **9.B3. Kostencalculaties**

De totale kosten van dit proces worden voornamelijk bepaald door de kosten van de te gebruiken chemicaliën. De kosten voor de chemicaliën per ton dunne mestvloeistof zijn:

- - Kosten natriumhydroxide (10 kg/ton, 0,5 €/kg): 5 €/ton
- - Kosten H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (9 kg/ton, 0,2 €/kg): 2 €/ton
- Totaal kosten chemicaliën: 7 €/ton
- Kosten per kg te verwijderen NH<sub>3</sub> bedragen derhalve ca. 2 €/kg.

De kosten per kg verwijderde NH<sub>3</sub> zijn mogelijk wat hoger dan ca. 2 €, door het verlies aan MgO en H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Een schatting van ca. 3 € per kg te verwijderen NH<sub>3</sub> is daarom meer realistisch.

Op basis van een persoonlijke communicatie met Sustec BV (Rulkens, 2011) worden de kosten per kg te verwijderen NH<sub>3</sub> zeer globaal geschat op ca. 3 €.

# Bijlage 10 Opties voor mestverwerking op RWZI's

## 10.1 Introductie

In deze bijlage wordt een eerste aanzet gegeven van mogelijke opties voor verwerking van mest op een RWZI. De nadruk ligt daarbij vooral op de verwerking van de dunne mestfractie die wordt verkregen na een mechanische scheiding van de mest in een natte mestkoek en een dunne mestfractie. De aanzet richt zich op een beschrijving van de opties die mogelijk zijn, op de synergie-aspecten en de voor- en nadelen van mestverwerking op een RWZI. Daarbij worden drie invalshoeken bekeken:

- Verwerkingsopties op een RWZI waar al een slibvergistingsinstallatie aanwezig is.
- Verwerkingsopties op een RWZI waar behalve slibvergisting ook al  $\text{NH}_3$ - en  $\text{PO}_4$ verwijdering plaats vinden via struvietvorming.
- Verwerkingsopties op een RWZI bij afwezigheid van een slibvergistingsinstallatie

Omdat vooral gekeken wordt naar het al of niet gezamenlijk verwerken van dunne mestfractie en rejectiewater afkomstig van de slibvergisting is het zinvol om de globale samenstelling van deze stromen weer te geven. In tabel 15 is een indicatie gegeven van de samenstelling van de dunne mestfractie en retentaat (rejectiewater).

**Tabel 15**

*Samenstelling van de dunne mestfractie van varkensdrijfmest en rejectiewater (retentaat).*

component	concentratie (g/l)	
	dunne mestfractie	rejectiewater RWZI
Organische stof	5 - 30	1 - 2
Ammonium-N	4	0,5 - 2
Organisch-N	0,5 - 1,5	0,5
P (als $\text{P}_2\text{O}_5$ )	0,2 - 2,5	0,3 - 2
K (als $\text{K}_2\text{O}$ )	4	-

Uit tabel 15 blijkt dat nog relatief veel organischgebonden N aanwezig is in zowel het rejectiewater van de slibgisting als in de dunne mestfractie. Bij een low-tech mestscheiding wordt een dunne mestfractie verkregen die nog relatief veel P en een zeer hoog gehalte aan organische stof bevat. Zeer waarschijnlijk is de meeste P geabsorbeerd in kleine mestdeeltjes en is dus niet aanwezig in de vorm van opgeloste  $\text{PO}_4$ . De gehalten aan  $\text{NH}_3$  in de dunne mestvloeistof liggen ruim een factor 2 hoger dan die in het rejectiewater. De hoeveelheid  $\text{PO}_4$  die aanwezig is in zowel de dunne mestvloeistof als in het rejectiewater is slechts een fractie van de hoeveelheid  $\text{PO}_4$  die nodig is om alle  $\text{NH}_3$  te binden in struviet. De aanwezigheid van K kan aanleiding geven tot de vorming van K-struviet.

## 2. Verwerkingsopties

### A. Verwerkingsopties op een RWZI waar al een slibvergistingsinstallatie aanwezig is.

#### *A.1. Verbranden van natte mestkoek en mechanisch ontwaterd slib bij SNB in combinatie met terugwinning van N en P uit de dunne mestfractie*

##### *A.1.a.; Verwerken slib (apart)*

- Vergisten van slib, gevolgd door mechanische ontwatering van het slib. Daarbij wordt een slibkoek verkregen met ca. 25% droge stof en rejectiewater. Het mechanisch ontwaterde slib wordt voor verbranding afgevoerd naar de SNB. P kan worden teruggewonnen uit de verbrandingsgassen.
- Bestaande manier van behandeling van het rejectiewater (meestal via een biologisch proces) blijft gehandhaafd.

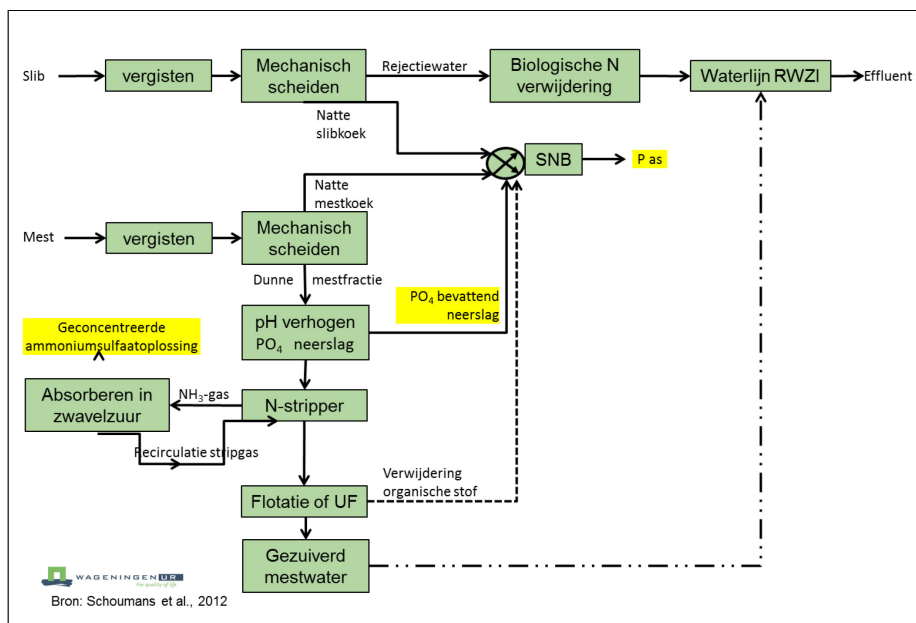
##### *A.1.b.; Verwerken mest (apart)*

- Vergisten van de mest gevolgd door een mechanische scheiding. Daarbij wordt een mestkoek verkregen die ca. 25% droge stof bevat. Deze mestkoek wordt voor verbranding afgevoerd naar de SNB. P kan worden teruggewonnen uit de verbrandingsgassen. Verder wordt een dunne mestfractie verkregen.
- De dunne mestfractie bevat N ( $\text{NH}_3$  en  $\text{N}_{\text{organisch}}$ ), P, K en organische stof. De dunne mestfractie kan kosteneffectief niet rechtstreeks gezuiverd worden via de waterlijn van de RWZI. De samenstelling van de dunne fractie hangt sterk af van de intensiviteit van de scheiding. Voor de verwijdering van ammoniak vindt pH-verhoging plaats met calciumhydroxide.  $\text{PO}_4$  slaat daarbij deels neer en kan gefiltreerd worden. De mate waarin dit gebeurt moet in de praktijk nog getest te worden. Dit precipitaat kan bij de mestkoek worden gevoegd. De dunne fractie kan vervolgens gestript worden van ammoniak. De ammoniak wordt daarbij opgevangen in geconcentreerd zavelzuur waardoor een geconcentreerde ammoniumsulfaat-oplossing wordt verkregen. De dunne fractie kan vervolgens verder worden gezuiverd in de waterlijn van de RWZI. Omdat de dunne mestfractie relatief hoge concentraties aan organische stof bevat, kan mogelijk nog een voorzuivering, gericht op een afscheiding van de organische stof, nodig zijn. De afgescheiden organische stof kan toegevoegd worden aan de natte mestkoek of het mechanisch ontwaterde slib. In welke mate de organische stof die nog aanwezig is in de dunne mestfractie het beste kan worden verwijderd, is nog niet bekend. Mogelijk met een UF stap, een flotatiestap of via een contactstap met het slib van de waterzuivering.

Duurzaamheidsaspecten: Biogas wordt geproduceerd.  $\text{NH}_3$  en  $\text{PO}_4$  worden teruggewonnen uit de mest. K wordt niet teruggewonnen. Organische stof wordt maar voor een beperkt deel benut voor energieopwekking (alleen bij de vergisting).

Figuur B10.3 geeft een processchema van deze low-profile verwerking waarbij de slib- en mestverwerking zoveel mogelijk gescheiden plaats vindt.





**Figuur B10.3**

Base flow gescheiden verwerking van slib en mest op een RWZI-locatie (productie P-as, ammoniumsulfaat en struviet). Procesroute A.1.

Voor de hand liggende modificaties/alternatieven van bovengenoemde procesroute A1 die kunnen worden overwogen, zijn:

- Gezamenlijk behandelen van rejectiewater en dunne mestfractie (standaard biologische verwijdering of strippen van  $\text{NH}_3$ , of een combinatie van strippen en biologische verwijdering, precipitatie van  $\text{PO}_4$ ).
- Verwijdering van stikstof uit rejectiewater en dunne mestfractie, al of niet samengevoegd, met een geavanceerde microbiologische omzetting (zoals bijv. SHARON-ANAMMOX). Deze techniek is waarschijnlijk goedkoper dan strippen. Wel is een beperkte temperatuurverhoging nodig. Vernietiging van  $\text{NH}_3$  is echter niet duurzaam.
- Gezamenlijk vergisten en mechanisch ontwateren van mest en slib en behandeling rejectiewater.

Synergie-effecten waterschappen/RWZI en landbouw:

- Gezamenlijk verwerking van mest en slib geeft schaalvoordelen, dus economische voordelen.
- De haalbaarheid van een duurzame verwerking van slib en mest komt dichterbij.

Voordeel voor de landbouw:

- Locatie voor mestverwerking komt beschikbaar.
- Technologische ondersteuningsmogelijkheden zijn aanwezig op RWZI.

Voordeel voor RWZI:

- Mest wordt verwerkt en verkleint de kans op uitspoeling van nutriënten uit de landbouw.
- In het geval dat het zuiveringsslib Fe bevat leidt gezamenlijke verbranding van natte mestkoek en slib tot een verlaagd gehalte aan Fe in de as, waardoor de acceptatie van de as voor Thermphos groter wordt.
- Mogelijk extra elektriciteitsproductie voor de RWZI.

De poorttarieven voor de verwerking van de natte mestkoek bij SNB vormen een knelpunt als deze vergelijkbaar zijn met de poortkosten van slibverwerking. Verwerking van natte mestkoek in een geavanceerde verbrandingsoven met energieopwekking (met droge mest als uitgangsmateriaal), in combinatie met een mestdroger waarbij de restwarmte van het verbrandingsproces wordt benut, is dan aanzienlijk aantrekkelijker.

## ***A.2. Drogen van natte mestkoek, export van de gedroogde mestkoek en verbranden van mechanisch ontwaterd slib bij SNB in combinatie met terugwinning van N en P uit rejectiewater en dunne mestfractie***

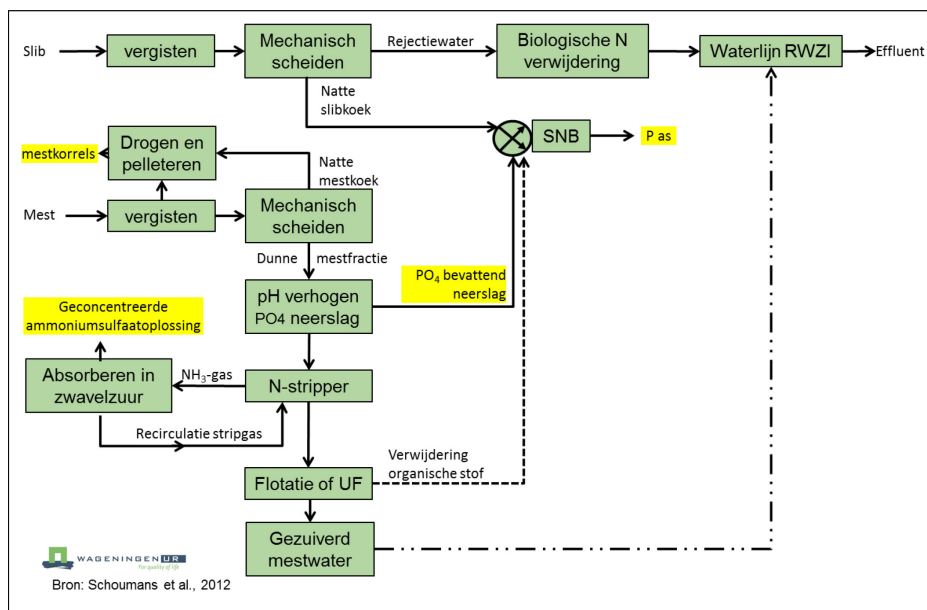
### *A.2.a. Verwerken slib (apart)*

- Vergisten van slib, gevolgd door mechanische ontwatering van het slib (slib 25% droge stof).
- Verbranden ontwaterd slib bij SNB.
- Biogas gebruiken voor elektriciteitsopwekking. Daarbij komt restwarmte vrij.
- Rejectiewater bevat  $\text{NH}_3$  en  $\text{PO}_4$ . De pH van dit rejectiewater kan worden verhoogd met calciumhydroxide.  $\text{PO}_4$  slaat daarbij neer en kan worden gefiltreerd. Precipitaat kan bij het ontwaterde slib worden gevoegd. Het behandelde rejectiewater kan vervolgens gestript worden. Het vrijkomende  $\text{NH}_3$  kan worden geabsorbeerd in geconcentreerd zwavelzuur waarbij een geconcentreerde ammoniumsulfaatoplossing wordt verkregen. De dunne fractie kan vervolgens verder worden gezuiverd in de waterlijn van de RWZI.

### *A.2.b. Verwerken mest (apart)*

- Vergisten van de mest gevolgd door een mechanische scheiding. Daarbij wordt een mestkoek verkregen die ca. 25% droge stof bevat.
- Biogas kan worden gebruikt voor elektriciteitsopwekking. Daarbij komt restwarmte vrij.
- Drogen van mestkoek kan plaats vinden met restwarmte die geproduceerd wordt bij de elektriciteitsopwekking uit biogas.
- De dunne mestfractie bevat N ( $\text{NH}_3 + \text{N}_{\text{organisch}}$ ), P, K en organische stof). De samenstelling hangt sterk af van de intensiviteit van de scheiding. Verhoging van de pH van de dunne mestvloeistof kan plaats vinden met calciumhydroxide.  $\text{PO}_4$  slaat neer en kan gefiltreerd worden. Precipitaat kan bij de slibkoek, of eventueel aan de ontwaterde mestkoek, worden gevoegd. De dunne fractie kan vervolgens gestript worden. De ammoniak wordt daarbij opgevangen in geconcentreerd zavelzuur waarbij een geconcentreerde ammoniumsulfaat oplossing wordt verkregen. De dunne fractie kan vervolgens verder worden gezuiverd in de waterlijn van de RWZI. Omdat de dunne mestfractie relatief hoge concentraties aan organische stof bevat kan mogelijk nog een voorzuivering, gericht op een afscheiding van de organische stof, worden toegepast. De afgescheiden organische stof kan toegevoegd worden aan de natte mestkoek of aan het mechanisch ontwaterde slib.

Figuur B10.4 geeft een processchema van dit verwerkingsscenario waarbij de slib- en mestverwerking zoveel mogelijk gescheiden plaats vindt.



**Figuur B10.4**

Base flow gescheiden verwerking van slib en mest op een RWZI-locatie (productie P-as, P mestkorrels en ammoniumsulfaat).  
Procesroute A.2.

Voor de hand liggende modificaties/alternatieven van bovengenoemde procesroute A2 die kunnen worden overwogen, zijn:

- Gezamenlijk opwekking van elektrische energie uit het biogas van de slibvergisting en het biogas verkregen bij de mestvergisting. Ligt eigenlijk zonder meer voor de hand. De resterende restwarmte kan voor een deel worden gebruikt voor het drogen van de mestkoek.
- Gezamenlijk behandelen van rejectiewater en dunne mestfractie (standaard biologische verwijdering of strippen van  $\text{NH}_3$ , precipitatie van  $\text{PO}_4$ ).

Het  $\text{PO}_4$  bevattende precipitaat wordt toegevoegd aan de slibkoek of eventueel aan de ontwaterde mestkoek.

- Verwijdering van stikstof uit rejectiewater en dunne mestfractie, al of niet samengevoegd, met een geavanceerde microbiologische omzetting (zoals bv. SHARON-ANAMMOX). Deze omzetting is waarschijnlijk goedkoper dan strippen. Wellicht is daarbij verdunning van de dunne mestfractie nodig. Vernietiging van  $\text{NH}_3$  is echter niet duurzaam.

Duurzaamheidsaspecten: Biogas wordt geproduceerd.  $\text{NH}_3$  en  $\text{PO}_4$  worden teruggewonnen, zowel uit slib als uit de mest. K wordt niet teruggewonnen. Organische stof wordt maar voor een beperkt deel benut voor energieopwekking. Daar tegenover staat dat organische stof voor verbetering van de bodemkwaliteit beschikbaar blijft. Het is overigens twijfelachtig of er voldoende restwarmte beschikbaar blijft voor het droogproces van de natte mestkoek. De hoeveelheid mest die gedroogd kan worden, hangt sterk af van de hoeveelheid overblijvende restwarmte die wordt geproduceerd door de vergisters.

Synergie-effecten waterschappen/RWZI en landbouw:

- Gezamenlijk verwerking van mest en slib: schaalvoordelen, economische voordelen.
- De haalbaarheid van een duurzame verwerking van slib en mest komt dichterbij.

Voordeel voor landbouw:

- Locatie voor mestverwerking komt beschikbaar.
- Technologische ondersteuningsmogelijkheden zijn aanwezig.

Voordeel voor RWZI:

- Mest wordt verwerkt en maakt de kans op extra uitspoeling van nutriënten uit de landbouw geringer.
- Mogelijk extra elektriciteit voor de RWZI.

***A.3. Drogen van natte mestkoek met warmte van elders, export van de gedroogde mest en verbranden van mechanisch ontwaterd slib bij SNB in combinatie met terugwinning van N en P uit rejectiewater en dunne mestfractie***

*Idem als A.2, met enkele duidelijke verschillen*

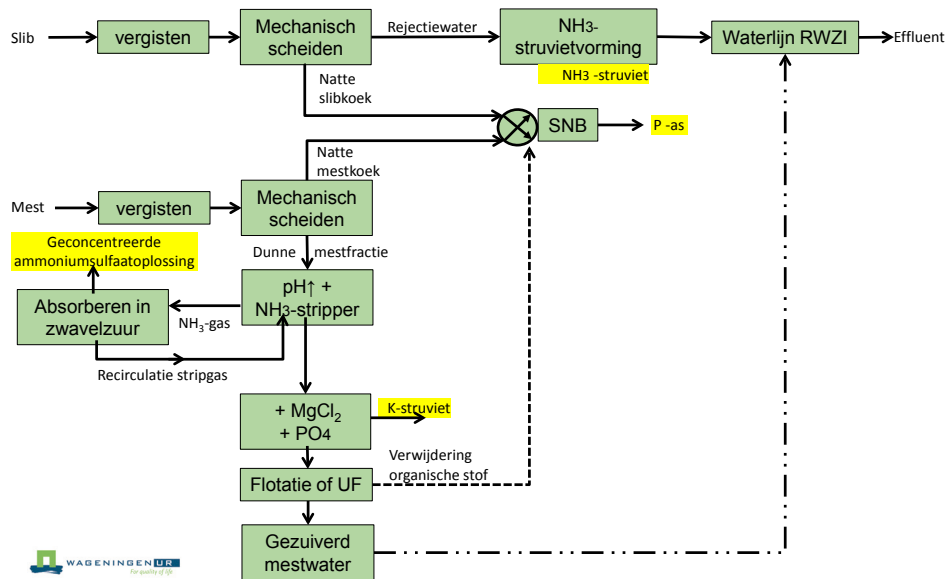
- Natte mestkoek moet elders worden gedroogd en moet daarvoor worden getransporteerd.
- Alternatief is de eventuele beschikbaarheid van een restwarmtebron in de directe nabijheid van de RWZI.

**B. Verwerkingsopties op een RWZI waar behalve slibvergisting ook al  $\text{NH}_3$ - en  $\text{PO}_4$ -verwijdering uit het rejectiewater plaats vindt via struvietvorming**

*Alternatieve opties voor A.1, A.2, A.3 door strippen om ammoniak te verwijderen uit de dunne mestvloeistof, gevolgd door struvietvorming, in plaats van strippen en calciumfosfaat-precipitatie (figuur B10.5)*

- Aparte zuivering rejectiewater van de slibvergisting. Daarbij wordt eerst de pH verhoogd door toevoeging van  $\text{NaOH}$ .  
Door toevoeging van  $\text{MgCl}_2$  wordt  $\text{NH}_4$ -struviet gevormd. Gebruik van  $\text{NaOH}$  is duurder dan calciumhydroxide, maar heeft het voordeel boven gebruik van calciumhydroxide dat de aanwezige opgeloste  $\text{PO}_4$  niet neerslaat als calciumfosfaat. De resterende hoeveelheid  $\text{NH}_3$  wordt via strippen of een biologische stap verwijderd. Het rejectiewater kan daarna verder worden gezuiverd in de waterlijn.
- Aparte zuivering van de dunne mestfractie door pH-verhoging met  $\text{NaOH}$ , strippen van  $\text{NH}_3$  en vorming van (K) struviet door toevoeging van  $\text{MgCl}_2$  en  $\text{PO}_4$ . De behandelde dunne mestfractie kan daarna verder worden gezuiverd in de waterlijn.
- Alternatief voor a) en b): gezamenlijk zuiveren van rejectiewater en dunne mestfractie via pH-verhoging met  $\text{NaOH}$ , strippen van  $\text{NH}_3$  en vorming van (K)struviet door toevoeging van  $\text{MgCl}_2$  en  $\text{PO}_4$ . Rejectiewater van de slibvergister bevat ook  $\text{PO}_4$  dat voor de struvietvorming kan worden gebruikt. Het rejectiewater kan daarna verder worden gezuiverd in de waterlijn.

Duurzaamheidsaspecten: zeer globaal vergelijkbaar met de optie A.1, A.2, en A.3 behalve dat nu ook K wordt teruggewonnen. Maar hiervoor is wel extra  $\text{PO}_4$  nodig.



**Figuur B10.5**

Base flow gescheiden verwerking van slib en mest op een RWZI-locatie (productie P-as, NH<sub>3</sub>-struviet, K-struviet en ammoniumsulfaat). Procesroute B.

### C. Verwerkingsopties op een RWZI bij afwezigheid van een mestvergistings- en slibvergistingsinstallatie op de RWZI

De afwezigheid van vergistingsinstallaties op een RWZI heeft een aantal gevolgen:

- Het gehalte aan NH<sub>3</sub> in de dunne mestfractie is iets lager en het gehalte aan organisch-N is iets hoger.
- Er is geen biogas beschikbaar en ook is er geen extra warmte aanwezig die benut kan worden voor het droogproces van de mestkoek.
- Waarschijnlijk is er een grotere kans op stankvorming, zowel bij het droogproces als van het gedroogde product.
- Ontwateringeigenschappen kunnen veranderen.
- Meer organisch materiaal is aanwezig in de mestkoek.
- Het schaafeffect dat potentieel aanwezig is bij vergisten, gebruik van biogas, strippen van NH<sub>3</sub> en struvietprecipitatie is niet meer aanwezig.
- Er is geen extra PO<sub>4</sub> aanwezig die benut kan worden bij de struvietvorming (NH<sub>4</sub> struviet en/of K struviet). Wel is het in principe mogelijk om PO<sub>4</sub> vrij te maken uit het slib door een P-stripper. Ook zijn er mogelijkheden om via fysisch/chemische of microbiële verzuring PO<sub>4</sub> uit de mest of mestkoek vrij te maken.
- Synergie effecten, waarbij een win-win situatie ontstaat bij het zuiveren van afvalwater en het verwerken van mest zijn niet meer aanwezig.
- Een aantal voordelen van de verwerking van mest op een zuiveringsinstallatie blijven intact: beschikbaarheid locatie voor verwerking, beschikbaarheid van de aanwezigheid van een technologische staf, zuivering van de resterende dunne mestfractie, die overblijft na behandeling van de mest, in de waterlijn van de RWZI.
- De RWZI heeft het voordeel van extra inkomsten uit een poorttarief voor mestverwerking, ervan uitgaande dat dit poorttarief hoger is dan de extra kosten die de RWZI heeft voor het beschikbaar hebben van de mestverwerkingslocatie, de technologische en logistieke ondersteuning bij mestverwerking en de zuivering van de resterende mestvloeistof.

### 3. Slotopmerkingen

- I. **Eisen waaraan een RWZI moet voldoen om interessant te kunnen zijn voor mestverwerking**
  - a. Aanvoer van mest, afvoer van mest en mestproducten en opslag van mest en mestproducten mag geen logistiek of maatschappelijk probleem zijn.
  - b. De capaciteit van de RWZI moet voldoende groot zijn, zodat de extra concentratieverhoging in het effluent van componenten zoals K, Cl, als gevolg van de verwerking van mest verwaarloosbaar klein en acceptabel is. Denk ook aan schaafeffecten.
  - c. Voldoende restwarmte voor droging van natte mestkoek moet beschikbaar zijn of beschikbaar komen.
  - d. Transportafstanden van mest naar de RWZI moeten voldoende klein zijn.
  - e. Er moet voldoende biologisch beschikbare C in het afvalwater aanwezig zijn om de extra hoeveelheid stikstof die wordt geloosd als gevolg van de verwerking van de dunne mestfractie (de resterende hoeveelheid  $\text{NH}_3$  die nog aanwezig is in de gestripte dunne fractie), goed te kunnen verwijderen via de waterlijn.

#### II) Toekomstige ontwikkelingen die interessant kunnen zijn voor verwerking van mest op een RWZI

- a. Ontwikkeling van efficiënte ontsluitingsmethoden voor mest gericht op een hogere biogasproductie en een betere ontwatering van de mestkoek. Gedacht kan worden aan bijvoorbeeld een thermische ontsluiting van mest of mestkoek. Een thermische ontsluiting zou als bijkomend voordeel kunnen hebben dat in een aansluitend ammoniakstripproces een belangrijk deel van de  $\text{NH}_3$  op een eenvoudige en efficiënte manier kan worden gestript. Verder is er dan gemakkelijker een koppeling te maken met thermofiele vergisting van mest of mestkoek.
- b. Thermofiele mestvergisting Bij thermofiele mestvergisting gaat waarschijnlijk een deel van de gebonden P als  $\text{PO}_4$  in oplossing en komt zodoende in de vloeistoffase terecht. Dit heeft als voordeel dat wellicht meer P via de dunne mestfractie verwijderd kan worden en de natte mestkoek alsnog naar landbouw grond kan.
- c. Producere van zuivere  $\text{NH}_4$ -struviet. Biedt mogelijkheden om  $\text{NH}_3$  te onttrekken aan struviet (en te absorberen in een sterk zuur) en  $\text{PO}_4$  en Mg weer terug te winnen voor hergebruik in het struviet-precipitatie proces
- d. Vergaand zuiveren van de dunne mestvloeistof en afscheiding van K middels eutectische vrieskristallisatie.
- e. Toepassing van membraanprocessen zoals RO, electro dialyse, FO (forward osmosis), electrohydrolyse/electrolytische membraanscheiding, capacitatieve deionisatie om componenten zoals  $\text{NH}_4$  en K vergaand te concentreren of om te zetten in waardevolle producten.
- f. Toepassing van geavanceerde droogprocessen: Meertrapsdroging, lage temperatuurdroging, Carver Greendfield droogproces, gebruik van warmte pompen, etc.).

#### III) Enkele aanvullingen voor mogelijke innovatieve verwerking van mest, dunne mestvloeistof of dikke mestfractie (mestkoek) en as afkomstig van de verbranding van mestkoek. Vooral gericht op (terug)winning of efficiënter gebruik van energie en terugwinning van waardevolle componenten $\text{NH}_3$ , K, $\text{PO}_4$ voor hergebruik

##### a. Dunne mestfractie:

- Verwijdering van P en de bulk van de N-componenten, gevolgd door afzet van de gedeeltelijk gezuiverde mestvloeistof in agrarische sector (afhankelijk van gewas, transportkosten en distributiekosten).

- Verwerkingsroutes die gebruik maken van de technieken die ook bij het project 'mineralenconcentraten' zijn toegepast, zoals scheiding door een zeefbandpers, flotatie, UF, omgekeerde osmose, ionenwisseling;
- Verwijdering colloïdale en opgeloste organische stof uit de dunne mestfractie om de lozingskosten te beperken. Gedacht kan daarbij worden aan intensieve flotatie, UF en aan adsorptie van opgeloste of colloïdale deeltjes door deze in contact te brengen met slibdeeltjes.
- Elektrolytische membraanscheiding gericht op scheiding van  $\text{NH}_4\text{Cl}$  of  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , in een ammoniakoplossing en een zuur.

#### **b. Mestkoek (eventueel in combinatie met slibkoek)**

- Toepassing van geavanceerde droogprocessen, zoals Pulverizing Air Drying (Biovalor). Lijkt een relatief simpel, op korte termijn toepasbaar proces, relatief laag energie-verbruik, wel behandeling vrijkomende vloeistof nodig.
- Toepassing stoomdrogen.
- Drogen van mest met zeolieten Dit is een middellange tot lange termijnontwikkeling).
- Toepassing van zeolieten voor verwijdering van waterdamp uit drooggassen en terugwinning van energie uit drooggassen Korte tot middellange termijnontwikkeling).
- Pyrolyse van mestkoek, gericht op productie van P-biochar (in principe een interessante meststof met mogelijk een hoge opbrengstwaarde, droogproces nodig, hoogwaardige energie nodig, iets voor de langere termijn, kan op kleine schaal).
- Vergassing van mestkoek (kan op relatief kleine schaal, zuivering van de afgassen nodig, eventueel productie van elektriciteit, gebruik van zuivere zuurstof of lucht, droogproces nodig, as bevat nog relatief veel kool en is niet direct geschikt voor verwerking tot P (Thermphos) of voor terugwinning  $\text{PO}_4$ , eventueel iets voor de middellange en lange termijn).
- Verbranding van mestkoek, al of niet in combinatie met drogen van de mestkoek, in kleinschalige verbrandingsinstallatie (nieuwe ontwikkeling, wordt in Duitsland toegepast voor zuiverings-slib, kan op korte termijn kunnen worden toegepast voor mest).
- Thermische voorbehandeling van mestkoek gericht op ontsluiting van de mestkoek voor hogere biogas-productie (Sustec). Betere mestontwatering, mogelijk een 30% tot 40% hogere biogasproductie, op korte termijn toepasbaar.
- Thermofiele vergisting van mest.
- In oplossing brengen van in de mestdeeltjes of mestkoek aanwezige  $\text{PO}_4$  door een chemische of microbiologische bewerking. Vrijkomende  $\text{PO}_4$  gebruiken voor struvietvorming of verwijderen via precipitatie.
- Enzymatische ontsluiting van mest of mestkoek, gericht op een vergroting van de biogasproductie.

#### **c. Mest (eventueel in combinatie met slibkoek)**

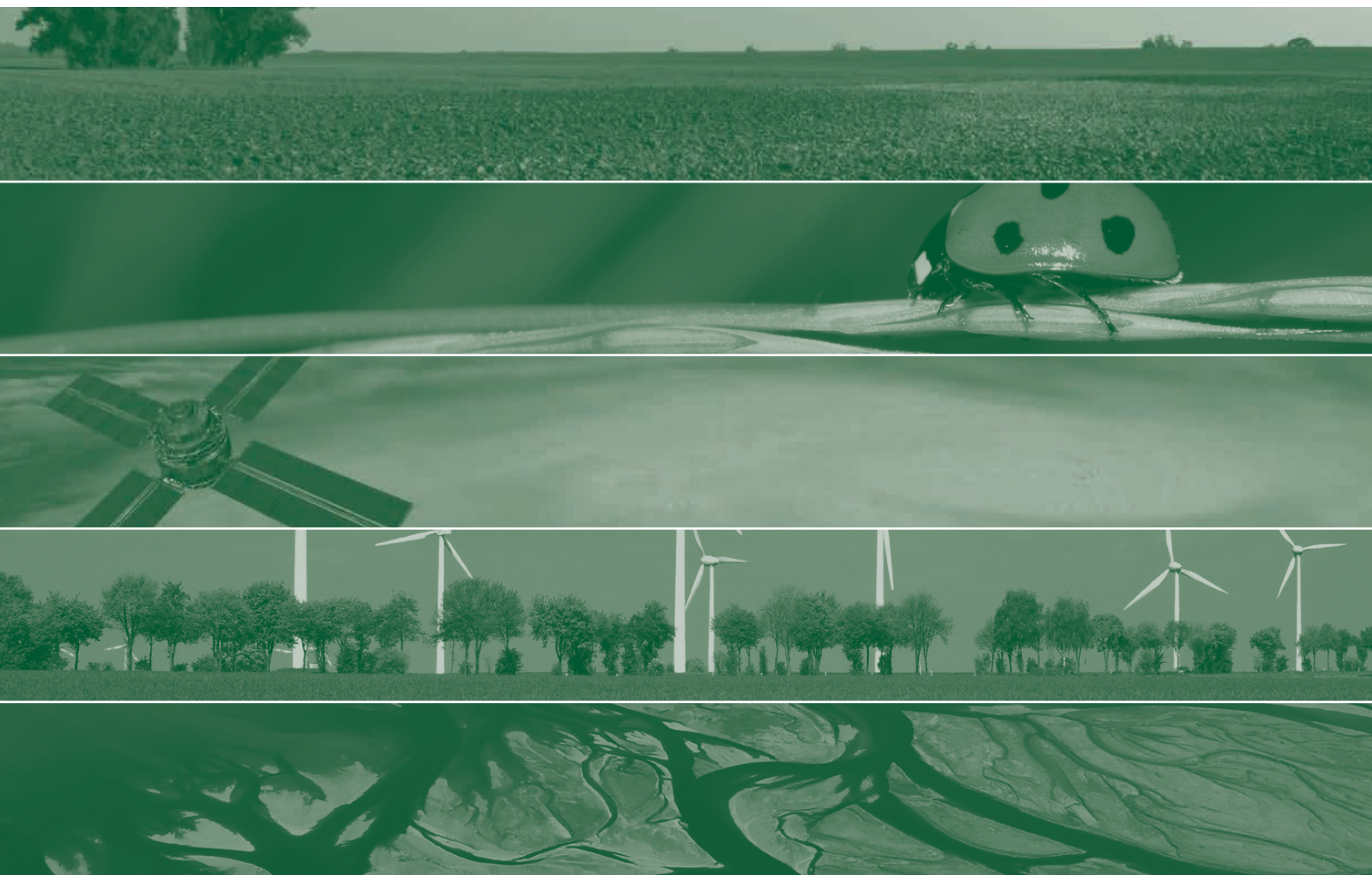
- Superkritieke watervergassing/hydrothermolyse/hydrothermale vergassing van mest bij  $T > 374 \text{ C}$  en  $P > 220 \text{ bar}$ . Verblijftijd in de reactor 20 minuten, verkregen as bevat nog een relatief hoog gehalte aan koolstof, dus minder geschikt voor directe winning van P en terugwinning van  $\text{PO}_4$ , gassen moeten worden gezuiverd, energiebron nodig, nog geen praktijkervaring, middellange termijn tot lange termijn ontwikkeling.;
- Superkritisch oxidatie van mest bij  $T > 374 \text{ C}$  en  $P > 220 \text{ bar}$ . Z zeer korte verblijftijd in de reactor, enkele seconden, stikstof wordt vernietigd, hoog energie rendement, as geschikt voor terugwinning P en  $\text{PO}_4$ , nog geen praktijkervaring, middellange tot langetermijn-ontwikkeling).
- Hydro Thermal Upgrading (HTU). Omzetting bij  $330 \text{ C}$  en  $180 \text{ bar}$  van natte mestkoek in een zogenaamde crude die kan worden opgewerkt tot een transportbrandstof of kan worden gebruikt voor energie-opwekking (behandeling vloeistoffase nodig, lange tot middellange termijnontwikkeling).
- Thermofiele vergisting van mest.

- Thermische voorbehandeling van mest gericht op ontsluiting van de mestkoek voor hogere biogas productie (Sustec). Op basis van het gesprek met Sustec lijkt een betere mestontwatering, mogelijk een 30 tot 40% hogere biogasproductie, eventueel ook geschikt voor afbraak van medicijnresten en desinfectie van mest, op korte tot middellange termijn toepasbaar).

#### **d. As van verbrandingsinstallaties**

De as die wordt verkregen bij de verbranding van mestkoek bevat o.a.  $PO_4$ , K, zware metalen. Vaak bevat de as nog teveel koolstof of Fe. Deze componenten kunnen storend zijn bij de verdere verwerking van de as. Onder bepaalde voorwaarden kan de as door Thermphos worden gebruikt voor de productie van P. Het is ook mogelijk door fysische en chemische processen  $PO_4$  en K terug te winnen uit de as. Zware metalen kunnen worden verwijderd met thermische of fysisch /chemische processen. Inmiddels kunnen enkele processen als operationeel worden beschouwd.





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

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

Meer informatie: [www.alterra.wur.nl](http://www.alterra.wur.nl)