



PRAKTIJKONDERZOEK
VEEHOUDERIJ



IMAG

Mestverwerking varkenshouderij

“Mest op maat” - Mestac te Nuenen

N. Verdoes (Praktijkonderzoek Veehouderij)
D.A.J. Starmans (IMAG)

VARKENS



Colofon

PraktijkBoek nr. 10

Uitgever/bestellen:

Praktijkonderzoek Veehouderij
Postbus 2176
8203 AD Lelystad
Tel: 0320 - 293211
Fax: 0320- 241584
E-mail: info@pv.agro.nl
Internet: <http://www.pv.wageningen-ur.nl>

Redactie:

Afdeling Kennisexploitatie en Marketing

Fotografie:

Afdeling Voorlichting PV

Drukker:

Drukkerij Cabri bv
Lelystad

Eerste druk 2002/oplage 75

De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor gevolgen bij gebruik van in deze brochure vermelde gegevens.

Inhoud

Voorwoord	1
Samenvatting	2
1 Inleiding	4
2 Beschrijving "Mest-op-maat" systeem	7
3 Onderzoek: materiaal en methoden	9
3.1 Mengprotocol	9
3.2 Testperiode	9
3.3 Emissiemetingen	10
3.4 Energiegebruik	12
3.5 Economische evaluatie	12
4 Onderzoek: resultaten en discussie	14
4.1 Evaluatie technisch ontwerp van de proefinstallatie	14
4.2 Receptuur en productkwaliteit	14
4.3 Massabalans en reproduceerbaarheid	15
4.4 Gasvormige emissies	15
5 Economische evaluatie	19
6 Conclusies	21
7 "Mest-op-maat" in breder perspectief	22
Literatuur	23
Bijlagen	24
Overige publicaties over mestverwerking	32

Voorwoord

In opdracht van het Productschap voor Vee, Vlees en Eieren is door het Praktijkonderzoek Veehouderij een onderzoeksprogramma uitgevoerd met de titel 'Toepassingsmogelijkheden mestverwerking op varkenshouderijbedrijven'. Het doel hiervan is het bevorderen van kansrijke technologieën voor de verwerking van varkensmest. Eind 1999/begin 2000 is een inventarisatie gemaakt van alle initiatieven in Nederland op het gebied van varkensmestverwerking. De initiatieven werden globaal getoetst op technische betrouwbaarheid, economische haalbaarheid, verwachte afzetmarkt voor producten, innovativiteit, mate van mineralenhergebruik, ontwikkelingsstadium en verwachte emissies naar lucht, water en bodem. Er werden tien mestverwerkingsystemen geselecteerd voor het onderzoekprogramma. De resultaten van het onderzoek bestaan voor elk systeem uit een objectief overzicht van de werking van de technologie, samenstelling van de producten, optredende emissies, investeringskosten en operationele kosten.

Het onderzoekprogramma is begeleid door een programmateam met de volgende samenstelling:

Ir. J. Doornbos (tot juli 2000) (BMA)
W. van Gemert (NVV)
Ir. P.J.W. ten Have (BMA)
M. Jonkheid (PV, secretaresse)

Dr.ir. C.E. van 't Klooster
(tot december 2000) (IMAG)
Ir. R.W. Melse (tot 1-1-2002 PV,
daarna IMAG)
G. Oosterlaken (LTO)
Dr.ir. S.J. Oosting (december 2000 –
juli 2001) (IMAG)
E. Ordelman (NAJK)
Dr.ir. D.A.J. Starmans (na juli 2001)
(IMAG)
Ir. N. Verdoes (PV, voorzitter)
Ir. M.C. Vonk (PVV)

Een van de onderzochte systemen is de mobiele mestontwatering van Mestec membraan separatie techniek bv. te Papendrecht. Voor u liggen de resultaten van dat onderzoek. We danken Mestec voor de medewerking aan het onderzoek. Het rapport is – onder verantwoordelijkheid van het Praktijkonderzoek Veehouderij – opgesteld door ing. J.P.B.F. van Gastel van Exlan Consultants te Veghel, waarvoor onze dank.

Tot slot spreek ik de hoop uit dat varkenshouders door dit onderzoek meer helderheid krijgen over de toepassingsmogelijkheden van verschillende mestverwerkingstechnieken, waardoor de onzekerheid over de (meestal grote) investeringen verkleind wordt.

Ir. N. Verdoes
Projectmanager Milieu
Praktijkonderzoek Veehouderij

Samenvatting

Er is onderzoek uitgevoerd naar de toepassing van een 'Mest-op-maat' concept, waarbij op basis van ruwe drijfmestsoorten, door een gecontroleerd procédé mestproducten op maat voor de afnemer kunnen worden geproduceerd. Aan de ruwe drijfmestsoorten, worden stikstof (N), fosfaat (P) en kalium (K) houdende toeslagstoffen bijgevoegd om tot de gewenste receptuur te komen. Getest is een proefinstallatie (capaciteit 25.000 ton/jaar) waarbij het technische functioneren de procesbeheersing, de samenstelling en de kwaliteit van de grondstoffen en eindproducten alsmede de borging van de kwaliteit van het eindproduct centraal stonden. Daarnaast is onderzoek gedaan naar het optimaliseren van het proces, het trachten te bepalen van de emissies uit de installatie en bepalen van de operationele kosten.

Na een aantal verbeteringen bleek dat het systeem in technisch opzicht kan functioneren. De testen hadden betrekking op varkensdrijfmest als grondstof, waaraan de toeslagstoffen ammoniumpolyfosfaat, urean en/of natukali zijn toegevoegd. De toevoegingen gebeurde op basis van een vastgestelde N, P, K-receptuur voor het eindproduct.

De basis van de procescontrole en -sturing bestaat uit het voldoende nauwkeurig kunnen vaststellen van

de kwaliteiten van de grondstoffen door bemonstering. Dit gebeurt met automatische bemonsteringsapparatuur (zijbuismethode) en een analyse van de monsters in het laboratorium. Deze methode blijkt voldoende nauwkeurig. Een vastgestelde methodiek voor het mengen van grondstoffen en toeslagstoffen (mengprotocol) bleek te functioneren voor de gebruikte grondstof en toeslagstoffen. De toepasbaarheid op andere grondstoffen en toeslagstoffen is niet onderzocht.

Uit de productieresultaten is in combinatie met daaruit opgestelde massabalansen een indicatie gekregen over de nauwkeurigheid van het proces. Hierbij werd gekeken naar de afwijking van de ingestelde receptuur van het eindproduct ten opzichte van de daadwerkelijke samenstelling van het eindproduct. De nutriënten weken gemiddeld tussen de 4 en maximaal circa 28% af van de receptuur.

Het proces bleek redelijk reproduceerbaar. Binnen de productiebatch was de variatie in samenstelling van de eindproducten van de verschillende charges gering (< 5%).

Getracht is de gasvormige emissies (geur, ammoniak en broeikasgassen CO₂, N₂O en CH₄) uit het systeem te bepalen. Het IMAG heeft daarvoor op 2 dagen concentratiemetingen verricht. Het ventilatiedebiet is geschat.

Daarom kunnen geen betrouwbare emissiecijfers worden berekend. De concentratiebepalingen hebben slechts een indicatief karakter. De exploitatiekosten van het systeem zijn ingeschat omdat onvoldoende informatie hierover beschikbaar was. Op basis van inschattingen en aannames is een indicatie gegeven van de te verwachten kostprijs. Deze bedraagt circa € 9,- per ton ingaande varkensdrijfmest. Deze exploitatie-

kosten zijn relatief hoog voor het niveau van de mestbewerking en worden voornamelijk bepaald door het gebruik van relatief dure toeslagstoffen. Implementatie in de praktijk van dit concept is sterk afhankelijk van de kosten, kwaliteit en prestaties van de eindproducten. Deze bepalen mede de acceptatiegraad van de afnemers, die een vergelijking zullen maken met ruwe (drijf)mest en kunstmest.

1 Inleiding

Door verscherpte regelgeving en afname van het areaal landbouwgrond zijn de plaatsingsmogelijkheden voor dierlijke mest in de Nederlandse landbouw de afgelopen jaren afgenomen. Daardoor zijn de kosten voor het afvoeren van mest van veehouderijbedrijven in circa 5 jaar verdrievoudigd. Daarom wordt veel aandacht besteed aan mogelijkheden voor besparing van kosten via bewerking van mest. Een van de methoden is het produceren van mestproducten op maat naar behoefte van de afnemers, afgestemd op de gebruiksdoeleinden. Op basis van ruwe drijfmestsoorten met een vooraf vastgestelde samenstelling worden enkelvoudige toeslagstoffen, stikstof (N), fosfaat (P), en kalium (K) toegevoegd tot de gewenste samenstelling is bereikt. Hiermee wordt de acceptatiegraad en daarmee de plaatsingsruimte voor deze meststoffen sterk vergroot, wat mogelijk effect heeft op de afzetprijs. Mestafzetcoöperatie Mestac is sinds geruime tijd actief in de afzet, handel en export van diverse mestsoorten. In 1999 heeft dit bedrijf het concept voor het produceren van meststoffen op maat geïntroduceerd, wat uiteindelijk leidde tot het ontwerpen en bouwen van een proefinstallatie voor het produceren van 'mest op maat'-producten. De proefinstallatie had tot doel ervaring op te doen met de

techniek en de mogelijkheden voor het bewerken van verschillende mestsoorten tot kwalitatief betrouwbare en reproduceerbare vloeibare 'mest op maat' producten.

Onderzoekskader

In opdracht van het Productschap voor Vee, Vlees en Eieren (PVV) werd in 2000 door het Praktijkonderzoek Veehouderij (PV) een onderzoeksprogramma gestart met als titel 'Toepassingsmogelijkheden mestverwerking op varkenshouderijbedrijven'. Er werd een inventarisatie gemaakt van alle initiatieven in Nederland op het gebied van varkensmestverwerking. Op deze manier werd informatie verzameld van circa 80 projecten op dit gebied. De verschillende technieken en ideeën voor mestverwerking in deze projecten werden vervolgens getoetst aan de hand van een aantal criteria.

De belangrijkste toetsingscriteria waren technische betrouwbaarheid, economische haalbaarheid, verwachte afzetmarkt voor producten, innovativiteit en de marktintroductie dient binnen 2 jaar te geschieden. Ook dienen de systemen vervuiling van bodem en water, emissie van geur, ammoniak en broeikasgassen te voorkomen. De systemen dienen hergebruik van mineralen te stimuleren, waardoor het mineralenoverschot kan worden teruggebracht.

Tabel 1: Overzicht geselecteerde verwerkingssystemen voor varkensmest.

Naam	Techniek	Producten	Capaciteit (m ³ /jaar)	Opmerking
<i>Mechanisch / Chemisch:</i>				
1	De Swart	Strobedfilter, verdamping met zonlicht, luchtzuivering	Vloeibare fractie, N-rijk condens, vaste fractie	1.600 * Eenvoudige technieken
2	Dirven	Vijzelpers, centrifuge, microfiltratie	Vloeibare fractie, concentraat, vaste fractie	3.600 *
3	Agramaat	Flotatie, kamerfilterpers, microfiltratie, omgekeerde osmose	Vaste fractie concentraat, filtraat (water)	8.000 ** Mobiel
4	Mest-op-maat	Toevoegen mineralen, menging van verschillende mestsoorten	Vloeibare meststof met constante kwaliteit	25.000 ** Regionaal
5	Mestec	Zeef, flotatie, ultrafiltratie, omgekeerde osmose	Schoon water, concentraat, vaste fractie	50.000 ** Mobiel
<i>Biologisch:</i>				
6	Biovink	Beluchting, toevoeging kalk en melasse	Slib, vloeibare fractie	3.000 * Omzetting naar N ₂
7	OrgAgro	Toevoeging bacteriën, mengen, zeefbocht	Vloeibare meststof voor kaskweek, vaste fractie	2.500 ** Eenvoudig, goede afzetmogelijkheden
<i>Thermisch:</i>				
8	Bouwman	Compostering in droogtrommel, luchtreiniging	Compost, condens	10.000 ** Gesteriliseerde producten
9	Manura®	Centrifuge, verwarmen, strippen, condenseren	Schoon water, N-concentraat, NPK-concentraat, Vaste fractie	16.000 * Gesteriliseerde producten

* Informatie gebaseerd op onderzoek uitgevoerd onder begeleiding van Praktijkonderzoek Veehouderij.

** Informatie aangeleverd door leverancier.

Op grond van deze toetsing werden tien mestverwerkingssystemen geselecteerd (tabel 1).

Een aantal systemen is ontwikkeld door individuele varkenshouders en een aantal is ontwikkeld door de toe-

leverende industrie. De systemen bevinden zich op locatie bij een varkensbedrijf of bij een loonwerker met mestopslag.

Onderzoeksdoel

Het doel van het onderzoek is het testen en analyseren van de mestverwerkingsystemen. Van ieder systeem moet een nutriëntenbalans worden gemaakt, informatie worden verzameld over de stabiliteit van de procesvoering, optreden van storingen, capaciteit, kosten en energiegebruik en van elk systeem moet de milieubelasting worden bepaald door het meten van optredende emissies van broeikasgasen, ammoniak en geur.

Onderzoekopzet

Het onderzoek bestond uit:

1. Vastlegging van technische prestaties van het mestverwerkingsysteem gedurende 4 weken. Geregistreerd werden: hoeveelheid en samenstelling mest, hoeveelheden en samenstelling eindproducten, energieverbruik, storingen, stabiliteit proces etc. Deze metingen zijn grotendeels uitgevoerd door de varkenshouder of door de leverancier van het mestverwerkingsysteem. De metingen zijn uitgevoerd volgens een vooraf door het Praktijkonderzoek Veehouderij (PV) opgesteld monsternamen- en meetprotocol. Het personeel van

het PV heeft regelmatig de diverse systemen bezocht, contact onderhouden en betrokkenen begeleid. De resultaten van de metingen en analyses aan de Mest-op-maat installatie van Mestac te Slootdorp zijn door het bedrijf aan het PV gerapporteerd (Beekmans, 2002a).

2. Meting van gasvormige emissies. De emissie van ammoniak, broeikasgassen en geur werd tweemaal gemeten door het IMAG bv te Wageningen terwijl het systeem in bedrijf was. (Gijsel et al., 2001).

Relevantie van onderzoek

Met behulp van de informatie uit het onderzoek kan een varkenshouder een systeem uitkiezen dat het beste past in zijn of haar situatie. Er is objectieve informatie beschikbaar over investeringen, operationele kosten, werking van het systeem, samenstelling van de producten etc. Ook de gevolgen voor de MINAS-boekhouding kunnen van tevoren worden vastgesteld.

Omdat alle emissies van geur, ammoniak en broeikasgassen zijn gemeten, kunnen de resultaten ook een rol vervullen bij de aanvraag van de benodigde vergunningen voor een mestverwerkingsinstallatie, omdat men tevoren kan inschatten wat de milieubelasting van een dergelijke installatie zal zijn.

2 Beschrijving “Mest-op-maat” systeem

Op de mestmarkt is in het verleden nauwelijks aandacht besteed aan de kwaliteit en service voor de afnemers van de mest. Daardoor ontstond veel concurrentie op een overschotmarkt, waarbij de prijs werd opgedreven. Daarnaast heeft invoering van MINAS (Anoniem, 1998) voor de veehouderij een remmende invloed gehad op de mestafzet. Door MINAS is tevens inzicht gekregen in de variatie in mestsamensellingen.

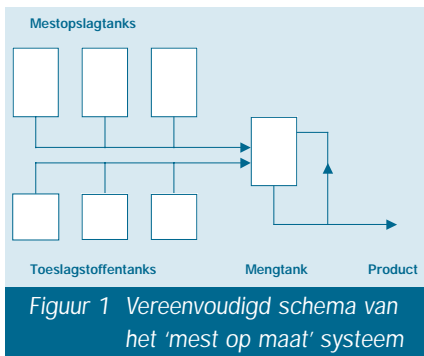
Aanvankelijk heeft dit geleid tot een situatie waarin afnemers van mest nauwelijks geïnteresseerd waren in de kwaliteit, omdat deze toch als onvoldoende werd bestempeld en alleen het economisch motief de doorslag voor acceptatie gaf. Het op peil houden van de acceptatiegraad ging gepaard met forse prijsstijgingen.

Om de afzetmogelijkheden met de invoering van MINAS in de akker- en tuinbouw optimaal te kunnen blijven benutten moet het accent verlegd worden naar marktgericht denken. Hierbij is van belang om mest niet te beschouwen als een “afvalstof” uit de veehouderij, maar als een natuurlijke hoeveelheid mineralen die als grondstof kan dienen voor de vervaardiging van mestproducten, afgestemd op de wensen van de afnemers. Mestafzetcoöperatie Mestac was voornemens, door kennis van de

wensen van akker- en tuinbouwbedrijven, de mineralenstromen uit de veehouderij dusdanig te bewerken dat deze voldoen aan de wensen en eisen van de afnemer. Door het op maat maken van mestproducten wordt de acceptatiegraad bij geschiktheid verhoogd en neemt de benutting van de plaatsingsruimte toe. Belangrijk is het leveren van kwalitatief betrouwbare producten. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van de ‘mest op maat’ proefinstallatie door Mestac.

Beschrijving

Voor het produceren van ‘mest op maat’ is door Mestac een proefinstallatie gebouwd op een locatie van loonwerkbedrijf Van der Stelt BV te Slootdorp. In figuur 1 is een vereenvoudigd schema van het systeem weergegeven. Het ontwerp is gemaakt in samenwerking met A. Smits Constructies BV te Wanroij en IMAG te Wageningen. Figuur 2 toont de installatie vanaf een zijde. De proefinstallatie (bijlage 1) bestaat uit drie opslagtanks ($3 \times 100 \text{ m}^3$) voor de aangevoerde mest, drie opslagtanks (60 m^3) voor de toeslagstoffen (Ammoniumpolyfosfaat, Urean, Natukali) en een mengtank (100 m^3) voor de bereiding van het eindproduct. Alle tanks zijn voorzien van roermechanismen om de verschillen-



de stromen zo homogeen mogelijk in de mengtank te introduceren.

Vrachtwagens (inhoud circa 36 m³) voeren de dierlijke mest aan, waarbij de verschillende mestsoorten apart worden opgeslagen. Uit de zes opslagsilo's wordt een monster genomen. Dit wordt op stikstof (N), fosfaat (P₂O₅) en kali (K₂O) onderzocht. De analyseresultaten (samenstelling) worden in het optimalisatieprogramma (blending programma) ingevoerd. Hierin staat ook de gewenste samenstelling van het eindproduct. Het computerprogramma berekent aan de hand van deze gegevens een

ideale mix van de beschikbare meststoffen en geeft deze door aan de procescomputer. Deze computer voorzien van weegcellen, stuurt de apparatuur aan die zorgt voor de dosering van de juiste hoeveelheden in de mengtank. Na menging wordt het eindproduct door vrachtwagens geladen om aangewend te worden. Het 'mest op maat' systeem is een batchproces met een verwerkingscapaciteit van 25.000 m³/jaar.

Procescontrole

De stuurparameters voor de gewenste eindproductsamenstelling zijn het fosfaat-, stikstof- en kaligehalte in de gebruikte grondstoffen. Met name het borgen van de samenstelling en kwaliteit van het gewenste eindproduct was het cruciale ontwerpcriterium. Voor de borging werd bij het ontwerp de nadruk gelegd op die processtappen en/of procesbesturingen die voor een belangrijke mate van invloed zijn op de te bereiken productkwaliteit.



3 Onderzoek: materiaal en methoden

3.1 Mengprotocol

Omdat het mengen en homogeniseren een cruciale rol speelt heeft IMAG een mengprotocol vastgesteld en getest. De mest op maat-installatie beschikt over voorraadtanks van 60 m³ en 100 m³. De diameter-hoogteverhouding van de tanks is ongeveer 1:1. De voorraadtanks zijn voorzien van in horizontale en verticale richting instelbare vleugelmixers. In het onderzoek zijn twee partijen van 100 m³ varkensdrijfmest gebruikt, een met een drogestofgehalte van 3% en een met een drogestofgehalte van 13% om te testen of het protocol voldeed. Voor beide mestsoorten gold een mixtijd van een half uur om de partij homogeen te maken. Hieruit concluderen we dat met één mengprotocol voor alle gebruikte grondstoffen en eindproducten kan worden volstaan. Mixen van de grondstoffen begint een half uur voor aanvang van het productieproces. Tijdens het overpompen blijven de mixers aan. Ook bij de afname van het product wordt de inhoud van de weger gemixt. Verder onderzoek moet uitwijzen of dit protocol aanpassing behoeft voor andere grond- en toeslagstoffen en/of andere recepturen voor het eindproduct. De nauwkeurigheid van de bemonste-

ring en van het productieproces bepalen de nauwkeurigheid van de productkwaliteit in termen van N, P, en K. Door testruns werd de installatie hierop geregeld.

De bemonstering heeft plaatsgevonden met de voor MINAS erkende automatische bemonsteringsapparatuur van Eijkelkamp Agriresearch Equipment (zijbuismethode).

3.2 Testperiode

De eerste testen, gestart op 31 januari 2002, richtten zich op het technisch functioneren van de installatie. Hierbij werden de geconstateerde technische knelpunten verbeterd. De installatie heeft vervolgens de eerste 2 weken van februari 2002 gedraaid. In totaal hebben vier batchproducties plaatsgevonden. Per batchproductie is telkens circa 315 ton eindproduct geproduceerd in vier charges (circa 70-80 ton per charge) die vervolgens in twee vrachten (van circa 33-40 ton) per tankwagen werden afgevoerd. Bij alle batches werd de samenstelling van grondstof en producten op twee manieren bepaald: met een veldkit (veldmethode van Eijkelkamp BV) voor een snelle bepaling van N en P, en volgens de traditionele laboratoriumanalyse conform de richtlijnen vastgelegd in het daartoe opgestelde monstername- en meetprotocol.

Gedurende de vier batchproducties zijn monsters genomen van de grondstoffen (varkensmest) uit de opslagsilo's 3 t/m 5, en uit de eindproductensilo (mengtank 1). Ook zijn monsters genomen van de drie toeslagstoffen ammoniumpolyfosfaat (N en P bron), urean (N-bron) en natukali (K en Na bron). Van elk van de monsters is het N-, P- en K-gehalte bepaald in het laboratorium (uitgedrukt in N, P₂O₅ en K₂O).

Met weegcellen op de menginstallatie is gemeten hoeveel van elk van de grondstoffen daadwerkelijk is gedoseerd. De dosering werd uitgevoerd aan de hand van de vooraf ingestelde gewenste receptuur van het eindproduct. Bij elk van de vier batchproducties is de receptuur van het gewenste eindproduct verschillend.

De resultaten van de batchproducties 1 t/m 4 werden samengevat in overzichten. Uit deze gegevens zijn massabalansen opgesteld die enig inzicht verschaffen in de nauwkeurigheid van het proces.

3.3 Emissiemetingen

Gemeten werden de concentraties van geur, en de gassen NH₃, CH₄, CO₂, en N₂O in twee opslag tanks (3 en 4) en in de mengtank (1) van de installatie (bijlage 1). De metingen vonden plaats op 12 februari 2002 en 14 februari 2002. Bij de eerste meting is opslagsilo 3 gemeten tijdens het vullen met mest. De leiding voor monstername en de

Rotronic werden naast de mesttoevoerbuis in de silo gebracht. Het monsterpunt lag circa 50 cm diep in het midden van de tank aan de bovenkant (bijlage 1, monsterpunt A), op een hoogte van circa 6 m. Aan één kant was aan de bovenkant een mangat gemaakt dat tijdens de metingen niet is afgedekt. De opening had een oppervlakte van circa 0,5 m². De cilindrische mengsilo lag horizontaal. Het monsterpunt in de mengtank was circa 10 cm in het mangat van circa 100 cm² (monsterpunt C).

De tweede meting vond plaats aan opslagsilo 4 (monsterpunt B) tijdens het leegpompen. De luchtmonsters werden op dezelfde manier bemonsterd als in opslagsilo 3 tijdens de eerste meetdag. De silo had dezelfde afmetingen als silo 3; het enige verschil is dat het mangat van silo 4 gedeeltelijk afgedicht was, zodat de oppervlakte van de opening circa 0,25 m² was. De mengtank werd ook bemonsterd tijdens het leegpompen. Een dag voorafgaande aan de twee metingen werd de meetapparatuur geplaatst en de leidingen voor monstername aangelegd.

De volgende parameters werden gemeten:

- Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de tanks;
- Ammoniakconcentratie;
- Broeikasgasconcentraties (CO₂, CH₄ en N₂O);
- Geurconcentraties.

Klimaat

De temperatuur (°C) en de relatieve luchtvochtigheid (%) in de tank, in de silo's en buiten werden continu gemeten met een temperatuur- en vochtsensor (Rotronic Hygromer). De data zijn geregistreerd met een data-logger.

Ventilatie-debiet

Uit de opgegeven hoeveelheid mest die per jaar wordt verwerkt, is het ventilatie-debiet van de opslagen, de mengtank en de afvoertanks berekend. Hierbij gingen we ervan uit dat de emissie wordt gedomineerd door het volume lucht dat de tanks verlaat door het verpompen van de mest. In werkelijkheid zal de ventilatie en de daarmee samenhangende emissie hoger zijn door het (deels) open laten van de silo's. Deze statische emissie door de ontluchttingsgaten ten gevolge van vrije convectie wordt verwaarloosbaar verondersteld ten opzichte van de emissie door het verpompen van de mest en de daarbij ontsnappende gassen.

Ammoniak

Met de natchemische methode is een tijdgewogen gemiddelde van de ammoniakconcentratie bepaald (Wintjens, 1993). Hierbij werd gedurende de meetperiode lucht met een pomp uit de tanks, door twee in serie staande gaswasflessen met salpeterzuur geleid. In de eerste gaswasfles (0,1 M HNO_3) werd het ammoniak opgevangen; de tweede fles (0,02 M HNO_3) diende voor con-

trole van verzadiging en slechte opname van de eerste fles.

De snelheid van luchtdoorstroming werd geregeld met een kritisch capillair (2000 ml/min); de werkelijke hoeveelheid doorgeleide lucht is bepaald met een zeepvliesmeter. De globale ammoniakconcentratie in de silo en tank werd bij installatie van de meetapparatuur bepaald met gasdetectiebuisjes en gebruikt om de salpeterzuurconcentraties in de gaswasflessen te bepalen. De detectiebuisjes zijn ook gebruikt voor het bepalen van de achtergrondconcentratie (bijlage 1; monsterpunten D en E). Uit de gegevens van de met de zeepvliesmeter bepaalde luchtsnelheid, en de analyse van de gaswasflesoplossingen (NEN 6472, MSP-A014) werd de ammoniakconcentratie vastgesteld.

Geur

De geurmetingen werden uitgevoerd volgens het meetprotocol voor geuremissies uit de veehouderij (Anoniem, 1996). De te analyseren lucht werd gedurende een periode van 2 uur aangezogen door een pomp. De bemonstering werd uitgevoerd met de 'long-methode'. Hierbij werd een lege monsterezak, die zich in een gesloten vat bevond, via een teflon-slang gevuld met lucht uit de tanks. Door de lucht uit het vat te zuigen (0,5 l/min.) ontstond in het vat een onderdruk en werd lucht uit de tanks aangezogen. De lucht werd vóór het monstervat gefilterd met een stoffilter (poriediameter 1 tot 2 mm).

De geuranalyses werden uitgevoerd door het geurlaboratorium van het IMAG volgens de voornorm NVN2820 met wijzigingsblad A1 (1995). De geurconcentraties en –emissie worden vermeld in respectievelijk OU_E/m^3 en OU_E/s . De uitdrukking 'OU_E' staat hierbij voor 'European Odour Units'.

Broeikasgassen

De luchtmonsters waarin de broeikasgassen CO₂, CH₄ en N₂O bepaald werden, zijn verzameld in canisters. Een canister is een monsternamevat waarmee, door middel van een vacuüm, een luchtmonster door een capillair (4 ml/min) wordt verzameld. Per meetperiode werd de achtergrond-concentratie bepaald door een spuitje (20 ml) met lucht aan de bovenwindse kant van de tanks te vullen (bijlage 1; monsterpunten D en E). Met een gaschromatograaf zijn de concentraties bepaald.

De resultaten van de broeikasgassen worden uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Hierbij rekent men alleen die

gassen die daadwerkelijk een bijdrage leveren aan het broeikas-effect. Dit betekent dat alleen CH₄ en N₂O-emissie werden meegenomen, omdat de hoeveelheid CO₂ die het mestverwerkingsysteem uitstoot deel uitmaakt van de korte, natuurlijke kringloop.

Voor alle gassen werd de emissie op dezelfde manier berekend. In bijlage 2 is de berekeningsmethodiek voor de concentratie en emissie weergegeven.

3.4 Energieverbruik

Het energieverbruik is niet vastgelegd gedurende de meetperiode. Bij de economische evaluatie is daarom uitgegaan van Beekmans (2002b) en aannames.

3.5 Economische evaluatie

Om een objectieve vergelijking van kosten van verschillende systemen mogelijk te maken, hanteren wij een aantal uitgangspunten voor het maken van een kostenberekening. Deze zijn als volgt:

- Afschrijvingsduur machines: 7,5 jaar (13%); restwaarde = 0
- Afschrijvingsduur mestverwerkinggebouwen: 10 jaar (10%); restwaarde = 0
- Onderhoud: 3% van totale investering
- Rentevoet: 2,75% effectief
- Elektriciteitskosten, uitgaande van grootverbruik: € 0,062 / kWh
- Arbeidskosten: € 18,- / uur
- Draaiuren: maximaal 8.000 / jaar
- Emissiearm aanwenden dunne fractie (door loonwerker): € 3,50 / ton
- Verregen water (incl. vaste kosten): € 0,50 / ton
- Mestafzetkosten: € 18,- / ton

Gezien de aard van het project 'Mest op maat' hebben de economische berekeningen een wat ander karakter gekregen dan bij mestverwerkingssystemen op bedrijfsniveau. Een vergelijking met de kosten van andere mestverwerkingsystemen is dan ook niet te maken.

4 Onderzoek: resultaten en discussie

4.1 Evaluatie technisch ontwerp van de proefinstallatie

Bij de opstart en de testruns werden de volgende technische knelpunten geconstateerd:

- Problemen met het weegsysteem: stabilisering en inregeling van de weeginrichting moesten worden verbeterd. De gewichtsaanduiding was niet stabiel door windinvloeden zodat het doseren van de toeslagstoffen niet nauwkeurig plaats kon vinden. Om de nauwkeurigheid te verhogen werd de voorraad toeslagstof ammoniumpolyfosfaat met een factor 3 verdund (10000 kg water erbij). Ook werden in het vervolg de concentraten als eerste toegevoegd. Daarnaast vonden aanpassingen plaats aan de span van de weger (verkleind van 49 naar 40 ton).
- Het mengen in de mengtank voldeed niet. Het roersysteem moest worden verbeterd. Er traden be-

zinkingsverschijnselen op als de tank voor minder dan een kwart gevuld was. De menger is dan effectief over slechts 2/3 deel van de tank. Er trad bezinking op bij de uitstroomopening.

- Problemen met lekkages van pakkingen van de monsterapparaten.
- Instellingen van de procescomputer.
- Daarnaast werden verbeterpunten geconstateerd voor de afstelling van diverse alarmeringen en het aan- en uitschakelen van de roerders in de toeslagstoffentanks.

Op alle technische knelpunten zijn verbeteringen doorgevoerd. Uit Beekmans (2002a) kan niet worden afgeleid of de installatie nu voldoet aan de gestelde kwaliteitseisen.

4.2 Receptuur en productkwaliteit

Uit de productieoverzichten (bijlage 3 als voorbeeld, batch 2) blijkt dat de verkregen samenstelling van het

Tabel 2: Gemiddelde afwijking van de eindproductensamenstelling

Nr. Batch Productie	Ingestelde receptuur eindproduct			Samenstelling verkregen eindproduct			Afwijking t.o.v. receptuur in %		
	N (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O (g/kg)	N (g/kg)	P ₂ O ₅ (g/kg)	K ₂ O (g/kg)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Gemiddeld 1	10	5	8	9,4	4,9	8,3	6	2	4
Gemiddeld 2	10	5	7	9,0	4,8	7,3	10	4	4
Gemiddeld 3	8	4	5,6	7,4	3,3	5,4	9	17	4
Gemiddeld 4	6	3	4,2	6,9	3,6	5,4	15	20	28

eindproduct afwijkt van de vooraf ingestelde receptuur voor het eindproduct. Deze afwijking kan men als een maat zien voor de nauwkeurigheid van het totale productieproces. De receptuur voor batch 2 is bijvoorbeeld ingesteld op 10 kg N, 5 kg P₂O₅ en 7 kg K₂O per ton eindproduct. In tabel 2 is van de vier productiebatches per nutriënt aangegeven hoe de samenstelling van de eindproducten afwijkt van de vooraf ingestelde receptuur. Per productiebatch is het gemiddelde van de vier charges weergegeven.

De afwijking per nutriënt ten opzichte van de receptuur varieert per productiebatch. De spreiding hierin is groot (2-28%). Productiebatch 4 gaf een slechte productie. Nog vast te leggen acceptabele toleranties van de receptuur zullen bepalen of een dergelijke productie wordt goedgekeurd en voor de gebruiker acceptabel is. We vermoeden dat de nauwkeurigheid van de wegingen debet is aan deze afwijkingen. We kunnen geen statistisch harde conclusies trekken omdat het aantal experimenten te gering is geweest.

4.3 Massabalans en reproduceerbaarheid

De massabalansen, op basis van stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K), zijn per batch opgenomen in bijlage 4. Hierbij is ook per nutriënt het percentage afwijking van de berekende samenstelling, op basis van de bij

elkaar gemengde hoeveelheid grondstoffen en toeslagstoffen, ten opzichte van de gemeten samenstelling van het eindproduct weergegeven. Hieruit blijkt dat de charges redelijk reproduceerbaar zijn en de afwijking gering is. De spreiding in samenstelling van de eindproducten tussen de verschillende charges (4 x) per productiebatch bedroeg maximaal circa 5%. Hiermee lijkt het mengprotocol voor de gebruikte grond- en toeslagstoffen te voldoen. In het monsternamen- en meetprotocol (Melse, 2000) is gevraagd – behalve N, P en K - meerdere nutriënten te bepalen. Dit is echter niet uitgevoerd.

Procesoptimalisatie

Om de analysetijd te bekorten en de productiesnelheid te verhogen is de veldkit getest. In circa 30 minuten is het mogelijk een mestmonster te analyseren met een onnauwkeurigheid van 5% voor stikstof (N) en fosfor (P) en van 10% voor kalium (K), ten opzichte van een laboratoriumanalyse (Hoeksma, 2002).

4.4 Gasvormige emissies

Klimaat

In tabel 3 staan de klimaatgegevens van de meetperioden. In de eerste meetperiode was de Rotronic in de mengtank defect doordat deze in de mest had gehangen. Voor de buitentemperatuur hebben we gebruik gemaakt van de gegevens van het KNMI (KNMI, 2002). De eerste meting vond bij een hogere buitentemperatuur

Tabel 3: Gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid gedurende metingen

	Wind (m.s-1)*		Temperatuur (°C)			Relatieve luchtvochtigheid (%)	
	Richting	Kracht	Buiten	Silo	mengtank	Silo	mengtank
12 februari	WZW	9,8	11,4*	15,0	**	100	**
14 februari	ONO	7,8	5,7	9,0	10,6	99	100

* Gemiddelden Den Helder (De Kooy)

** Rotronic defect

Tabel 4: Vulschema en pompsnelheden silo's en mengtank tijdens metingen

	Tijdstip	Hoeveelheid mest (kg)		
		Silo 3	Silo 4	Mengtank
12 februari 2002	12:20-12:45	+ 33.780		
	12:47-13:15	+ 34.640		
	13:20-13:43	+ 30.000		
Gemiddelde vulsnelheid (m ³ /uur)		80		
14 februari 2002	10:30-10:38		- 23.000	+ 23.000
	11:15-11:40			- 37.580
	12:00-12:08		- 23.000	+ 23.000
	12:20-12:40			- 37.620
	12:45-13:08			- 36.180
Gemiddelde overpompsnelheid (m ³ /uur)		170		
Gemiddelde uitpompsnelheid (m ³ /uur)		100		

Bij bovenstaande berekeningen is geen rekening gehouden met invloeden van wind, temperatuur etc. De inschatting van het ventilatiedebiet is daarom niet geheel betrouwbaar.

plaats dan de tweede meting. De windrichting was de tweede meetdag 180° gedraaid ten opzichte van de eerste meetdag.

Ventilatie

Een totale productiecapaciteit van 25.000 m³ mest per jaar komt globaal neer op 100 m³/dag. Dit houdt

in per dag aanvoer van drie ladingen van 33 m³ mest, in totaal 100 m³ pompen naar de mengtank en dat de tank ook weer wordt geleegd in drie vrachtwagens van elk 33 m³. De totale hoeveelheid lucht die door deze handelingen in de omgeving terecht komt wordt gesteld op 300 m³/dag. Omdat we geen metingen aan de

Tabel 5: Ammoniakconcentratie en –emissie

	Ammoniakconcentratie (g/m ³)		Minimale ammoniak emissie (g/uur)		
	Silo	Mengtank	Silo	Mengtank	Vrachtwagen
12 februari 2002	0,025*	0,033	0,31	0,41	0,31
14 februari 2002	0,040**	0,038	0,5	0,48	0,5
Gemiddeld	0,033	0,035	0,41	0,44	0,41

*silo 3 **silo 4

Tabel 6: Geurconcentratie en -emissie

	Geurconcentratie (OU _E /m ³)		Geuremissie (OU _E /s ¹)		
	Silo	Mengtank	Silo	Mengtank	Vrachtwagen
12 februari 2002	332.447	320.717	1154	1122	1163
14 februari 2002	686.782	1.304.453	2404	4566	2404
Gemiddeld			1780	2844	1780

vrachtwagens konden uitvoeren, zijn de concentraties van de te meten stoffen in de lucht afkomstig van de vrachtwagens benaderd door de concentraties zoals gemeten in de opslagtanks. Door de korte pomptijden zijn de werkelijke debieten hoger (tabel 4), maar er wordt niet gedurende de gehele dag geëmitteerd. In de berekeningen wordt het gemiddelde debiet genomen over een achturige werkdag. Dit komt neer op een debiet van 12,5 m³/uur voor elk van de drie emissiebronnen (Hoeksma, 2002).

Ammoniakemissie

In tabel 5 staan de concentraties en berekende emissies tijdens de 2 meetdagen. De totale ammoniak emissie bedroeg gemiddeld 1,26 g/uur.

Piekemissies gedurende korte tijden per dag kunnen oplopen tot 6,5 g/uur. Deze emissie is afkomstig uit de mengtank en treedt op bij het vullen van deze tank.

Geur

In tabel 6 zijn de voor de achtergrond gecorrigeerde geurconcentraties weergegeven, gemeten tijdens de 2 meetdagen. Op meetdag 1 werd alleen de mengtank gehomogeniseerd en een overeenkomstige geur waargenomen in zowel de silo als de mengtank. Op meetdag 2 werden toevoegmiddelen gebruikt, wat waarschijnlijk heeft geresulteerd in een verhoogde geurconcentratie in de mengtank. De verhoging van de geurconcentratie in de silo kan ook worden toegeschreven aan de wat

Tabel 7: Broeikasgasconcentraties en –emissie silo's

	CO ₂ -korte kringloop		CH ₄		N ₂ O		Broeikasgas
	Concentratie (g/m ³)	Emissie (kg/uur)	Concentratie (g/m ³)	Emissie (g/uur)	Concentratie (g/m ³)	Emissie (g/uur)	Emissie (kg CO ₂ -eq./uur)
12-02-02	16,81	0,21	1,51	18,9	5,52*10 ⁻⁵	6,9*10 ⁻⁴	0,4
14-02-02	1,60	0,02	0,29	3,6	0	0	0,076
Gemiddeld	9,20	0,12	0,90	11,3	2,76*10 ⁻⁵	3,5*10 ⁻⁴	0,24

Tabel 8: Broeikasgasconcentraties, en –emissie mengtank

	CO ₂ -korte kringloop		CH ₄		N ₂ O		Broeikasgas
	Concentratie (g/m ³)	Emissie (kg/uur)	Concentratie (g/m ³)	Emissie (g/uur)	Concentratie (g/m ³)	Emissie (g/uur)	Emissie (kg CO ₂ -eq./uur)
12-02-02	1,40	0,02	0,108	1,35	140*10 ⁻⁵	0,018	0,0334
14-02-02	5,55	0,07	0,755	9,44	992*10 ⁻⁵	0,12	0,236
Gemiddeld	3,48	0,05	0,432	5,4	566*10 ⁻⁵	0,069	0,135

minder sterke wind op de tweede meetdag.

Er zijn geen gemiddelden voor de geuremissie omdat de emissies in principe na elkaar plaatsvinden. Omdat er niet aan de vrachtwagens gemeten kon worden is de geuremissie afkomstig uit de vrachtwagen gelijk gesteld met die van een opslagsilo. Wel is vastgesteld dat gedurende korte perioden van de dag een emissie van 61600 OUE/sec plaatsvindt. Deze emissie is afkomstig uit de mengtank en treedt op bij het vullen van deze tank.

Broeikasgasemissies

De concentraties van de broeikasgassen CO₂, CH₄ en N₂O tijdens de 2 meetdagen zijn voor de silo's en mengtank apart weergegeven in de

tabellen 7 en 8. Uit beide tabellen blijkt dat de concentraties op de 2 meetdagen duidelijk verschilden. Dit kan veroorzaakt zijn door de verschillende stadia van mengen tussen de beide dagen.

Er wordt verondersteld dat de emissies afkomstig uit de vrachtwagens benaderd kan worden door de emissies van silo's. In totaal komt er gemiddeld per dag 0,61 kg CO₂-equivalent per uur aan broeikasgasen vrij. Piekemissies treden op bij het overpompen van de vrachtwagens naar de silo's ($\varphi_{\text{piek}} = 80 \text{ m}^3/\text{uur}$, piek emissie = 1,54 kg CO₂-eq./uur) en van de silo's naar de mengtank ($\varphi_{\text{piek}} = 170 \text{ m}^3/\text{uur}$, piek emissie = 1,84 kg CO₂-eq./uur).

5 Economische evaluatie

Tabel 9 geeft de resultaten van de kostenberekening van de productie van 'mest op maat' weer.

De exploitatiekosten van de 'mest op maat' meststoffen bedragen, volgens tabel 9, € 9,- per ton varkensdrijfmest. Deze worden met name bepaald door toevoeging van dure toeslagstoffen. Hoe de exploitatiekosten veranderen bij andere toeslagstoffen dient nader onderzocht te worden. Het productieproces moest ten tijde van de metingen nog worden geoptimaliseerd. De uitgangspunten voor de exploitatieberekening zijn bij gebrek aan praktische informatie daarom deels gebaseerd op inschattingen en aannames. Het

berekende resultaat moet men dan ook in het juiste perspectief bezien.

Kosten en opbrengsten eindproducten

De kosten / opbrengsten voor het eindproduct zijn nog niet bekend. De prijs van het eindproduct zal bepaald worden door haar samenstelling. Hierbij is de insteek dat er een prijs wordt betaald per geleverde kg stikstof, fosfaat en kali (Beekmans, 2002a).

De prijs van de eindproducten zal naar verwachting (voorlopig) nog dicht bij de afzetprijs voor drijfmest liggen. De exploitatiekosten van de installatie moeten lager zijn dan de meerwaarde die de ingaande ruwe mest krijgt door het proces.

Tabel 9: Exploitatiekosten 'Mest op maat' (in €, excl. afzet producten).

Mestverwerkingsinstallatie

Merksnaam:	Mestac
Type:	Mest op maat
Capaciteit: (ton varkensdrijfmest/batch)	315
Aantal batches: (batches/jaar)	80
Totaal: (ton varkensdrijfmest/jaar)	25.000

1. Investeringskosten

	Afschrijvingsduur		
Computer en besturing	7,5 jaar	18.500	**
Wegers – tanks	7,5 jaar	66.000	**
Weeginstallatie	7,5 jaar	5.500	**
Doseerpompen	7,5 jaar	12.000	**
Leidingen, afsluiters, etc	7,5 jaar	20.500	**
Roerwerken	7,5 jaar	25.500	**
Grondwerk	7,5 jaar	30.500	**
Electro	7,5 jaar	8.500	**
Gebouw	10 jaar	9.500	**
Isolatie leidingwerken	7,5 jaar	4.500	**
Engineering	7,5 jaar	17.500	**
Installatie en ondersteuning	7,5 jaar	31.500	**
Totaal investeringen:		250.000	
	Per ton	10,00	

2. Exploitatiekosten per jaar

<i>Vaste kosten:</i>			
Afschrijvingen:		33.017	
Onderhoud:		7.500	
Rente:		6.875	
Totaal vaste kosten:	Per jaar	47.392	
	Per ton	1,90	
<i>Variabele kosten:</i>			
Transport (logistiek)			
Lossen en laden	0,70 per ton ***	17.500	
Natukali	189 ton à 45,- /ton ****	8.505	
Ammonium polyfosfaat	393 ton à 270,- /ton ****	106.110	
Urean	226 ton à 105,- /ton ****	23.730	
Analyses	0,28 /ton *	7.000	
Elektra	0,05 per ton ***	1.250	
Arbeid	750 uur à 18,-/uur *	13.500	
Totaal variabele kosten:	Per jaar	177.595	
	Per ton	7,10	
Totaal exploitatiekosten	Per jaar	224.987	
	Per ton	9,00	

* Uitgangspunt gehanteerd door Praktijkonderzoek Veehouderij.

** Volgens offerte A. Smits Constructies b.v., bedragen afgerond

*** Volgens opgave Mestac (Beekmans, 2002a)

**** Volgens opgave Mestac (Beekmans, 2002b)

6 Conclusies

1. De installatie om mestproducten op receptuur op basis van N, P en K, functioneert na het aanbrengen van een aantal technische verbeteringen.
2. Het proces moet worden geoptimaliseerd, omdat de afwijking van de vooraf opgegeven receptuur groot is (nutriënten weken tot 28% af van de opgegeven receptuur). Niet onderzocht is of deze afwijking acceptabel en getolereerd wordt in de praktijk.
3. De reproduceerbaarheid van het proces lijkt voldoende. Uit de massabalansen blijkt dat de gemeten samenstelling nooit meer dan 5% afwijkt van de theoretisch te verwachten samenstelling. Het mengprotocol voor het proces lijkt voor de gebruikte grondstoffen te functioneren.
4. De gebruikte bemonsteringstechniek in combinatie met de laboratoriumanalyse van grondstoffen is voldoende betrouwbaar en nauwkeurig om het proces te kunnen sturen.
5. Tijdens de metingen vonden nog lekkages via niet afgedichte man-gaten plaats. Dit stelt de betrouwbaarheid van de emissiemeting ter discussie. De ventilatiedebieten zijn slechts geschat. Temperatuur, wind en dergelijke kunnen de ventilatie kunnen beïnvloeden. Zij zijn dus niet betrouwbaar. De gerapporteerde emissies hebben daardoor geringe betekenis. Het is alleen aannemelijk dat door de wijze van procesvoering pieken in emissies optreden. Door het voorkomen van leklucht kunnen de emissies worden beperkt.
6. Omdat er onvoldoende informatie is voor het uitvoeren van een exploitatiekostenberekening kunnen we slechts een indicatie voor de prijs per verwerkte ton varkensmest geven. Deze wordt geschat op € 9,-per ton. De kosten hangen sterk af van de gebruikte toeslagstoffen.
7. Het perspectief van het 'mest op maat' systeem is sterk afhankelijk van de kosten, kwaliteit en prestaties van de eindproducten in vergelijking tot mestproducten als ruwe (drijf)mest en kunstmest, waarmee moet worden gecon-curreerd in de praktijk. De kwaliteit en prestaties moeten nog worden bewezen in de praktijk.

7 Mest op maat in breder perspectief

De implementatie in de praktijk van het 'mest op maat' systeem is van een groot aantal factoren afhankelijk. De techniek behoeft dit niet in de weg te staan. De prijs, kwaliteit en snelle beschikbaarheid van het eindproduct zijn de belangrijkste succesfactoren.

De snelle beschikbaarheid is in de praktijk wenselijk omdat vaak veel afnemers gelijktijdig over producten willen beschikken. De piekvorming in vraag naar producten komt onder andere voort uit de beperking in uitruijperioden, de gewenste beschikbaarheid voor toepassing in de diverse teelten en de weersafhankelijkheid.

Voor kwaliteit is alleen gekeken naar de gehalten van de nutriënten stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). De variatie in gebruikte grondstoffen en toeslagstoffen moet verder worden onderzocht.

Over de werking van de nutriënten, is nog weinig bekend. Dit moet door onderzoek in de praktijk worden aangetoond.

Men moet rekening houden met negatieve opbrengsten van het product. Belangrijke winst is dat de afnemer een grotere zekerheid heeft over de samenstelling en kwaliteit en dat men op zijn wensen kan inspelen.

Hierdoor wordt de acceptatiegraad verhoogd, wat leidt tot een grotere benutting van de plaatsingsruimte in Nederland. Wanneer het product kwalitatief voldoet, neemt de markt-vraag en daarmee de prijs toe. De kunstmestmarkt heeft echter hierin voorlopig een leidende positie.

Het beheersen van de exploitatiekosten moet prioriteit hebben. Bovendien zijn deze kosten sterk afhankelijk van het eindproduct. De gewenste samenstelling van het eindproduct bepaalt namelijk mede de keuze en hoeveelheid van de te gebruiken toeslagstoffen. Tijdens de meetperiode werden relatief dure toeslagstoffen gebruikt. Op termijn kunnen deze (gedeeltelijk) verkregen worden door mineralenconcentraten, afkomstig uit de mestverwerkinginstallaties. De kosten per ton nemen hierdoor naar verwachting af. Voorlopig moet nog geconcurrereerd worden met "normale" drijfmestsoorten.

Toepassing biedt op regionaal niveau het beste perspectief met het oog op kostenbeheersing, logistieke aspecten (productie, vervoer) en gezien beperkingen door wetgeving (milieu, veterinaire).

Literatuur

Anoniem, 1996. Werkgroep Emissiefactoren. Meetprotocol voor geuremissies uit stallen. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.

Anoniem, 1998. Meststoffenwet. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.

Beekmans, H., 2002a, Eindrapportage Project Mest op Maat, Slootdorp

Beekmans, H., 2002b, Persoonlijke mededelingen, Mestac

Gijssel, P. de, J.M.G. Hol en D.A.J. Starmans, 2002. Gasvormige emissie bij mestverwerkingsinstallatie Mest op Maat - systeem Mestac, IMAG Wageningen, maart 2002-05-01

Hoeksma, P., 2002, Persoonlijke mededelingen, IMAG

IPPC. 1996. Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change; J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell, eds. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.

KNMI, 2002. Maandoverzichten via internet:www.knmi.nl

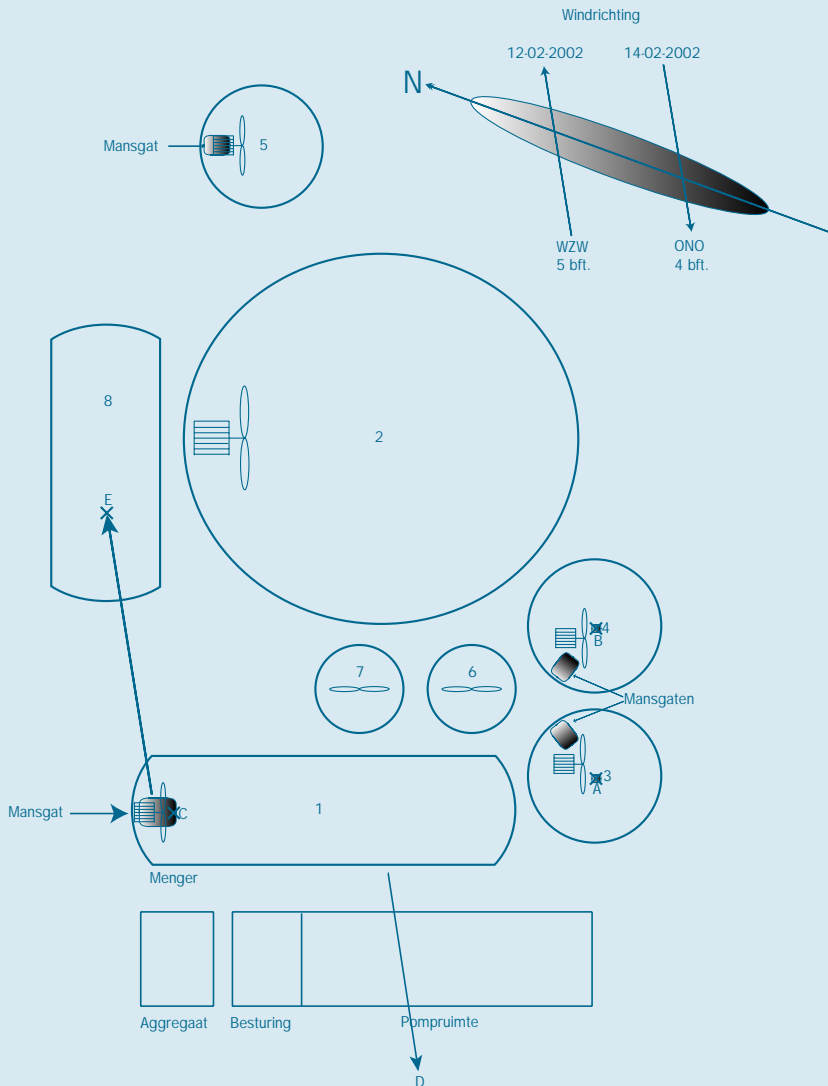
Melse, R.W., 2000, Monsternamen en meetprotocol Mest op Maat, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, november 2000

NNI. 1995/1996. NVN 2880/A1 Luchtkwaliteit, sensorische geurmetingen met een olfactometer. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft (1995) met wijzigingsblad A1, in brief aan geaccrediteerde instellingen (1996).

Wintjes, Y., 1993 Gaswasfles. In: E.N.J. van Ouwkerk: Methode NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, DLO, Wageningen, p. 38-40

Bijlagen

Bijlage 1: Het mest op maat systeem



- Silo 1 mengtank (producttank)
- Silo 3, 4, 5 opslag grondstoffen (varkensmest)
- Silo 6, 7, 8 opslag toeslagstoffen (resp. natukali, polyfosfaat en urean)

Bijlage 2: Berekeningsmethodiek concentratie en emissie van gassen

Uit de analyses van de ammoniak- en broeikasgasmonsters konden de betreffende concentraties als volgt worden berekend.

$$\text{Ammoniak:} \quad C_{\text{NH}_3} = \frac{V.C}{t.s} * 10^{-6}$$

waarbij:

C_{NH_3}	=	ammoniakconcentratie in tanks (g.m ⁻³)
V	=	volume salpeterzuur na bemonstering (l)
C	=	concentratie ammoniak in vloeistof gaswasfles (g.l ⁻¹)
t	=	tijd monsterneming (minuten)
s	=	snelheid monsterneming (ml.minuut ⁻¹)

$$\text{Broeikasgassen:} \quad C_{\text{bg}} = \frac{M.P.C}{R.T} * 10^{-3}$$

waarbij:

C_{bg}	=	broeikasgasconcentratie (g.m ⁻³)
M	=	molmassa broeikasgas (g.mol ⁻¹)
P	=	standaard luchtdruk (1,01325.10 ⁵ Pa)
C_{bg}	=	gemeten concentratie broeikasgas (ppm)
R	=	molaire gasconstante (8,3145 J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
T	=	temperatuur tijdens meting (K)

De berekening van de emissie was voor alle gemeten gassen gelijk, behalve voor geur waarbij de resultaten niet per uur maar per seconde worden weergegeven.

$$E_{\text{gas}} = V.C_{\text{gas}}$$

waarbij:

V	=	constant ventilatiedebiet (m ³ /uur)
C_{gas}	=	concentratie (g/m ³)
E_{gas}	=	emissie (g/uur)

De gezamenlijke bijdrage aan het broeikaseffect werd uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Hierbij werd de effectiviteit van CH₄ en N₂O vergeleken met CO₂. CH₄ is 21 keer, en N₂O is 310 keer zo effectief als CO₂ (IPPC, 1996).

$$E_{\text{CO}_2\text{-eq.}} = (21 * E_{\text{CH}_4}) + (310 * E_{\text{N}_2\text{O}})$$

waarbij:

E_{CH_4}	=	emissie (CH ₄ (g/uur)
$E_{\text{N}_2\text{O}}$	=	emissie (N ₂ O (g/uur)
$E_{\text{CO}_2\text{-eq.}}$	=	emissie als CO ₂ -equivalent (g/uur)

Bijlage 3: productie overzicht batch 2

Batch 2		Grondstof					Product						
Aanvoer		Samenstelling			Voorraad	Verbr	Afvoer		Samenstelling				
Mest Kg	Conc kg	Silo nr	N g/kg	P ₂ O ₅ g/kg	K ₂ O g/kg	Begin kg	Eind kg	Vracht nr	Weger kg	Totaal kg	N g/kg	P ₂ O ₅ g/kg	K ₂ O g/kg
7-feb 320900		s3	8,32	4,54	8,29	108660	83632	25028			8,32	4,54	8,29
		s4	6,9	3,93	7,53	102080	77158	24922			6,9	3,93	7,53
		s5	5,9	3,02	6,14	110160	88513	21647			5,9	3,02	6,14
		s6				7174	6633	541					
		s7				15481	14356	1125					
		s8				8269	7621	648					
								73911					
									W7 40480				
									W8 37920				
									tot. 78400				
		s3				83632	57016	26616					
		s4				77158	50534	26624					
		s5				88513	64298	24215					
		s6				6633	6052	581					
		s7				14356	13182	1174					
		s8				7621	6860	761					
								79971					
									W9 37160				
									W10 40940				
									tot. 78100				
		s3				57016	32768	24248					
		s4				50534	26284	24250					
		s5				64298	42262	22036					
		s6				6052	5540	512					
		s7				13182	12086	1096					
		s8				6860	6221	639					
								72781					

Vervolg bijlage 3: productie overzicht batch 2

Batch 2		Grondstof					Product							
Aanvoer		Samenstelling			Verbr	Afvoer		Samenstelling						
Mest Kg	Conc kg	Silo nr	N g/kg	P ₂ O ₅ g/kg	K ₂ O g/kg	Begin kg	Eind kg	Verbr kg	Vracht nr	Weger kg	Totaal kg	N g/kg	P ₂ O ₅ g/kg	K ₂ O g/kg
8-feb														
		s3		32768	7143	25625			W11	41140				
		s4		26284	5505	20779			W12	37180				
		s5		42262	18303	23959			tot.	78320				
		s6		5540	5104	436								
		s7		12086	10990	1096								
		s8		6221	5562	659								
						72554			W13	40900				
									W14	37200				
									tot.	78100				
		s3		7143	-2590	9733								
		s4		5505	5505	0								
		s5		18303	18303	0								
		s6		5104	5104	0								
		s7		10990	10900	90								
		s8		5562	5399	163								
							9986		W15	21620	334540			
11-feb														

Bijlage 4: Massabalansen

Batch 1	Ingaande mest			Toeslagstoffen			Eindpr. Afwijking	
---------	---------------	--	--	----------------	--	--	-------------------	--

Charge 1	silos 3	silos 4	silos 5	silos 6	silos 7	silos 8	mengsilos	
Hoeveelheid (kg)	24999	24662	24988	0	90	319	75058	2,2%
N-gehalte (g/kg)	8,5	8,3	8,7	3,8	35,1	165,0	9,2	-1,1%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	4,9	4,9	5,0	1,6	82,0	0,0	5,0	-3,8%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	8,4	8,0	8,5	38,9	0,2	0,0	8,3	-0,5%

Charge 2	silos 3	silos 4	silos 5	silos 6	silos 7	silos 8	mengsilos	
Hoeveelheid (kg)	43751	43821	0	0	0	365	87937	28,0%
N-gehalte (g/kg)	8,5	8,3	8,7	3,8	35,1	165,0	9,0	-2,2%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	4,9	4,9	5,0	1,6	82,0	0,0	4,9	2,7%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	8,4	8,0	8,5	38,9	0,2	0,0	8,2	-1,6%

Charge 3	silos 3	silos 4	silos 5	silos 6	silos 7	silos 8	mengsilos	
Hoeveelheid (kg)	0	0	65403	0	0	247	65650	0,0%
N-gehalte (g/kg)	8,5	8,3	8,7	3,8	35,1	165,0	9,3	-3,2%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	4,9	4,9	5,0	1,6	82,0	0,0	5,0	1,7%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	8,4	8,0	8,5	38,9	0,2	0,0	8,5	1,4%

silos 3	Varkensmest	silos 6	Natukali
silos 4	Varkensmest	silos 7	Amm. Polyfosf.
silos 5	Varkensmest	silos 8	Urean

vervolg bijlage 4: Massabalansen

Batch 2	Ingaande mest			Toeslagstoffen			Eindpr. Afwijking	
---------	---------------	--	--	----------------	--	--	-------------------	--

Charge 1	silos 3	silos 4	silos 5	silos 6	silos 7	silos 8	mengsilos	
Hoeveelheid (kg)	25028	24922	21647	541	1125	648	73911	-3,1%
N-gehalte (g/kg)	8,3	6,9	5,9	3,8	35,1	165,0	8,9	-1,4%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	4,5	3,9	3,0	1,6	82,0	0,0	5,0	1,6%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	8,3	7,5	6,1	38,9	0,2	0,0	7,4	-0,5%

Charge 2	silos 3	silos 4	silos 5	silos 6	silos 7	silos 8	mengsilos	
Hoeveelheid (kg)	26616	26624	24215	581	1174	761	79971	11,7%
N-gehalte (g/kg)	8,3	6,9	5,9	3,8	35,1	165,0	9,0	-1,0%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	4,5	3,9	3,0	1,6	82,0	0,0	4,9	3,6%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	8,3	7,5	6,1	38,9	0,2	0,0	7,4	1,3%

Charge 3	silos 3	silos 4	silos 5	silos 6	silos 7	silos 8	mengsilos	
Hoeveelheid (kg)	24248	24250	22036	512	1096	639	72781	4,0%
N-gehalte (g/kg)	8,3	6,9	5,9	3,8	35,1	165,0	8,9	-1,1%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	4,5	3,9	3,0	1,6	82,0	0,0	5,0	2,1%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	8,3	7,5	6,1	38,9	0,2	0,0	7,4	1,9%

Charge 4	silos 3	silos 4	silos 5	silos 6	silos 7	silos 8	mengsilos	
Hoeveelheid (kg)	25625	20779	23959	436	1096	659	72554	1,3%
N-gehalte (g/kg)	8,3	6,9	5,9	3,8	35,1	165,0	8,9	-2,6%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	4,5	3,9	3,0	1,6	82,0	0,0	4,9	4,1%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	8,3	7,5	6,1	38,9	0,2	0,0	7,3	1,8%

silos 3 Varkensmest
 silos 4 Varkensmest
 silos 5 Varkensmest

silos 6 Natukali
 silos 7 Amm. Polyfosf.
 silos 8 Urean

vervolg bijlage 4: Massabalansen

Batch 3 Ingaande mest Toeslagstoffen Eindpr. Afwijking

Charge 1 silo 3 silo 4 silo 5 silo 6 silo 7 silo 8 mengsilo

Hoeveelheid (kg)	28311	26785	28341	595	433	599	85064	16,2%
N-gehalte (g/kg)	5,6	5,5	5,9	3,8	35,1	165,0	6,9	-6,4%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	2,9	2,9	3,4	1,6	82,0	0,0	3,4	1,2%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	5,2	5,2	5,1	38,9	0,2	0,0	5,3	-2,0%

Charge 2 silo 3 silo 4 silo 5 silo 6 silo 7 silo 8 mengsilo

Hoeveelheid (kg)	24928	23671	24933	517	357	572	74978	7,2%
N-gehalte (g/kg)	5,6	5,5	5,9	3,8	35,1	165,0	7,0	-3,9%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	2,9	2,9	3,4	1,6	82,0	0,0	3,4	1,8%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	5,2	5,2	5,1	38,9	0,2	0,0	5,3	0,7%

Charge 3 silo 3 silo 4 silo 5 silo 6 silo 7 silo 8 mengsilo

Hoeveelheid (kg)	61060	24150	0	607	377	529	76723	20,2%
N-gehalte (g/kg)	5,6	5,5	5,9	3,8	35,1	165,0	6,8	-6,9%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	2,9	2,9	3,4	1,6	82,0	0,0	3,3	5,1%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	5,2	5,2	5,1	38,9	0,2	0,0	5,4	2,0%

Charge 4 silo 3 silo 4 silo 5 silo 6 silo 7 silo 8 mengsilo

Hoeveelheid (kg)	0	18710	36169	608	603	906	56996	-20,3%*
N-gehalte (g/kg)	5,6	5,5	5,9	3,8	35,1	165,0	8,6	13,0%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	2,9	2,9	3,4	1,6	82,0	0,0	4,0	17,5%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	5,2	5,2	5,1	38,9	0,2	0,0	5,4	-0,7%

silo 3 Varkensmest
silo 4 Varkensmest
silo 5 Varkensmest

silo 6 Natukali
silo 7 Amm. Polyfosf.
silo 8 Urean

* weger niet leeg

vervolg bijlage 4: Massabalansen

Batch 4 Ingaande mest Toeslagstoffen Eindpr. Afwijking

Charge 1 silo 3 silo 4 silo 5 silo 6 silo 7 silo 8 mengsilo

Hoeveelheid (kg)	24308	24316	24307	271	1339	307	74848	11,3%
N-gehalte (g/kg)	5,7	5,3	5,4	3,8	35,1	165,0	6,6	-6,4%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	3,3	2,1	2,1	1,6	82,0	0,0	3,9	7,1%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	6,0	5,1	5,1	38,9	0,2	0,0	5,4	2,0%

Charge 2 silo 3 silo 4 silo 5 silo 6 silo 7 silo 8 mengsilo

Hoeveelheid (kg)	22139	22155	22049	304	1210	176	68033	2,8%
N-gehalte (g/kg)	5,6	5,3	5,4	3,8	35,1	165,0	6,4	-5,0%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	2,9	2,1	2,1	1,6	82,0	0,0	3,8	7,8%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	5,2	5,1	5,1	38,9	0,2	0,0	5,2	-2,2%

Charge 3 silo 3 silo 4 silo 5 silo 6 silo 7 silo 8 mengsilo

Hoeveelheid (kg)	21452	21455	21420	200	1208	281	66016	0,5%
N-gehalte (g/kg)	5,6	5,3	5,4	3,8	35,1	165,0	6,7	-2,2%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	2,9	2,1	2,1	1,6	82,0	0,0	3,8	8,9%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	5,2	5,1	5,1	38,9	0,2	0,0	5,1	-6,0%

Charge 4 silo 3 silo 4 silo 5 silo 6 silo 7 silo 8 mengsilo

Hoeveelheid (kg)	29226	19407	9760	251	1060	271	59977	-11,5%
N-gehalte (g/kg)	5,6	5,3	5,4	3,8	35,1	165,0	6,7	-2,8%
P ₂ O ₅ -gehalte (g/kg)	2,9	2,1	2,1	1,6	82,0	0,0	3,9	5,1%
K ₂ O-gehalte (g/kg)	5,2	5,1	5,1	38,9	0,2	0,0	5,2	-6,7%

silo 3 Varkensmest

silo 4 Varkensmest

silo 5 Varkensmest

silo 6 Natukali

silo 7 Amm. Polyfosf.

silo 8 Urean

Overige publicaties

In de serie "Mestverwerking varkenshouderij" zijn tot nu toe verschenen:

- Praktijkboek nr. 4 Mestverwerking varkenshouderij
Manura® 2000, Hollvoet te Reusel
- Praktijkboek nr. 5 Mestverwerking varkenshouderij
Manura® 2000, Houbensteyn te Ysselsteyn
- Praktijkboek nr. 6 Mestverwerking varkenshouderij
Systeem Biovink, Evink te Oosterwolde (Gld)
- Praktijkboek nr. 7 Mestverwerking varkenshouderij
Mestscheiding en microfiltratie, Dirven te Someren
- Praktijkboek nr. 8 Mestverwerking varkenshouderij
Strofilter in foliekas, De Swart te Alphen (NB)
- Praktijkboek nr. 9 Mestverwerking varkenshouderij
Composteren in roterende trommel,
Bouwman te Ysselsteyn
- Praktijkboek nr. 10 Mestverwerking varkenshouderij
Mest op Maat, Mestac te Nuenen
- Praktijkboek nr. 11 Mestverwerking varkenshouderij
Mobiele Mestontwatering, Mestec te Papendrecht
- Praktijkboek nr. 12 Mestverwerking varkenshouderij
OrgAgro, Bouwman te Bakel
- Praktijkboek nr. 13 Mestverwerking varkenshouderij
Agramaat, Den Hertog te Rotterdam

Deze rapporten zijn te bestellen bij de uitgever.

