

P.L.M. van Horne
P.J.W. ten Have
R. Hoste
P.J.L. Derikx

Onderzoekverslag 136

Energieverbruik en kosten van afzet en verwerking van mest

September 1995



SIGN: L28-136
EX. NO: C
MLV:

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)
Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO)

916343

REFERAAT

ENERGIEVERBRUIK EN KOSTEN VAN AFZET EN VERWERKING VAN MEST

Horne, P.L.M. van, P.J.W. ten Have, R. Hoste en P.J.L. Derikx

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1995

Onderzoekverslag 136

ISBN 90-5242-305-9

106 p., 23 fig., 36 tab., 10 bijl.

Voor de sectoren varkens, pluimvee, melkvee en vleeskalveren is een ketenstudie verricht naar het energieverbruik en de kosten van afzet van mest. Hierbij is gerekend van het moment van productie van de mest tot aanwenden op het land, met verschillende vormen van bewerking van de mest, zowel op boerderij-niveau als centraal.

Het energieverbruik neemt fors toe bij het drogen van mest. Het niveau van energieverbruik hangt sterk samen met de kosten. In het algemeen is een lichte vorm van bewerking op boerderij-niveau het meest voordelig, zowel qua energie als qua kosten. Van alle mestsoorten komt gedroogde pluimveemest het eerst in aanmerking voor export. Ondersteuning van het management op individueel bedrijfsniveau is noodzakelijk om een goede afweging te kunnen maken tussen de bestaande mogelijkheden van mestafzet van het bedrijf, rekening houdend met bedrijfseconomische en energie-aspecten.

Mest/Keten/Energie/Kosten/Varkens/Pluimvee/Melkvee/Vleeskalveren/
Mestverwerking

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Energieverbruik

Energieverbruik en kosten van afzet en verwerking van mest

/ P.L.M. van Horne ... [et al.]. - Den Haag :

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO). - Fig., tab. -

(Onderzoekverslag / Landbouw-Economisch Instituut

(LEI-DLO) ; 136)

ISBN 90-5242-305-9

NUGI 835

Trefw.: mest ; verwerking.

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	5
SAMENVATTING	7
1. INLEIDING	15
1.1 Achtergrond van het onderzoek	15
1.2 Doelstelling	16
1.3 Probleemstelling	16
1.4 Opbouw rapport	17
2. WERKWIJZE	18
2.1 Keuze mestafzetketens	18
2.2 Werkwijze	23
2.3 Algemene uitgangspunten	25
2.3.1 Inleiding	25
2.3.2 Drogers	26
2.3.3 Pelletiseren, verpakken en vermarkten	28
2.3.4 Arbeidskosten en prijzen	29
2.3.5 Mesttransport, opslag en aanwenden	30
2.3.6 Opbrengst mestprodukten	35
3. UITGANGSPUNTEN EN RESULTATEN PER SECTOR	37
3.1 Zeugen	37
3.1.1 Inleiding	37
3.1.2 Mestafzetketens	37
3.1.3 Resultaten	41
3.2 Vleesvarkens	43
3.2.1 Inleiding	43
3.2.2 Mestafzetketens	43
3.2.3 Resultaten	45
3.3 Leghennen	47
3.3.1 Inleiding	47
3.3.2 Mestafzetketens	47
3.3.3 Resultaten	51
3.4 Vleeskuikens	54
3.4.1 Inleiding	54
3.4.2 Mestafzetketens	54
3.4.3 Resultaten	55
3.5 Melkvee	57
3.5.1 Inleiding	57
3.5.2 Mestafzetketens	58

	3.5.3 Resultaten	Biz. 60
3.6	Vleeskalveren	62
	3.6.1 Inleiding	62
	3.6.2 Mestafzetketens	63
	3.6.3 Resultaten	66
3.7	Vergelijking over sectoren	68
4.	DISCUSSIE	72
5.	CONCLUSIES	79
	LITERATUUR	81
	BIJLAGEN	87
1	Uitgangspunten bij de berekeningen	88
2	Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking zeugemest	93
3	Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking vleesvarkensmest	95
4	Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking legghennenmest	96
5	Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking vleeskuikenmest	98
6	Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking melkveemengmest	99
7	Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking vleeskalverenmest	101
8	Energieverbruik en kosten van centrale mestopslag	103
9	Kosten van mestaanwenden	104
10	Mineralensamenstelling van mestkorrels	105

WOORD VOORAF

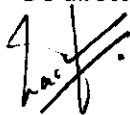
Beperking van het energieverbruik staat sterk in de maatschappelijke belangstelling. Als gevolg van mestoverschotten moet er in de toekomst meer mest be- en verwerkt gaan worden voor afzet op grote afstand. Mestbewerking vraagt echter veel energie. Om deze reden is een onderzoek opgestart waarin mestafzetketens zijn doorgerekend. Het doel hiervan is het geven van inzicht in de energie- en kostenaspecten van mestafzetketens voor de belangrijkste diersectoren in Nederland. Het project is uitgevoerd onder contract met de Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu BV (Novem) in het kader van het programma Agrarische Sector dat gefinancierd wordt door het Ministerie van Economische Zaken.

Gezien het multidisciplinaire karakter van het onderzoek is een begeleidingscommissie ingesteld, waarin de volgende personen zitting hadden:

- Ing. J.H. Uenk, Stichting Landelijke Mestbank (SLM), voorzitter;
- Ir M.A.J. van Melick, Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu BV (Novem);
- Ir J.A. Beukeboom, Informatie- en Kenniscentrum Landbouw (IKC);
- Ir J. Doornbos, Centrum voor Informatie en Ondersteuning mestverwerking (CIOM);
- G. Meulepas, Dienst Landbouwvoorlichting (DLV)-team Varkenshouderij;
- Ing. W. Vonk, Ferm-O-Feed.

Het onderzoek is uitgevoerd door een werkgroep met onderzoekers van LEI-DLO en IMAG-DLO, waarbij ir P.L.M. van Horne projectleider was. De heer Van Horne is door LEI-DLO gedetacheerd bij het Praktijkonderzoek Pluimveehouderij te Beekbergen en heeft zich voor dit project specifiek bezig gehouden met de pluimveehouderij. Ing. R. Hoste fungeerde als secretaris. Hij is door LEI-DLO gedetacheerd te Rosmalen bij het Praktijkonderzoek Varkenshouderij; de varkenshouderij en het mesttransport kwamen voor zijn rekening. Ir P.J.W. ten Have van IMAG-DLO heeft zich bezig gehouden met de vleeskalverhouderij en heeft voor dit project tevens informatie geleverd over grootschalige mestverwerking. Dr P.J.L. Derikx, eveneens werkzaam bij IMAG-DLO, heeft de sector melkveehouderij voor zijn rekening genomen.

De directeur van LEI-DLO



L.C. Zachariasse

De directeur van IMAG-DLO



A.A. Jongebreuer

Den Haag/Wageningen, augustus 1995

SAMENVATTING

Inleiding

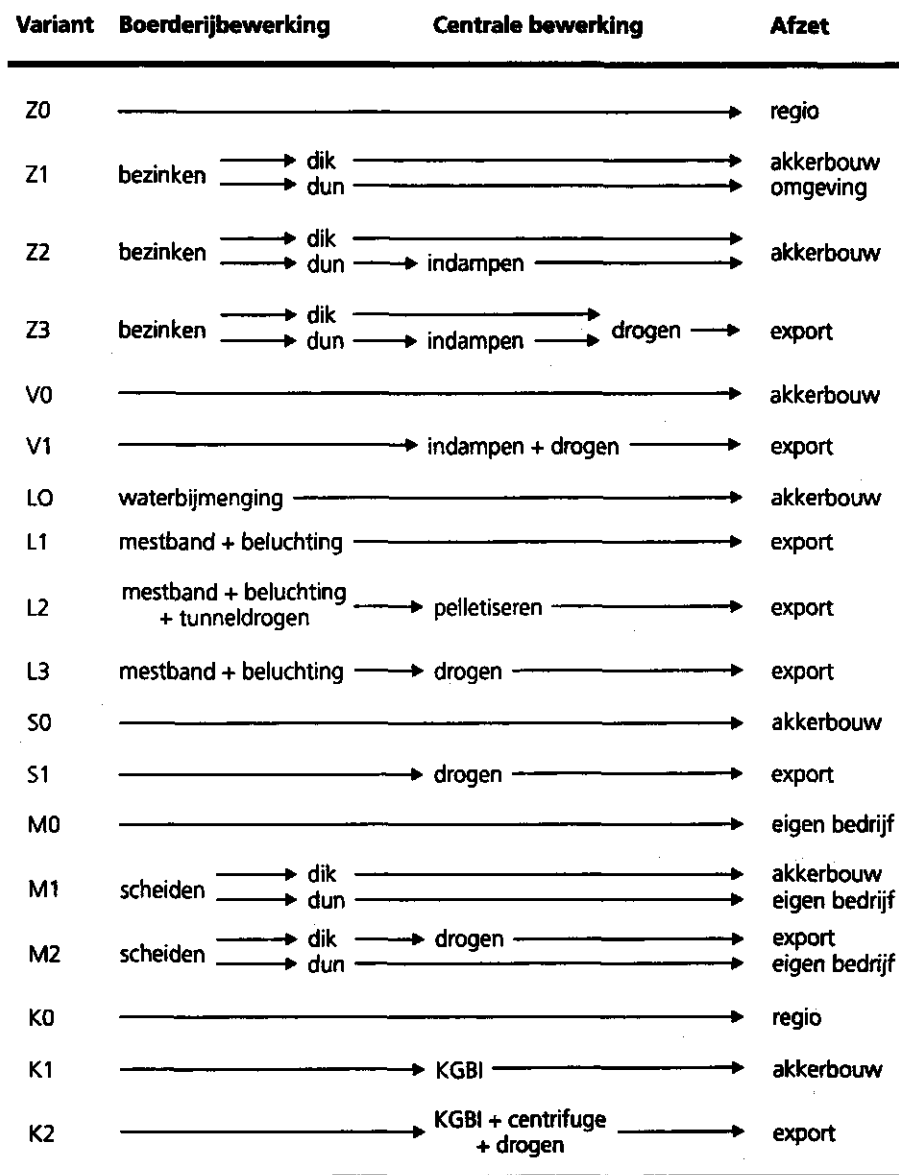
Toenemende kennis omtrent schadelijke effecten van overbesteding hebben ertoe geleid dat er wet- en regelgeving is gekomen om het milieu te ontzien. Het gevolg is dat er maxima zijn gesteld aan de hoeveelheid mest die per eenheid grond aangewend mag worden. Gegeven de concentratie van vee in bepaalde delen van Nederland zal er (meer) transport van mest plaats moeten vinden om deze verantwoord af te zetten. Behalve binnen Nederland zal ook een groter deel van de mest in het buitenland afgezet moeten worden. Het is noodzakelijk water aan de mest te onttrekken, waardoor een droger produkt ontstaat met minder volume. Vermindering van het volume van de mest is nodig om de transportkosten te beperken.

Afspraken over vermindering van de CO₂-produktie leiden ertoe dat er besparings-doelstellingen voor energieverbruik zijn opgesteld. Zo is er voor de agrarische sector in Nederland een doelstelling vastgesteld voor efficiency-verbetering van 26% per eenheid produkt over de periode 1989 tot 2000 (Vervolgnote energiebesparing, 1993). Deze doelstelling strookt echter niet altijd met andere milieudoelstellingen, zoals de vermindering van ammoniakemissie en het via mestbe- en verwerking tot een oplossing komen van de mestproblematiek. Het is daarom van belang een optimale mix te vinden van mestafzet-mogelijkheden, zowel vanuit energetisch als uit kostenopgave.

Het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) heeft samen met het Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO) een studie uitgevoerd op het snijvlak van mestoverschotten en energieverbruik. De doelstelling van het onderzoek was het opzetten van een aantal relevante mestafzetketens, vanaf excretie tot aanwenden, voor de diverse diercategorieën in Nederland en het berekenen van het energieverbruik en de kosten. Met deze informatie kunnen integrale oplossingen gezocht worden voor de mestoverschotten-problematiek in Nederland, waarbij rekening gehouden wordt met zowel energieverbruik als de kosten.

Werkwijze

Binnen dit onderzoek worden be- en verwerkingstechnieken op boerderij- en centraal niveau gecombineerd tot mestafzetketens. Bij de keuze van de verschillende technieken is rekening gehouden met de volgende factoren: voldoende betrouwbare gegevens, voldoende economisch perspectief, te verwachten substantiële omvang van de keten en afzetmogelijkheden van de eindprodukten. De ketens zijn gecodeerd met een letter voor de



Figuur 1 *Overzicht van doorgerekende mestafzetketens (Z=zeugen, V=vleesvarkens, L=leghennen, S=vleeskuikens, M=melkvee en K=vleeskalveren)*

diercategorie en een volgnummer: Z (zeugen), V (vleesvarkens), L (legghennen), S (vleeskuikens), M (melkvee) en K (vleeskalveren). Z0 is de basisvariant voor afzet van zeugemest, Z1 is de eerste alternatieve afzetketen enzovoort. In figuur 1 is een overzicht gegeven van de doorgerekende afzetketens.

De mestafzetketens zijn doorgerekend met behulp van zogenaamde spreadsheets. Uitgegaan is van de bewerkingen die op één ton mest worden uitgevoerd. Deze mest, na aftrek van de ammoniakemissie uit de stal wordt "ruwe mest" genoemd. Uitgegaan is van geüniformeerde mest- en mineralencijfers in het jaar 1993. Per onderdeel van de keten zijn het (directe) energieverbruik en de kosten bepaald. Het uiteindelijke resultaat is een overzicht van hoeveelheid mestprodukt met de mineralengehaltes en het totale energieverbruik en de totale kosten per ton ruwe mest. Dit is ook doorgerekend per dier en eventueel per ton mestkorrel.

Resultaten

De resultaten zijn uitgedrukt als het energieverbruik en de kosten van afzet van mest per ton ruwe mest. Het begrip ruwe mest betreft origineel door de dieren geproduceerde mest, na aftrek van de ammoniakemissie uit de stal. De kosten zijn weergegeven als bruto-kosten (alle kosten opgeteld) en als netto-kosten (gecorrigeerd voor opbrengst van de mestprodukten). In tabel 1 zijn de resultaten weergegeven voor de zeugen- en vleesvarkenshouderij.

Tabel 1 *Overzicht van bruto- en netto-kosten en het energieverbruik per afzetketen voor zeugen- en vleesvarkensmest (f/ton ruwe mest en MJ/ton ruwe mest)*

	Kosten		Energie
	bruto	netto	
Z0	12	17	67
Z1	10	13	78
Z2	28	28	240
Z3	92	67	1.500
V0	29	24	180
V1	94	52	1.100

Uit tabel 1 blijkt het volgende: als rekening wordt gehouden met de (soms negatieve) opbrengst van de mestprodukten is variant Z1 bij de zeugen (scheiden door bezinken) economisch het meest aantrekkelijk. Het verbruik aan energie is echter iets hoger dan bij Z0.

Bij Z2 zijn de kosten en het energieverbruik beduidend hoger dan bij Z1. Als er geen afzetruimte is voor de dunne fractie, zal deze verwerkt moe-

Tabel 2 *Overzicht van bruto- en netto-kosten en het energieverbruik per afzetketen voor leghennen- en vleeskuikenmest (f/ton ruwe mest en MJ/ton ruwe mest)*

	Kosten		Energie
	bruto	netto	
L0	32	26	220
L1	39	24	450
L2	130	30	690
L3	120	21	1.300
S0	36	9	420
S1	270	-7	1.900

ten worden (variant Z2). Z2 kan wel concurreren met langeafstandstransport van ruwe mest (150 km), maar dit vindt momenteel niet plaats. Bij verwerking tot korrels heeft V1 economisch en energetisch de voorkeur boven Z3.

In tabel 2 wordt ingegaan op de verschillende varianten in de pluimveehouderij.

Uit tabel 2 blijkt dat directe afzet van natte leghennenmest bedrijfseconomisch niet verantwoord is. Energetisch heeft deze variant wel de voorkeur. Bij vergelijking van de twee varianten waarin leghennenmest verder verwerkt wordt en geëxporteerd, blijkt eveneens een tegenstelling in de energetische en de economische aspecten. Centrale droging (L3) heeft economisch de voorkeur boven vergaande droging op bedrijfsniveau. Energetisch is dat niet het geval. Een eerste droging op bedrijfsniveau (mestbandbeluchting) is zowel kostentechnisch als energetisch een goede keuze. Verwerking van vleeskuikenmest kan kostenneutraal plaatsvinden. Directe afzet heeft energetisch de voorkeur, maar bedrijfseconomisch niet.

Tabel 3 *Overzicht van bruto- en netto-kosten en het energieverbruik per afzetketen van melkvee- en vleeskalverenmest (f/ton ruwe mest en MJ/ton ruwe mest)*

	Kosten		Energie
	bruto	netto	
M0	6	6	18
M1	16	16	55
M2	71	45	880
K0	12	17	66
K1	17	17	89
K2	22	18	250

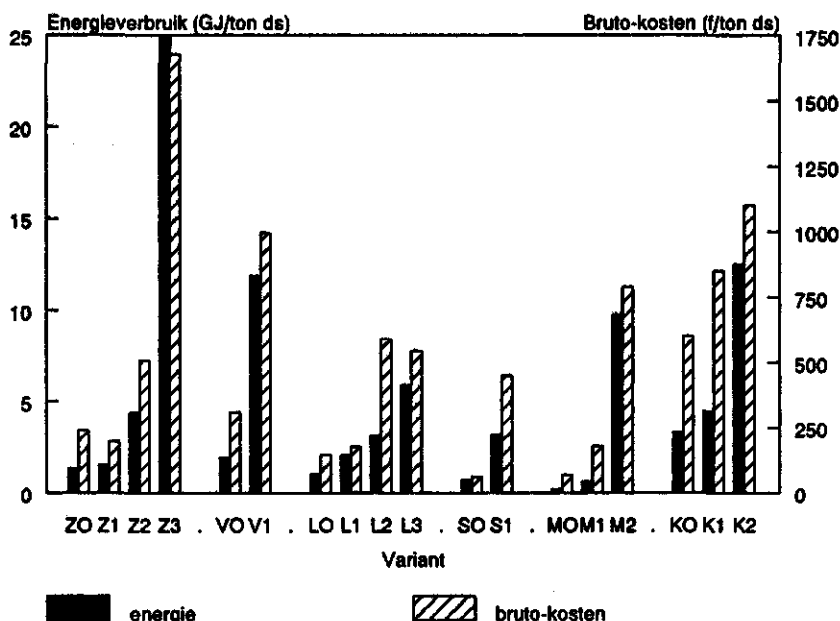
In tabel 3 wordt ingegaan op de rundveehouderij-varianten.

Uit tabel 3 blijkt dat in het algemeen de kosten en het energieverbruik toenemen bij verdergaande bewerking. Van de varianten bij de vleeskalveren vindt K0 in de praktijk weinig plaats. Afzet in de regio heeft energetisch echter de voorkeur boven verwerking of afzet op grote afstand. Bij afzet van de gier op een afstand van 60 km is het energieverbruik even hoog als bij K1. Variant K1 vindt al op grote schaal plaats.

Vergelijking sectoren

In figuur 2 wordt een overzicht gegeven van het energieverbruik en de bruto-kosten van alle doorgerekende mestafzetketens. Voor een goede vergelijkbaarheid zijn het energieverbruik en de kosten uitgedrukt per ton droge stof.

Uit figuur 2 blijkt dat de mestafzetketens een grote verscheidenheid te zien geven in zowel kosten als energieverbruik. In het algemeen zijn de kosten voor verwerking van pluimveemest het laagst. Dit wordt veroorzaakt doordat de mest al vrij droog is, voordat een bewerking wordt toegepast. Wat verder geconcludeerd kan worden, is dat er is een duidelijk positief verband is tussen de kosten en het energieverbruik.



Figuur 2 *Energieverbruik en bruto-kosten van mestafzet in diverse mestafzetketens (GJ/ton en f/ton droge stof mest)*

Tevens blijkt uit figuur 2 dat binnen een sector de kosten en het energieverbruik exponentieel toenemen bij een verdergaande vorm van mestverwerking. Dit geldt met name wanneer centrale droging plaatsvindt. Als de opbrengsten van de mestprodukten in mindering gebracht worden op de kosten, is dit effect echter afgezwakt.

Discussie

Enkele belangrijke uitgangspunten van mestverwerking zijn voor discussie vatbaar. Om deze reden is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waaruit blijkt dat van de kostenfactoren met name het niveau van de investering invloed heeft op de kosten van mestverwerking. De opbrengst van mestkorrels is echter van veel grotere invloed op het uiteindelijke nettoresultaat van een verwerkingsketen. De invloed is het sterkst bij die ketens waar per ton mestkorrels weinig ruwe mest nodig is. Anders gezegd, de invloed van onzekere factoren heeft een positief verband met het drogestofgehalte van de ruwe mest. Bij een lager drogestofgehalte worden de kosten en opbrengsten verdeeld over meerdere tonnen mest. Een duidelijk voorbeeld is de variant S1. Zoals in tabel 2 is te zien, bedragen de netto-kosten van keten S1 -f 7,- per ton ruwe mest. Bij een opbrengst van de mestkorrels van geen f 400,-, maar f 200,- per ton korrel nemen de netto-kosten toe tot f 131,- per ton ruwe mest. Bij keten K2 echter bedragen de netto-kosten bij een opbrengst van de mestkorrel van f 400,- per ton korrel, f 18,- per ton ruwe mest (kalvergiër). Bij gehalveerde opbrengst zijn de kosten gestegen tot f 20,- per ton ruwe mest.

Door het gebruik van dierlijke mest is op bedrijfsniveau een potentiële besparing mogelijk van kunstmest. De produktie van kunstmest vraagt veel energie. De diverse doorgerekende nulvarianten (transport van onbewerkte mest) zijn energetisch gunstiger dan een overeenkomstige bemesting met kunstmest. Ook in een mestafzetketen met een eenvoudige bewerking op boerderij-niveau bij zeugen en melkvee resulteert een lager energieverbruik dan bij gebruik van kunstmest.

Conclusies

Directe afzet van de mest in de regio is niet voor alle landbouwbedrijven mogelijk. Eenvoudige bewerkingen op boerderij-niveau kunnen dan een hulpmiddel zijn om de kosten te beperken. Hierbij kan gedacht worden aan scheiden van de mest van zeugen of melkvee (door bezinken of mechanisch) of aan mestbanddroging in de leghennenhouderij.

De kosten voor verwerking van de mest nemen toe naarmate het drogestofgehalte van de ingaande mest lager is. Er is een sterk verband tussen de kosten van een mestafzetketen en het energieverbruik dat daarbij hoort. Centrale verwerking van mest door drogen vraagt veel energie en is duur. De opbrengstprijs van de mestkorrels is van grote invloed op de netto-kosten.

Er zijn momenteel meerdere ontwikkelingen gaande in de verwerking van mest. Duidelijk is dat (eenvoudige) bewerkingen op bedrijfsniveau zowel energetisch als kostentechnisch voordelen kunnen bieden. Het lijkt noodzakelijk individuele bedrijven in hun keuze te ondersteunen, waarbij rekening gehouden kan worden met zowel bedrijfseconomische als energetische aspecten.

1. INLEIDING

1.1 Achtergrond van het onderzoek

Toenemende kennis omtrent schadelijke effecten van overbemesting hebben ertoe geleid dat er wet- en regelgeving is gekomen om het milieu te ontzien. Gevolg is dat er maxima zijn gesteld aan de mestaanwending per eenheid grond. De overheid heeft deze beperkingen in een aantal jaren zijn beslag laten vinden. Momenteel (1995) mag er jaarlijks op bouw- en maisland nog 110 kg fosfaat uit dierlijke mest aangewend worden en op grasland is dat 150 kg. Naar het jaar 2000 toe zullen de normen waarschijnlijk stringenter worden. Gevolg is dat er bij gelijkblijvende produktie niet voldoende afzetruimte is voor de mest. Akkerbouwers zijn meer bereid geworden mest te accepteren, maar niet alle grond kan en zal tot het maximum toe bemest gaan worden, alleen al omdat het toepassen van dierlijke mest bij bepaalde gewassen, bijvoorbeeld tarwe, niet gebruikelijk is, wegens de kans op opbrengst- en kwaliteitsderving. In de komende jaren zal een toenemende hoeveelheid dierlijke mest uit Nederland geëxporteerd moeten worden. Uit diverse uitgevoerde modelberekeningen (Zeevalkink et al. 1992; Luesink, 1993; NDF, 1993) blijkt dat bij aanzienlijk stringenter normen het grootste deel van de pluimveemest en een deel van de overige mestsoorten na bewerking in het buitenland afgezet zal gaan worden. Directe afzet van drijfmest in het buitenland is door allerlei regelgeving in de omliggende landen vrijwel niet mogelijk. Dit betekent dat een deel van de dierlijke mest in Nederland be- en verwerkt moet worden voordat het afgezet kan worden naar het buitenland. Ook voor de binnenlandse afzet van mestprodukten is het uit oogpunt van kosten en energieverbruik van transport belangrijk dat het fosfaatoverschot compact afgezet wordt (Baltussen et al. 1993).

Energie staat de laatste jaren sterk in de maatschappelijke belangstelling. Afspraken over vermindering van de CO₂-produktie leiden ertoe dat er besparingsdoelstellingen voor energie-verbruik worden opgesteld. Zo is er voor de agrarische sector in Nederland een doelstelling vastgesteld voor efficiency-verbetering van 26% per eenheid produkt over de periode 1989 tot 2000 (Vervolnnota energiebesparing, 1993). Deze doelstelling staat echter veelal haaks op andere milieu-doelstellingen, zoals de vermindering van ammoniakemissie en het via mestbe- en verwerking tot een oplossing komen van de mestproblematiek. Het is daarom van belang een optimale mix te vinden van mestafzetmogelijkheden, zowel vanuit energetisch als uit kostenopgave.

Momenteel wordt technisch-economisch onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van bewerking van dierlijke mest op de boerderij en naar de

mogelijkheden van be- en verwerking van dierlijke mest in een mest-verwerkingsfabriek. Dit geldt voor alle omvangrijke diersectoren: pluimvee, varkens en rundvee. Voor zowel bewerking op boerderij-niveau als voor centrale verwerking geldt dat dit gepaard kan gaan met hoge kosten en met een hoog verbruik van energie.

1.2 Doelstelling

Het Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO) heeft samen met het Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG-DLO) een studie uitgevoerd waarin voor de diverse diersoorten mestafzetketens zijn geformuleerd en waarin de mogelijkheden, het energie-verbruik en de kosten van de diverse ketens zijn onderzocht. Het doel van het onderzoek is, binnen de grenzen van de afzetmogelijkheden van de verschillende soorten dierlijke mest, na te gaan welke mogelijkheden en beperkingen er bestaan voor de inzet van verschillende be- en verwerkingstechnieken. Binnen het onderzoek zijn technieken met elkaar in verband gebracht, om mestafzetketens te formuleren.

De doelstelling van het onderzoek was het opzetten van mestafzetketens, van excretie tot aanwenden, voor de diverse diercategorieën in Nederland en het berekenen van het energieverbruik en de kosten. Met deze informatie kunnen integrale oplossingen gezocht worden voor de mestoverschottenproblematiek in Nederland, waarbij rekening gehouden wordt met zowel energieverbruik als de kosten.

1.3 Probleemstelling

Het inzicht in de kosten en in het energieverbruik van de totale afzetketen van dierlijke mest ontbreekt momenteel. Door dierlijke mest te gaan bewerken ontstaan bijprodukten en worden afzetmogelijkheden soms beperkt. Bijvoorbeeld bij scheiding van dierlijke mest op bedrijfsniveau ontstaat een dikke en een dunne fractie. De samenstelling van de dikke fractie kan zodanig worden, dat afzet alleen mogelijk is nadat deze fractie (centraal) verder verwerkt wordt. Voor de dunne fractie lijken oplossingen aanwezig in afzet in de directe omgeving van het mestproducerende bedrijf. Door de accumulatie van kalium op het land ontstaan beperkingen aan de hoeveelheid dunne fractie die aangewend kan gaan worden. Dit kan leiden tot een verschuiving van de problemen. Er moeten dus integrale oplossingen gezocht worden. Inzicht is gewenst in welke mate bepaalde technieken kunnen bijdragen aan de oplossing van het totale mestprobleem.

Een ander aspect is dat beslissingen omtrent het bewerken van dierlijke mest op verschillende niveaus gemaakt worden. Bewerking op bedrijfsniveau is een keuze voor de individuele ondernemer. Hij zal vanuit zijn positie (kosten mestbewerking, afzetmogelijkheden, hoeveelheid grond enzovoort) de alternatieven en de risico's afwegen en een beslissing nemen. De

mogelijkheden voor centrale mestverwerking wordt door een beperkt aantal organisaties bepaald.

Momenteel is er veel discussie over de mogelijkheden om de mestproblematiek technisch op te lossen. In eerste instantie is bij de verwerking van mest steeds uitgegaan van verwerking op centraal niveau. De laatste jaren is de aandacht verschoven naar bewerking op bedrijfsniveau. Uit onderzoek (Baltussen et al. 1993) is gebleken dat in de toekomst een mix van bewerking op bedrijfsniveau en verwerking op centraal niveau de meest waarschijnlijke oplossing zal zijn. Hoe deze mix eruit zal zien en welke consequenties dit zal hebben voor de energiekosten en de totale kosten kan op basis van dit onderzoek beter onderbouwd worden. Daarnaast kan dit inzicht een onderbouwing vormen voor het agrarisch bedrijfsleven over de te realiseren mestverwerkingscapaciteit. In een eventueel vervolgonderzoek kan nagegaan worden wat de optimale mix is van bewerking op bedrijfsniveau en verwerking op centraal niveau vanuit energie- en kostenoogpunt op landelijk niveau. In het onderzoek is gelijktijdig gerekend aan varkens-, rundvee-, en pluimveemest omdat oplossingen voor het ene type mest de oplossingsruimte voor de andere typen mest kunnen beperken. Vooral voor het vervolgonderzoek op landelijk niveau is het van belang dat alle sectoren meegenomen worden. De nadruk binnen het onderzoek was het formuleren van ketens van excretie tot eindgebruiker. In het onderzoek is geen uitputtende inventarisatie gepleegd van alle mogelijkheden. Informatie is verzameld uit literatuur en door raadpleging van externe deskundigen.

1.4 Opbouw rapport

In hoofdstuk 2 is de werkwijze uitgebreid beschreven en zijn schakels van de mestafzetketens aangegeven die in meer dan een keten voorkomen. Specifieke bewerkingstechnieken, die slechts in een keten voorkomen, zijn opgenomen in het volgende hoofdstuk bij de individuele beschrijvingen van iedere keten.

In hoofdstuk 3 is een aantal mestafzetketens beschreven die een reële optie lijken te zijn voor een substantiële mestafzet. Van deze mestafzetketens zijn het directe energieverbruik en de kosten berekend. Tussen en binnen diersoorten zijn de ketens vergeleken.

Hoofdstuk 4 geeft een discussie waarin op belangrijke uitgangspunten wordt ingegaan en waarin gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd voor enkele belangrijke variabelen. Ook wordt een verband gelegd met de uitwisseling van kunstmest door dierlijke mest en vooral de energetische gevolgen hiervan. Verder wordt kort ingegaan op toekomstverwachtingen voor de mestafzet. In hoofdstuk 5 zijn de conclusies verwoord. Tot slot wordt in diverse bijlagen op een aantal deelterreinen aanvullende achtergrondinformatie gegeven.

2. WERKWIJZE

2.1 Keuze mestafzetketens

Voor de verschillende sectoren wordt veel onderzoek verricht naar de mogelijkheden van be- en verwerking van dierlijke mest op de boerderij en in centrale mestverwerkingsfabrieken. De stand van zaken kan per techniek sterk verschillen; van prototype op papier tot toepassingen die al op grote schaal in de praktijk worden toegepast. In deze studie is gekozen voor technieken die reeds uitgetest zijn en waarvan betrouwbare gegevens met betrekking tot kosten en energieverbruik beschikbaar zijn.

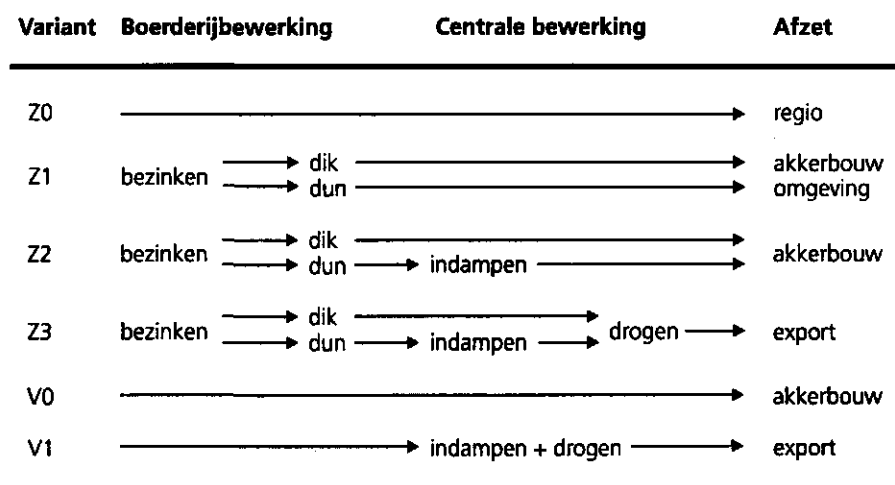
Binnen dit onderzoek worden be- en verwerkingstechnieken op boerderij- en centraal niveau gecombineerd tot mestafzetketens. Het is hierbij belangrijk dat in elke fase de produkten die ontstaan in het vervolg van de mestafzetketen verder be-/verwerkt kunnen worden of op een verantwoorde manier afgezet kunnen worden. Per sector is een aantal mestafzetketens gedefinieerd. Hierbij zijn keuzes gemaakt omdat vanuit de verschillende technieken op boerderij- en centraal niveau legio combinaties mogelijk zijn. De volgende factoren waren daarbij van belang:

- zijn er voldoende betrouwbare gegevens beschikbaar van de te gebruiken technieken;
- is er voldoende economisch perspectief;
- wordt er naar verwachting in de nabije toekomst een redelijke hoeveelheid mest op een dergelijke wijze verwerkt;
- zijn er afzetmogelijkheden in binnen- en buitenland voor de eindprodukten?

In overleg met de begeleidingscommissie is aan de hand van de genoemde criteria een keuze gemaakt. In deze paragraaf worden de mestafzetketens kort beschreven, waarbij wordt aangegeven welke overwegingen een rol hebben gespeeld bij de keuze. Een meer uitvoerige beschrijving per mestafzetketen en een gedetailleerd stroomschema worden gegeven in hoofdstuk 3. De ketens zijn gecodeerd met een letter voor de diercategorie en een volgnummer: Z (zeugen), V (vleesvarkens), L (leghennen), S (vleeskuijken), M (melkvee) en K (vleeskalveren). Z0 is de basisvariant voor afzet van zeugemest, Z1 is de eerste alternatieve afzetketen enzovoort.

Varkenshouderij

Voor de varkenshouderij zijn voor zeugemest vier en voor vleesvarkensmest twee mestafzetketens doorgerekend. Figuur 2.1 geeft per mestafzetketen een globaal overzicht van de technieken toegepast op boerderij- en centraal niveau.



Figuur 2.1 Overzicht van mestafzetketens voor de varkenshouderij
(Z= zeugen; V= vleesvarkens)

In de basisvariant Z0 wordt onbewerkte mest over een afstand van 30 km getransporteerd. Deze afstand wijkt af van die in andere basisvarianten (V0, L0 en S0: 150 km), omdat in de praktijk zeugemest, evenals kalvergier, op vrij korte afstand wordt afgezet. In de andere varianten voor bedrijven met zeugen wordt op de boerderij middels bezinken de zeugemest ontmengd in een dunne en dikke fractie. Er is niet gekozen voor mechanische scheiding. Uit onderzoek is gebleken dat mechanische scheiding van zeugemest, in tegenstelling tot vleesvarkensmest, minder geschikt is dan scheiden door bezinken (Verdoes et al. 1992). Het lage drogestofgehalte en de structuur van de mest spelen hierbij een rol.

In de Z1-variant wordt de zeugemest bezonken. De dikke fractie kan naar een akkerbouwgebied getransporteerd worden, terwijl de dunne fractie in de omgeving van het bedrijf afgezet moet worden. Het voordeel van bezinken is dat in een beperkt volume een relatief groot deel van het fosfaat weggebracht kan worden.

Bezinken vindt plaats zonder extra energieverbruik en de kosten zijn relatief laag. Tevens heeft bezinken als voordeel dat het systeem in de toekomst is uit te breiden tot een ammoniakemissiebeperkend systeem (Oosthoek et al. 1993).

In de Z2-variant wordt de dunne fractie ingedampt, waarna het eindprodukt naar de akkerbouwgebieden getransporteerd kan worden. Deze werkwijze is gebaseerd op de werkwijze van de Coöperatieve Vereniging voor Mestbe- en Verwerking te Uden, afgekort Mestwerk. Deze organisatie werkt met een indampinstallatie die ontwikkeld is door het Raadgevend Ingenieursburo Van Aspert te Uden, waarvan thans een proefinstallatie met een capaciteit van 25.000 ton per jaar in werking is bij een loonwerker in

Odiliapeel. Op basis van deze installatie kunnen de kosten redelijk betrouwbaar geschat worden, terwijl het energieverbruik bekend is vanuit een studie die uitgevoerd is in opdracht van de Novem (Van Aspert, 1994). Er zijn momenteel gevorderde plannen om in de zuidelijke en oostelijke mestoverschotgebieden meerdere indampers te plaatsen bij loonwerkers.

In de Z3-variant wordt zowel het eindproduct uit de indamper als de dikke fractie in een centrale verwerkingseenheid gedroogd en vervolgens gepelletiseerd. In deze variant wordt dus alle zeugemest verwerkt tot mestkorrels. In paragraaf 2.3.2 wordt nader ingegaan op het principe, het energieverbruik en de kosten van het thermisch drogen.

In de basisvariant voor de vleesvarkens (V0) wordt de mest over een afstand van 150 km weggebracht naar een akkerbouwgebied. Behalve deze variant wordt de mogelijkheid van centrale mestverwerking doorgerekend (V1). De vleesvarkensmest wordt daarbij onbewerkt aangevoerd bij een mestfabriek. De mest wordt gedroogd en gepelletiseerd, waarna de mestkorrels geëxporteerd worden. Het procédé dat wordt toegepast bij Promest is hierbij als voorbeeld genomen.

Er is geen variant uitgewerkt op basis van mechanische scheiding van mest op de boerderij. Hoewel mechanische scheiding technisch mogelijk is wordt dit momenteel in de praktijk niet toegepast. Dit hangt samen met de grote investering, het benodigde toezicht en de storingsgevoeligheid van de apparatuur (Verdoes et al. 1992). Tevens speelt onduidelijkheid omtrent de afzetmogelijkheden van de dikke fractie een rol.

Voor alle sectoren is verondersteld dat mestkorrels in Spanje worden afgezet.

Pluimveehouderij

Voor de pluimveehouderij zijn voor leghennenmest vier en voor vleeskuikenmest twee mestafzetketens doorgerekend. In de basisvarianten L0 en S0 wordt onbewerkte pluimveemest over lange afstand (150 km) binnen Nederland getransporteerd en emissie-arm aangewend binnen de akkerbouw. Aangezien mest van leghennen een drogestofgehalte heeft van circa 220 gr/kg is deze niet eenvoudig verpompbaar. Daarom wordt de geproduceerde mest in de basisvariant (L0) vermengd met water en vervolgens als drijfmest naar een akkerbouwgebied getransporteerd. In de praktijk worden in plaats van water ook dunne mestsoorten gebruikt om leghennenmest verpompbaar te maken.

Het merendeel (meer dan 90%) van de leghennen in Nederland wordt gehouden in batterijen. Bij deze vorm van huisvesting kan op elk moment de mest uit de stal afgevoerd worden. Bij vervanging van de bestaande batterij schakelen veel bedrijven over naar batterijen met mestbanden met beluchting. Bij dit systeem wordt de mest in de stal gedroogd met behulp van stallucht. De gedroogde mest wordt daarbij wekelijks uit de stal verwijderd. Dit systeem heeft inmiddels een "Groen Label" wegens de sterk verminderde ammoniakemissie. Vervolgens zijn er legio mogelijkheden om de gedroogde mest verder te bewerken op bedrijfsniveau. Hierbij kan gedacht

worden aan droging in een open loods, geconditioneerde compostering, geforceerde droging in een gesloten opslagloods en tunneldroging. Afhankelijk van het gekozen systeem ligt het drogestofgehalte van de af te voeren mest tussen 450 en 900 gr/kg. Hoewel meerdere varianten voldoen aan de in de inleiding gestelde voorwaarden, zoals de beschikbaarheid van gegevens en toepassing in de praktijk, moest in het kader van deze studie het aantal door te rekenen mestafzetketens beperkt worden. Naast de nulvariant zijn drie alternatieven uitgewerkt. Figuur 2.2 geeft een overzicht.

Variant	Boerderijbewerking	Centrale bewerking	Afzet
LO	waterbijmenging	→	akkerbouw
L1	mestband + beluchting	→	export
L2	mestband + beluchting + tunneldrogen	→ pelletiseren →	export
L3	mestband + beluchting	→ drogen →	export
S0	→	→	akkerbouw
S1	→	→ drogen →	export

Figuur 2.2 Overzicht van mestafzetketens voor de pluimveehouderij
(L= leghennen; S= vleeskuikens)

In de L1-variant wordt de mest in de stal gedroogd tot minimaal 550 gr droge stof/kg mest. De mest kan in deze vorm geëxporteerd worden. In 1994 werd 436.000 ton droge pluimveemest, voor een belangrijk deel van leghennenbedrijven, geëxporteerd (UENK, P.M. 1995). In de L2-variant wordt op de boerderij de mest verder gedroogd in een tunneldroger. Het eindprodukt met een drogestofgehalte van 870 gr/kg kan op bedrijfsniveau of centraal gepelletiseerd worden. Uit oriënterende berekeningen is gebleken dat kleinschalig pelletiseren op bedrijfsniveau meer dan driemaal zo duur is als op grote schaal in een mestfabriek. Daarbij komt dat in een mestfabriek betere milieuvoorzieningen aanwezig zijn en meer aandacht kan worden besteed aan kwaliteitsaspecten, veiligheid en arbeidsomstandigheden voor de werknemers en afzet. Om genoemde redenen wordt in de L2-variant uitgegaan van centraal pelletiseren en verpakken.

De derde variant (L3) gaat uit van centrale verwerking van droge leghennenmest. Alle mest wordt aangevoerd bij een centrale mestfabriek en in een droger omgezet in poeder en vervolgens gepelletiseerd en verpakt.

In de vleeskuikenhouderij wordt binnen het gangbare houderijsysteem droge mest van het bedrijf afgevoerd. Deze mest met een drogestof-

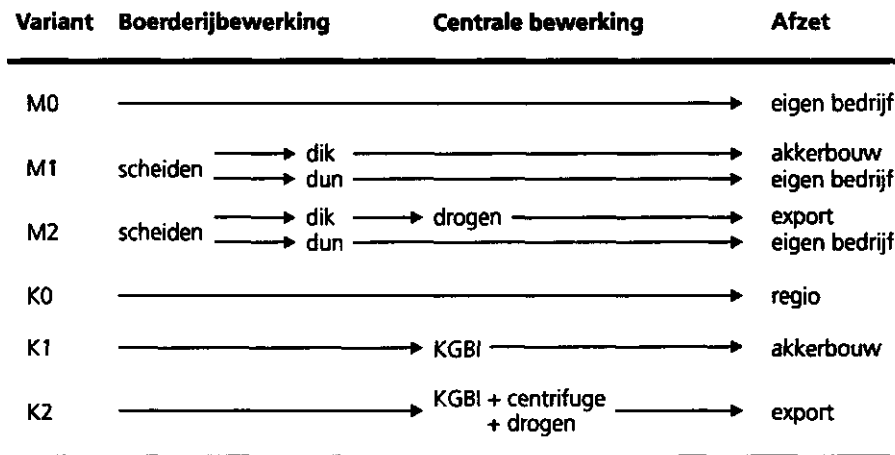
gehalte van 600 gr/kg kan getransporteerd worden naar akkerbouwgebieden (S0) of centraal verwerkt tot mestkorrels (S1). In 1993 werd op deze wijze circa 70.000 ton vleeskuikenmest centraal verwerkt tot mestkorrels. Het lijkt mogelijk om droge mest van vleeskuikens te exporteren. Droge vleeskuikenmest is echter minder gewenst dan droge leghennenmest omdat er bij vleeskuikenmest stro aanwezig is. Dit kan problemen opleveren ten aanzien van ziektekiemen en onkruidzaden.

Er zijn momenteel emissie-arme stalsystemen beschikbaar die reeds het predikaat "Groen Label" hebben. Een voorbeeld van een dergelijk systeem is de zogenaamde verhoogde vloer. Hierbij wordt door beluchting voorkomen dat het strooisel nat wordt. Het drogestofgehalte van de af te voeren mest wordt duidelijk verhoogd ten opzichte van het gangbare systeem. Doordat de kosten van de extra investering maar voor een deel kunnen worden terugverdiend (Van Horne, 1993) heeft dit systeem in de praktijk nog geen ingang gevonden. Om die reden is deze variant in deze studie niet nader uitgewerkt.

Rundveehouderij

Voor de rundveehouderij zijn voor bedrijven met melkvee en vleeskalveren elk drie mestafzetketens doorgerekend. Figuur 2.3 geeft een globaal overzicht van de technieken toegepast in elke mestafzetketen.

In de basisvariant M0 wordt alle mest van melkvee op het eigen bedrijf aangewend. In de K0-variant wordt onbewerkte vleeskalvermest, in de praktijk aangeduid als kalvergier, over een afstand van 30 km getransporteerd. Er is in deze varianten niet gekozen voor afzet op afstand (150 km), maar conform de praktijk blijft de mest in de regio.



Figuur 2.3 *Overzicht van mestafzetketens voor de rundveehouderij
(M= melkvee; K= vleeskalveren; KGBI =kalvergierbewerkingsinstallatie)*

Voor de melkveehouderij is weinig onderzoek verricht naar technieken om op bedrijfsniveau of centraal mest verder te be- of verwerken. De verwachting is echter dat bij de verdere aanscherping van de normen voor mesttoediening bedrijven met een hoge veebezetting te maken krijgen met een mestoverschot. Deze groep bedrijven zal mest moeten afvoeren of (gedeeltelijk) bewerken. Hiervoor is mechanische scheiding op bedrijfsniveau momenteel de enige techniek die beschikbaar is. Na scheiding kan de dunne fractie op het eigen bedrijf aangewend worden en de dikke fractie kan afgevoerd worden naar akkerbouwgebieden (M1) of verder gedroogd worden in een centrale verwerkingseenheid (M2). In de laatste variant kan het eindproduct in de vorm van mestkorrels geëxporteerd worden. Bij variant M2 wordt gebruik gemaakt van het droogprocédé, zoals ook toegepast bij droging van varkens- en pluimveemest (zie paragraaf 2.3.2). Dit wordt voor deze mestfractie overigens nog niet in de praktijk toegepast.

Mest geproduceerd door vleeskalveren, in de praktijk aangeduid als kalvergier, is al sinds de jaren zestig een moeilijk afzetbaar produkt. De belangrijkste redenen hiervan zijn het zeer lage drogestofgehalte (15 tot 20 gr/kg) en de regionale concentratie van de sector. In het grootste concentratiegebied, de Veluwe, is al vanaf de jaren zeventig gewerkt aan een alternatieve oplossing in de vorm van gecentraliseerde zuivering. Momenteel exploiteert Mestverwerking Gelderland op vier locaties zogenaamde kalvergierbewerkingsinstallaties (KGBI) met een totale capaciteit van circa 650.000 m³ per jaar. De gezuiverde mestvloeistof wordt op het riool geloosd. De rest, de bewerkte gier, wordt na indikking voornamelijk in de noordelijke akkerbouw afgezet. Deze situatie wordt als mestafzetketen (variant K1) in deze studie doorgerekend.

Van meer recente datum is het onderzoek van Mestwerk in Odiliapeel waar door middel van indamping een mengsel van bezonken zeugemest en kalvergier geconcentreerd wordt tot 150-200 gr droge stof/kg. Het indampen van kalvergier vertoont grote overeenkomst met dat van zeugemest zoals in variant Z2 en Z3 wordt behandeld en wordt daarom niet apart beschreven. In de variant K2 wordt aansluitend op de KGBI de bewerkte gier verder ingedikt met behulp van een centrifuge en vervolgens gedroogd en gepelletiseerd tot mestkorrels. Per vier KGBI's is daarvoor op een van de locaties een droger verondersteld. Deze variant wordt op dit moment nog niet in de praktijk toegepast. Doordat reeds bestaande technieken worden toegepast, zijn er voldoende gegevens beschikbaar om voor deze variant de kosten en het energieverbruik te kunnen berekenen.

2.2 Werkwijze

Voor elke mestafzetketen zijn met behulp van "spreadsheets" berekeningen opgesteld met betrekking tot mestsamenstelling, energieverbruik en kosten. De gegevens zijn per onderdeel in de mestafzetketen berekend en vervolgens samengevoegd voor de gehele keten. Bijlage 2 geeft een voorbeeld van de massa- en energiestroom en het kostenoverzicht voor de afzet-

ketens van zeugemest. In de tabellen zijn de tussenresultaten afgerond op drie significante cijfers, eindresultaten op twee.

Mestsamenstelling

Per sector wordt uitgegaan van geüniformeerde mineralencijfers. De achtergronden van de berekeningswijze zijn gepubliceerd door de Werkgroep Uniformering Berekening Mest- en Mineralencijfers (WUM, 1994). In dit rapport is gerekend met de meest recente cijfers berekend voor 1993 (CBS, 1995). Er is geen rekening gehouden met een toekomstige ontwikkeling van mineralengehaltes in de mest, zoals verlaging van het fosfaatgehalte.

Voor stikstof wordt de uitscheiding gecorrigeerd voor de hoeveelheid stikstof die tijdens de stalperiode in de vorm van ammoniak vervluchtigt. De ammoniakemissie is vastgelegd in de Richtlijn Ammoniak en Veehouderij. Deze richtlijn is in september 1993 herzien en in 1994 gepubliceerd (Anoniem, 1994). Indien de ammoniakemissie voor een stalsysteem niet in de richtlijn is opgenomen is de ammoniakemissie op basis van onderzoeksresultaten zo goed mogelijk geschat.

In dit rapport wordt het begrip "ruwe mest" gebruikt voor de mest, zoals die uit de stal, danwel de mestopslag beschikbaar komt voor verdere behandeling of voor aanwending. Dit is dus mest die door de dieren geproduceerd is, gecorrigeerd voor de ammoniakemissie.

Massa- en energiestroom

Op basis van 1.000 kg ruwe mest wordt stapsgewijs na elke be- of verwerking de hoeveelheid droge stof en mineralen berekend. Hierbij wordt rekening gehouden met eventuele toevoegingen. Parallel aan de massastroom wordt het energieverbruik (aardgas, elektra en dieselolie) per onderdeel berekend. Het uiteindelijke resultaat is de hoeveelheid en de mineralensamenstelling van het eindprodukt en het totale energieverbruik.

Om energiedragers in hoeveelheden optelbaar en vergelijkbaar te maken zijn ze op basis van hun verbrandingswaarde omgerekend naar hun warmte-inhoud, uitgedrukt in joules. In deze studie wordt gerekend met het directe energieverbruik. De omrekening van hoeveelheden naar MJ ($1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$) is per energiedrager als volgt (Poppe et al. 1994):

1 m ³ aardgas	= 31,65 MJ
1 kWh elektra	= 3,6 MJ
1 liter dieselolie	= 36,2 MJ

Er is in deze studie alleen gerekend met directe energiebehoefte van mestafzet en -verwerking.

Kosten

Op basis van de gekozen uitgangspunten worden, per onderdeel in de mestafzetketen, de jaarkosten berekend, zowel per meststroom als per dier-

plaats. Vervolgens worden de kosten berekend per ton ruwe mest en ook per ton eindproduct indien sprake is van niet meer dan een afzetbaar eindproduct (bijvoorbeeld mestkorrels).

Voor alle investeringen en kostenposten is gerekend met de prijzen exclusief BTW en subsidies. Voor de jaarkosten, zowel op boerderij- als centraal niveau, is gerekend met een rentevoet van 7% (KWIN, 1994).

Investeringen op boerderij-niveau worden, indien bij de betreffende mestafzetketen niet anders vermeld, voor het bouwkundige deel en voor inventaris/installaties afgeschreven in respectievelijk twintig en tien jaar. De jaarkosten voor onderhoud worden als percentage van de investering berekend en bedragen voor bouwkundige werken en inventaris/installaties respectievelijk 2 en 3%.

De afschrijvingstermijn voor centrale mestfabrieken is momenteel moeilijk in te schatten. Deze periode zal sterk bepaald worden door nieuwe technische ontwikkelingen en optimalisaties die eventueel tot goedkopere verwerkingsmethoden kunnen leiden. In eerste instantie is in deze studie gerekend met een afschrijvingsperiode van tien jaar. In de discussie is aangegeven hoe de kosten beïnvloed worden als deze termijn korter zou zijn.

De schaalgrootte zal in veel situaties invloed hebben op het niveau van de kosten per ton verwerkte mest. In geval van centrale mestverwerking is, op basis van de beschikbare informatie, de capaciteit van de verwerkings-eenheid zo goed mogelijk ingeschat. Voor de primaire sector wordt uitgegaan van een bedrijfsomvang waarbij het aantal dieren is afgestemd op een volwaardige arbeidskracht (VAK). In de praktijk zal de arbeidscapaciteit tussen personen verschillen en tevens afhangen van de mechanisatiegraad. Duidelijk is ook dat jaarkosten van milieu-investeringen bij een kleinere bedrijfsomvang sterk kunnen afwijken van de in dit rapport genoemde bedragen. Het aantal dierplaatsen per VAK is gebaseerd op Holwerda et al. (1994): 165 zeugen, 1.920 vleesvarkens, 35.000 leghennen of 50.000 vleeskuikens. Voor de melkveehouderij is uitgegaan van een intensieve bedrijfsvoering met 55 melkkoeien (Holwerda et al. 1994). In de vleeskalverenhouderij wordt gerekend met zeshonderd dierplaatsen per VAK. Deze aantallen komen niet per definitie overeen met de bedrijfsomvang in de praktijk. Vooral kalveren worden vaak in kleine eenheden gehouden. Dit heeft echter nauwelijks invloed op de kosten van afzet van de mest. Bedrijfsomvang heeft wel invloed op de financiële haalbaarheid van bewerking op boerderij-niveau: mechanische scheiding bij melkvee, mestbandbeluchting en tunneldrogen bij leghennen en bezinken bij zeugen. In de berekeningen wordt echter uitgegaan van standaardbedrijven.

2.3 Algemene uitgangspunten

2.3.1 Inleiding

Het energieverbruik en de kosten zijn voor de verschillende sectoren op een vergelijkbare wijze berekend. Een aantal uitgangspunten is hierbij

voor alle sectoren gelijk. In deze paragraaf zijn deze algemene uitgangspunten kort beschreven en verantwoord. De uitgangspunten die specifiek zijn voor een bepaalde sector of mestafzettekten, zijn beschreven bij de betreffende paragraaf in hoofdstuk 3. Indien is afgeweken van de algemene uitgangspunten, is dit expliciet vermeld.

In zijn algemeenheid geldt voor de uitgangspunten dat steeds wordt uitgegaan van de laatste stand van zaken. Prioriteit is hierbij gelegd bij de actualiteit. Dit betekent dat in een aantal situaties wordt uitgegaan van nog ongepubliceerde gegevens, veelal verkregen na mondelinge communicatie.

2.3.2 Drogers

Bij diverse varianten worden drogers gebruikt. Hiermee worden natte mest en tussenprodukten, die bij de verwerking vrijkomen, gedroogd tot boven 850 gr droge stof/kg. Er zijn diverse uitvoeringsvormen beschikbaar (Van Voorneburg, 1993). Van oudsher is de trommeldroger veel gebruikt voor het drogen van mest. Hierbij wordt de te drogen mest in een draaiende horizontale trommel in direct contact gebracht met lucht die door middel van verbranding van olie, gas of kolen een temperatuur van enkele honderden graden Celsius heeft gekregen. Kenmerkend is de grote dampstroom die bestaat uit de drooglucht en het verdampte water. Sinds enkele jaren is de zogenaamde indirecte droger in opkomst (Van Tongeren, 1987). Hierbij is er een scheidingswand aangebracht tussen het verwarmingsmedium (meestal stoom) en het te drogen materiaal. De dampstroom bestaat voornamelijk uit verdampt water en daarnaast uit leklucht. Omdat de dampstroom van een indirecte droger veel kleiner is dan van een directe droger, kunnen de kosten van reiniging van de dampstroom van een indirecte droger kleiner zijn. Daarnaast zijn er mogelijkheden voor een lager energieverbruik, onder andere door inzet van de droogdamp voor verwarming en indamping van mest(vloeistoffen) in aanleunende procestrappen. Deze studie is gebaseerd op het gebruik van indirecte drogers. Voorts is verondersteld dat de droogdamp wordt gecondenseerd. Het condensaat wordt voor een aantal procesvarianten, zonodig na reiniging, op het riool geloosd. Voor de droger die opgenomen is in de afzettekten voor vleesvarkensmest (V1) geldt dat het condensaat teruggeleid wordt naar de aërobie. Het destillaat wordt op het oppervlaktewater geloosd.

Theoretisch is voor het opwarmen van water van 20 tot 100°C, gevolgd door verdamping, afgerond 2.600 MJ/ton water nodig (dat komt overeen met 82 m³ aardgas/ton). Ten gevolge van verliezen is het verbruik in de praktijk groter. Daarnaast is elektrische energie nodig voor hulpapparatuur zoals ventilatoren. Bovendien verbruikt een fabriek die mest droogt ook elektrische energie voor randapparatuur ten behoeve van de reiniging van gassen en condensaat en voor pelletisering van het gedroogde materiaal.

In de MER voor een nieuw te bouwen drooginstallatie voor pluimveemest voor Vefinex (Anoniem, 1992) wordt aangegeven dat per ton verdampt water 112 m³ aardgas nodig is om pluimveemest van 550 gr drogestof/kg naar 870 gr droge stof/kg te drogen. Dit is exclusief de hoeveelheid

gas voor de naverbranding van de drooggassen. De behoefte aan elektrische energie wordt op 90 kWh per ton verdampt water geschat.

Voor het drogen van zuiveringsslib geeft het Compendium slibdroging (Anoniem, 1991a) een range aan voor het energieverbruik van de meest gangbare apparatuur. Voor directe drogers wordt het warmteverbruik gesteld op 3.100-3.500 MJ/ton water (98-111 m³ aardgas/ton water) en voor indirecte drogers op 2.800-3.300 MJ/ton water (88-104 m³ aardgas/ton water). Voor het verbruik aan elektrische energie wordt voor beide types droger 25-100 kWh/ton water opgegeven.

In deze studie is voor de energiebehoefte van een droogfabriek uitgegaan van 120 m³ aardgas en 75 kWh elektrische energie per ton verdampt water. Dit is inclusief het verbruik van alle randapparatuur, maar exclusief dat van het pelletiseren van de gedroogde mest. Deze uitgangspunten zijn mede gebaseerd op niet-officiële informatie van bestaande bedrijven, projecten en leveranciers.

Verondersteld is dat een mestverwerkend bedrijf, waarbij de droger de hoofdcomponent is en geen aanleuning plaatsvindt, een investering vergt van f 30 miljoen bij een droogcapaciteit van vijf ton water per uur. Een dergelijk bedrijf omvat onderdelen voor mestontvangst, droging, pelletiseren en verpakking. De genoemde investering geldt voor de varianten M2 (dikke fractie mest van melkvee), L3 (voorgedroogde mest van leghennen) en S1 (droge mest van vleeskuikens). Voor de dikke fractie van zeugemest en concentraat van indamping van dunne fractie (Z3) is de investering voor een droger voor vijf ton water-verdamping per uur op f 22,5 miljoen geschat en een droger van vijf ton waterverdamping voor vleeskalveren op f 15 miljoen, als gevolg van de kostenverlagende aanleun-mogelijkheden (zoals reeds aanwezige infrastructuur en milieuvoorzieningen) en de aard van het te drogen materiaal. Deze raming is gebaseerd op informatie afkomstig van bestaande installaties, projecten en leveranciers. Bij een afwijkende capaciteit daalt of stijgt de investering met een machtsfactor 0,7 in een range van ongeveer 2 tot 10 t waterverdamping per uur. Bij elke mestafzetketen is aangegeven welke waterverdampingscapaciteit nodig is voor verwerking van de aangeboden hoeveelheden mest. In formulevorm:

$$Investering = Basisinvestering * (Capaciteit * 0.2)^{0.7}$$

waarbij:

- Investering = Investering van een droger in afhankelijkheid van de verdampingscapaciteit (miljoen gulden)
Basisinvestering = Investering bij vijf ton waterverdamping per uur (miljoen gulden)
Capaciteit = Verdampingscapaciteit (ton water per uur)

Bij verwerking van 150.000 ton vleeskuikenmest bijvoorbeeld is de benodigde verdampingscapaciteit 6,38 ton per uur. Volgens de formule is de investering dan f 35,6 miljoen. De genoemde bedragen geven een indicatie van de benodigde investering voor een mestfabriek. Een belangrijk

deel van de investering heeft betrekking op milieu-investeringen om water en lucht te reinigen. In de discussie wordt aangegeven hoe de verwerkingskosten per ton mest veranderen bij variatie in de investeringskosten. Voor verwerking van vlees-varkensmest is voor de capaciteit en de investering uitgegaan van een bestaande fabriek.

De drogers werken volcontinu, met dien verstande dat er over het jaar genomen gerekend is met 20% capaciteitsverlies, ten gevolge van storingen en onderhoud.

2.3.3 Pelletiseren, verpakken en vermarkten

Het eindproduct van de droger is poeder dat vervolgens gepelletiseerd wordt. De kosten van pelletiseren zijn sterk afhankelijk van de schaal waarop dit plaatsvindt. Op basis van een praktijkvoorbeeld is berekend dat voor pelletiseren op boerderij-niveau (circa duizend ton per jaar) de kosten per ton mestkorrel meer dan f 100,- bedragen. Hierbij is uitgegaan van tweedehands apparatuur. Desondanks zijn de kosten in vergelijking met grootschalige verwerking hoog. Bovendien zullen normaal gesproken op boerderij-niveau de milieuvoorzieningen, arbeids-omstandigheden en kwaliteitscontrole van minder hoog niveau zijn. Op basis van deze informatie wordt in alle varianten uitgegaan van grootschalige verwerking (50.000 tot 100.000 ton mestkorrels per jaar), waarbij de kosten berekend zijn op f 30,- per ton. De investeringen en overige kosten voor onder andere arbeid voor pelletiseren en verpakken zijn geïntegreerd in de mestfabriek, zodat deze kostenpost alleen geldt bij variant L2 waar mestpoeder aan een centrale verwerkingseenheid voor pelletiseren wordt aangeboden. Het energieverbruik voor pelletiseren is gesteld op 40 kWh per ton. Hierbij is uitgegaan van informatie uit diverse projecten.

De mestkorrels worden in een centrale verwerkingseenheid verpakt in zakken van 25 kg. In deze kleinverpakking worden de korrels, in krimpfolie gewikkeld, op pallets getransporteerd naar het buitenland. De kosten voor verpakkingsmateriaal zijn f 33,- per ton. Dit bedrag is opgebouwd uit f 15,- voor een pallet, f 15,- voor zakken en f 3,- voor de krimpfolie. Het verpakken zelf (machines, personeel) kost f 7,- per ton korrel. In totaal kost verpakken dan f 40,- per ton korrel. Voordat de mestkorrels uiteindelijk beschikbaar is bij de detailhandel in het buitenland, zijn er door de diverse schakels kosten gemaakt. De kosten voor marketing en verkoop door de mestfabriek, opslagkosten bij de mestfabriek, marge groothandel en afhandeling door de kleinhandel zijn in totaal geschat op f 130,- per ton mestkorrel. Dit is exclusief de transportkosten. De transportkosten worden in paragraaf 2.3.5 apart uitgewerkt. Samengevat zien de kosten van pelletiseren, verpakken en vermarkten er als volgt uit:

Pelletiseren	30
Verpakken	40
Vermarkten	130+
Totaal	200 gulden per ton mestkorrel

2.3.4 Arbeidskosten en prijzen

In deze studie worden meerdere varianten van centrale mestverwerking uitgewerkt. In meerdere mestafzetketens wordt daarbij gebruik gemaakt van grootschalig drogen van stapelbare mest (zie variant S1, L3 en M2). De totale personeelsbezetting bij een dergelijke mestfabriek is gesteld op twintig personen. Hiervan zijn twaalf medewerkers werkzaam als operator om de droger continu in bedrijf te houden. Voor de operator zijn de loonkosten verhoogd met een onregelmatigheidstoeslag van 30%. Het overige personeel bestaat onder andere uit een directeur, bedrijfsleider, administratief personeel, één analist en een monteur. Om de totale loonkosten te kunnen berekenen is het personeel ingedeeld in vier salarisgroepen. Door het bruto-salaris te verhogen met de werkgeverslasten en de eventuele onregelmatigheids-toeslag kan berekend worden dat de gemiddelde jaar-kosten per personeelslid f 80.000,- bedragen. Hetzelfde bedrag is per personeelslid toegerekend bij indampen en drogen van zeugemest (Z2 en Z3), bij grootschalige verwerking van vleesvarkensmest (V1), bij drogen van melk-veemengmest (M2) en bij centraal drogen en bewerken van kalvergier (K2). Bij al deze varianten wordt uitgegaan van continue verwerking waarbij gewerkt wordt met ploegen-diensten. Bij de biologische zuivering van kalvergier (K1) kan volstaan worden met twee personeelsleden werkzaam in dagdienst. De loonkosten zijn hierbij f 60.000,- per persoon per jaar.

Bij verwerking op boerderij-niveau is in een aantal situaties extra arbeid nodig voor toezicht en controle. Indien de arbeidsbehoefte substantieel toeneemt zijn de kosten per uur gesteld op twintig gulden (KWIN, 1994).

In de diverse mestafzetketens worden allerlei hulpstoffen gebruikt en tevens dienen heffingen betaald te worden. In tabel 2.1 worden de belangrijkste kostenposten genoemd. Voor een meer uitvoerig overzicht van alle prijzen van hulpstoffen en heffingen wordt verwezen naar bijlage 1.

De heffing afvalwaterlozing is een gemiddeld bedrag per vervuilingseenheid (VE) op de lozing van afvalwater (condensaat en effluent). Dit gemiddelde is berekend voor 1995 van zeven waterbeherende instanties die tezamen het grootste deel van de overschotgebieden bestrijken. Deze hef-

Tabel 2.1 Prijzen van hulpstoffen, energie en heffingen

Kalk	0,20	f/kg
Vlokmiddel (polyelektrolyt)	10,-	f/kg
Zwavelzuur	0,15	f/kg
Emballage	33,-	f/ton korrel
Aardgas kleinverbruik (boerderij)	0,43	f/m ³
Aardgas grootverbruik (fabriek)	0,23	f/m ³
Elektriciteit kleinverbruik (boerderij)	0,15	f/kWh
Elektriciteit grootverbruik (fabriek)	0,13	f/kWh
Heffing afvalwaterlozing	70,-	f/VE

ting varieert van f 58,80 bij zuiveringsschap Veluwe tot f 83,90 bij zuiveringsschap Limburg. Een vervuilingseenheid is gebaseerd op 136 gr zuurstofonttrekking/dag, en wordt berekend als volgt: $3,3 \cdot \text{biochemisch zuurstofverbruik (BZV)}$ plus 4,57 maal de hoeveelheid N-Kjeldahl die dagelijks met het afvalwater wordt geloosd.

2.3.5 Mesttransport, opslag en aanwenden

Mesttransport

Er zijn voor mesttransport meerdere soorten mest te onderscheiden: drijfmest, kalvergier en droge mest/mestkorrels. De mest wordt vervoerd met behulp van een trekker met aanhanger of door een vrachtwagen. Voor nationaal drijfmesttransport is gerekend met een tankauto met maximaal 36 ton belading. Vaste mest wordt vervoerd op een vrachtauto met aanhanger. Het totale gewicht van de vrachtwagencombinatie is hierbij al hoger, daarom wordt slechts dertig ton laadgewicht gerekend bij transport van vaste mest. Voor export is gerekend met een (in Frankrijk maximum toegestaan) gewicht van 28 ton belading.

Het brandstofverbruik van wegtransport varieert volgens de EVO (Ondernemers Organisatie voor Logistiek en Transport te Rijswijk) (1994) tussen 2,7 en 2,9 km per liter diesel, afhankelijk van het gewicht van de belading en de af te leggen afstand. Een aantal mest-distributeurs in Noord-Brabant hanteert voor korte-afstandstransport een afgelegde weg van 2,5 km/l. Het verschil met de cijfers van de EVO komt enerzijds doordat de tijd voor laden en lossen relatief hoog is bij korte afstanden en anderzijds omdat regionaal verkeer een lagere snelheid tot gevolg heeft. Gerekend is daarom met een verbruik van 2,5 km/l diesel bij afstanden tot 50 km. Tussen 50 en 200 km (nationaal verkeer) is gerekend met 2,7 km/l en voor internationaal verkeer is 2,9 km/l aangehouden. Dit laatste hangt ook samen met het lagere toegestane gewicht in meerdere landen. Het energieverbruik van transport van vaste mest ligt per km ongeveer gelijk aan dat bij transport van drijfmest. Er wordt minder vracht vervoerd, dertig ton in plaats van 36 ton drijfmest, maar anderzijds er is sprake van een vrachtwagen met aanhanger, waarvoor relatief meer trekkracht nodig is. Daarom is, net als bij drijfmest, het brandstofverbruik bij afstanden tussen 50 en 200 km geschat op 2,7 km/l.

Voor een weergave van de kosten van mesttransport zijn zoveel mogelijk praktijkcijfers gebruikt. Voor drijfmesttransport is de kostenformule uiteindelijk gebaseerd op de cijfers van Mestbank Zuid (augustus 1994).

Het grootste deel van de kalvergier wordt op de Veluwe geproduceerd. Er is over het algemeen sprake van een sterke concurrentie tussen loonwerkers om het transport van de kalvergier naar de zuiveringsinstallatie. Hierdoor is het niet reëel om voor de kosten met de formule voor drijfmest te rekenen. Hierbij speelt ook een rol dat er sprake is van transport over zeer korte afstand, waardoor wachttijden een relatief grote invloed hebben. Tevens speelt wellicht mee dat het transport per trekker en aanhanger plaatsvindt en niet met een tankauto. Voor de berekeningen van

het brandstofverbruik en de kosten wordt uitgegaan van een trekker met een aanhanger van 22 ton inhoud en een afstand enkele reis (ER) van 10 km en een gemiddelde rij snelheid van 20 km/u. Het brandstofverbruik van trekkers varieert sterk tussen merken trekkers en ook tussen verschillende typen werkzaamheden. Krebbers (persoonlijke mededeling, 1995) heeft het brandstofverbruik van de trekker met aanhanger volgens bovenstaande gegevens geschat op 16 l diesel/uur. Bij een uur transporttijd betekent dit een afgelegde weg van 1,25 km/l diesel, ofwel 0,8 l diesel/km afgelegde weg. Ook De Maeyer (persoonlijke mededeling, 1995) komt onder de genoemde omstandigheden tot een gelijke inschatting.

Het transport van vaste mest is een minder doorzichtige markt dan die van drijfmest. Voor het tarief wordt gebruik gemaakt van een bedrag per km, zonder een vast bedrag voor laden en lossen. Voor transport van vaste mest binnen Nederland, of op beperkte afstand daarbuiten (<200 km) wordt gerekend met een km-tarief van f 2,20 (Van den Heuvel, persoonlijke mededeling, 1995). Op grote afstand wordt gerekend met een km-prijs van f 2,02. Uitgaande van een vervoerd gewicht van respectievelijk 30 en 28 ton, wordt uiteindelijk gerekend met een ton/km-prijs van f 0,072. Voor incidenteel transport komt hierbij nog het plaatsen van containers à f 2,50 per ton (bijvoorbeeld pluimveemest). Bij dit lange-afstandstransport van vaste mest wordt in veel gevallen een retourvracht meegenomen. Voor de berekeningen is ervan uitgegaan dat binnen Nederland voor de helft van de transporten een retourvracht meegenomen wordt en voor export is er in alle gevallen sprake van een retourvracht. In figuur 2.4 is de gebruikte formule weer gegeven voor het energieverbruik.

$$\text{Energieverbruik(MJ/ton)} = \frac{\text{verbruik/km}}{\text{ton}} \cdot \text{afstand} \cdot \left(2 - \frac{\% \text{retourvrachten}}{100}\right) \cdot 36.2$$

Figuur 2.4 Formule voor de berekening van het energieverbruik van mesttransport; afstand is uitgedrukt in km enkele reis en verbruik in l diesel (MJ/ton mest)

In figuur 2.5 is een formule gegeven voor de berekening van de kosten van mesttransport. De formule heeft deels dezelfde opbouw als die in figuur 2.4, maar er is sprake van een vast bedrag, onafhankelijk van de rijafstand. Dit bedrag is ofwel voor laden en lossen, of voor de huur van een container.

$$\text{Kosten(f/ton)} = \frac{\text{bedrag laden en lossen}}{\text{ton}} + \left(\frac{\text{bedrag}}{(\text{ton} \cdot \text{km})} \cdot \text{afstand} \cdot \left(2 - \frac{\% \text{retourvrachten}}{100}\right) \right)$$

Figuur 2.5 Formule voor de berekening van de kosten van mesttransport, waarbij afstand is uitgedrukt in km enkele reis (f/ton mest)

In tabel 2.2 is een overzicht gegeven van verschillende uitgangspunten voor de berekening van het energieverbruik en de kosten van mesttransport.

Tabel 2.2 *Gegevens voor de berekening van het energieverbruik en de kosten van mesttransport met de formules in de figuren 2.4 en 2.5 (het brandstofverbruik en het km-bedrag zijn gegeven per af te leggen km)*

Omschrijving transport	Afstand km ER	Retour %	Vracht ton	Brandstofverbruik l/km	Kosten	
					laden/lossen (f/ton)	km-bedrag f/(ton/km)
Kalvergier naar KGBI	10	0	22	0,80	2,50	0,045
Dunne fractie naar indamper	20	0	36	0,40	3,80	0,045
Mest of fractie: droger of regio	30	0	36	0,40	3,80	0,045
Mest of fractie naar akkerbouw	150	0	36	0,37	3,80	0,045
Droge mest naar pelletiseren	20	0	30	0,40	2,50	0,072
Vaste fractie naar droger	30	0	30	0,40	2,50	0,072
Vaste mest naar akkerbouw	150	50	30	0,37	2,50	0,072
Vaste mest export	450	100	28	0,345	2,50	0,072
Korrel export	1.500	100	28	0,345	0	0,072

Tabel 2.3 *Energieverbruik (MJ/ton vervoerd produkt) en kosten (f/ton vervoerd produkt) van mesttransport in de verschillende transportschakels; tevens zijn de afstand en het vervoerde gewicht vermeld*

Afzetketens	Afstand ER (km)	Vervoerd gewicht (ton)	Energieverbruik (MJ/ton)	Kosten (f/ton)
K1/K2	10	22	26,3	3,40
Z2	20	36	16,1	5,60
Z0/Z2/Z3/V1/K0	30	36	24,1	6,50
Z1/Z2/V0/L0/M1/K1	150	36	112	17,30
L2/L3/S1/M2/K2	30	30	29,0	6,82
S0	150	30	100	18,70
L1	450	28	201	34,90
Z3/V1/L2/L3/S1/M2/K2	1.500	28	669	108,00

In tabel 2.3 is een overzicht gegeven van de kosten en het energieverbruik per ton vervoerd materiaal bij verschillende afstanden, zoals gebruikt in de berekeningen van de diverse afzetscenario's. De gegevens zijn verkre-

gen door combinatie van de gegevens in tabel 2.2 en de formules in de figuren 2.4 en 2.5. Energieverbruik en kosten van mestaanwenden worden verderop in deze paragraaf behandeld.

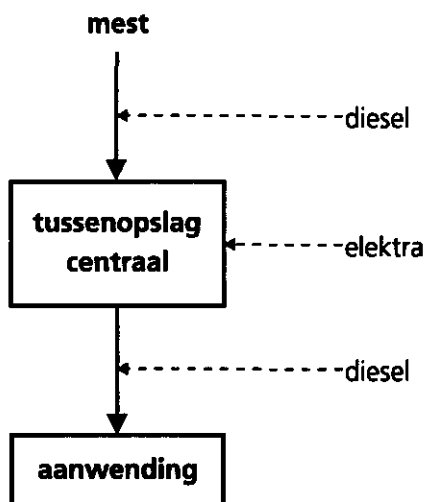
Centrale tussenopslag voor mest in het akkerbouwgebied

Momenteel komt ongeveer 20% van de mest die naar de akkerbouwgebieden wordt getransporteerd in een tussenopslag terecht (Groot Roesink, persoonlijke mededeling, 1995). De huidige doelstelling voor optimale mestdistributie is dat ongeveer 40% van de mest overwintert in een tussenopslag in het akkerbouwgebied (Willems, persoonlijke mededeling, 1995). In de toekomst zal de doelstelling nog verhoogd worden, om aan de tijdgebonden vraag naar mest te kunnen voldoen. Voldoende opslagcapaciteit zal leiden tot lagere transportkosten door betere verdeling van de transporten over het jaar (Luesink en Van der Veen, 1989). Door tussenopslag wordt de mest beter gemengd en is daardoor homogener. Voor de berekeningen is ervan uitgegaan dat alle mest die voor het akkerbouwgebied bestemd is, in een silo wordt gebracht. Veertig procent van alle mest blijft tijdens de winterperiode in de silo, de rest wordt er direct weer uitgehaald om dan over het land gebracht te worden. Deze extra handeling heeft het voordeel dat de vrachtwagen niet op de kopakker hoeft te wachten en de mest constanter van kwaliteit is. Uitgegaan is van een silo met een inhoud van 2.500 m^3 (Groot Roessink, persoonlijke mededeling, 1995). De jaarkosten hiervan zijn berekend op f 6,60 per ton silo-inhoud. Omgerekend naar alle mest die voor de akkerbouw bestemd is, bedraagt dat f 2,64 per ton mest. Op dezelfde wijze is het energieverbruik berekend op 0,41 MJ per ton gedistribueerde mest. De mest wordt hierbij telkens gemengd voor dat uitgereden wordt. Berekeningen zijn bijgevoegd als bijlage 8.

De wijze van opslag van droge mest is afhankelijk van de gemeente waar de afnemer woont. In sommige gemeenten is het toegestaan om mest op de kopakker te bewaren, in andere niet. Als de mest opgeslagen moet worden, zal dit op een betonplaat gebeuren, al dan niet met voorzieningen om afstromen van nutriënten te voorkomen. In de toekomst zullen voorzieningen getroffen moeten worden om de ammoniakemissie te beperken. De kosten van opslag van vaste mest zijn in de berekeningen niet meegenomen.

Mestaanwenden

Mest die op het eigen bedrijf wordt aangewend (of eventueel bij de buurman), wordt direct uit de opslag naar het land gereden en daar aangewend. Deze situatie geldt in zekere zin ook voor de akkerbouwgebieden. Hierbij wordt de mest uit de centrale opslag gehaald en direct naar het land gebracht en aangewend. De kosten en het energieverbruik van dit korte transport worden in de berekeningen samen genomen met het mestaanwenden. Voor de berekeningen zijn de belangrijkste uitgangspunten hierna beschreven. In figuur 2.6 is een blokschema gegeven voor centrale opslag,



Figuur 2.6 Blokschema tussenopslag mest, kort transport en aanwenden

het korte transport en aanwenden van de mest, zoals dit voor iedere mest-afzetketen geldt.

De maximum toegestane hoeveelheid fosfaat op bouw- en maisland bedraagt momenteel 110 kg P_2O_5 /(ha/jaar). Gerekend is met een gift van 24 ton mengmest/ha. Gemiddeld zal de bemestingsruimte nu niet helemaal zijn opgevuld. Dit is in de praktijk ook gewenst, omdat de gewasgroei dan beter gestuurd kan worden met kunstmest. Voor droge mest is uitgegaan van 4,5 ton per hectare en voor mestkorrels van twee ton per hectare. Voor grasland bedraagt de maximum fosfaatgift momenteel 150 kg P_2O_5 /(ha/jaar). Hiervoor wordt gerekend met een gift van 32 ton mengmest. In de toekomst zullen de normen voor aanwending van dierlijke mest verscherpt worden, waardoor gemiddeld per ha per jaar minder mest uitgereden mag worden. Hiermee is in de berekeningen geen rekening gehouden.

Het korte transport betreft het transport van de mestopslag naar het perceel waar uitgereden wordt. Bij opslag op het eigen bedrijf is hierbij een afstand enkele reis aangehouden van 1 km; bij centrale opslag, zoals in het akkerbouwgebied, is 3 km aangehouden. In tabel 2.4 is een overzicht gegeven van het energieverbruik en de kosten van de verschillende vormen van mestaanwenden. Voor het energieverbruik is uitgegaan van gegevens van Bosma et al. (1993). De kosten zijn op basis van praktijktarieven loonwerk ingeschat in overleg met Krebbers (persoonlijke mededeling, 1995). Door uit te gaan van tarieven van loonwerk zijn de kosten misschien iets hoger dan in de praktijk, maar wel beter vergelijkbaar. Mestaanwenden in eigen mechanisatie geeft lagere kosten doordat er veelal sprake is van arbeid die niet alternatief aanwendbaar is. Bijlage 9 is een weergave van de berekening van de kosten van mestaanwenden.

Tabel 2.4 *Energieverbruik en kosten van aanwenden van drijfmest inclusief kort transport en centrale tussenopslag, weergegeven voor diverse vormen van mestaanwenden*

Aanwendmethode	Mest-soort	Mestgift (ton/ha)	Energie (MJ/ton)	Kosten (f/ton)	Betreffende afzetketens
Bouwlandinjecteur	drijfmest	24	66,0	8,68	Z1/Z2/V0/L0/K1
Zodebemester	drijfmest	32	42,4	5,68	Z0/Z1/M0/M1/M2/K0
Stalmeststrooier	vaste mest	4,5	316	17,10	L1/S0/M1
Kunstmeststrooier	kunstmest	0,3	528	64,10	-
Kunstmeststrooier	mestkorrels	2,0	79,2	12,10	Z3/V1/L2/L3/S1/M2/K2

Uit tabel 2.4 blijkt dat het energieverbruik en de kosten per ton kunstmest en vaste mest relatief hoog zijn. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat bij een gelijke mineralenvoorziening minder tonnen mest opgebracht hoeven te worden.

2.3.6 Opbrengst mestprodukten

In deze studie ligt de nadruk, behalve op het energieverbruik, op de kosten van mestafzet. Door de grote hoeveelheid mest in Nederland is de opbrengstprijs ervan laag of negatief. In tabel 2.5 is een overzicht gegeven van de opbrengsten van mestprodukten, zoals die in hoofdstuk 3 zijn gebruikt voor een vergelijking van de netto-kosten van mestafzet. De gegevens zijn, behalve die van mestkorrels, afkomstig van de Regionale Mestbank Oost (Boeijen, persoonlijke mededeling, 1995) en gedateerd maart 1995. De opbrengst van mestprodukten is zeer variabel, onder andere afhankelijk van tijdstip, afnemer en mestsoort.

Zoals te zien is in tabel 2.5, wordt voor korrels van de verschillende mestsoorten een opbrengst verondersteld van f 400,- per ton korrel. Voor deze prijs wordt thans in Spanje een aantal soorten mestkorrels, volgens mededeling van het CIOM in Wageningen. De andere mest varieert tussen f 5,- bijbetalen en f 5,- opbrengst, met uitzondering van stapelbare leg-hennen-mest en vaste vleeskuikenmest. Hiervoor bedraagt de opbrengstprijs respectievelijk f 20,- en f 10,-, waarbij ook de kosten van aanwenden (zie tabel 2.4) nog voor rekening komen van de ontvanger.

Tabel 2.5 Opbrengstindicatie van mestprodukten per mestafzetketen, zoals gebruikt in deze studie (f/ton produkt na aanwending); ook is ter indicatie het drogestofgehalte (gr/kg) en het afzetgebied vermeld

Variant	Mestsoort	Drogestofgehalte (gr/kg)	Afzetgebied	Prijs (f/ton)
Z0	Zeugemest	50	regio	- 5,-
Z1	Dunne fractie bezonken zeugemest	28	directe omgeving	- 5,-
Z1, Z2	Dikke fractie bezonken zeugemest	114	akkerbouw	5,-
Z2	Indampconcentraat	200	akkerbouw	- 5,-
Z3	Mestkorrels zeugemest	870	Spanje	400,-
V0	Vleesvarkensmest	94	akkerbouw	5,-
V1	Mestkorrels vleesvarkens	870	Spanje	400,-
L0	Leghennenmest met water verdund	180	akkerbouw	5,-
L1	Stapelbare mest	550	Noord-Frankrijk	20,- *)
L2	Mestkorrels, boerderijdroging	870	Spanje	400,-
L3	Mestkorrels, centrale droging	870	Spanje	400,-
S0	Vleeskuikenmest	600	akkerbouw	10,- *)
S1	Mestkorrel vleeskuikenmest	870	Spanje	400,-
M0	Melkveemengmest	90	eigen land	0,-
M1	Dikke fractie gescheiden melkveemest	215	akkerbouw	0,-
M1, M2	Dunne fractie gescheiden melkveemest	46	eigen land	0,-
M2	Mestkorrel melkveemest	870	Spanje	400,-
K0	Vleeskalvergier	20	regio	- 5,-
8K1	Bewerkte kalvergier	60	akkerbouw	0,-
K2	Mestkorrel vleeskalverenmest	870	Spanje	400,-

*) Geleverd op de kopakker.

3. UITGANGSPUNTEN EN RESULTATEN PER SECTOR

3.1 Zeugen

3.1.1 Inleiding

Circa driekwart van de geproduceerde varkensmest in Nederland kan niet op het eigen bedrijf worden geplaatst, maar moet naar andere bedrijven worden afgezet (Baltussen et al. 1994). Er is gerekend met een standaardzeugenbedrijf, zoals beschreven door Holwerda et al. (1994). Dit bedrijf heeft 165 zeugen en 4,3% bijbehorende opfokzeugen. De mestproductie per zeug bedraagt volgens de WUM (CBS, 1995) 5.200 kg per jaar met 50 gr droge stof/kg mest. De mestproductie per opfokzeug bedraagt 1.300 kg per jaar met 90 gr droge stof/kg. Aangezien er per 100 zeugen 4,3 opfokzeugen aanwezig zijn, moet deze mest bij de mestproductie van de zeugen geteld worden. Voor de berekening van de "ruwe mest" moet eerst nog gecorrigeerd worden voor de ammoniakemissie. Hiervoor is gerekend met 8,1 kg NH₃ (6,67 kg N) per zeug en 2,1 kg NH₃ (1,73 kg N) per opfokzeug per jaar.

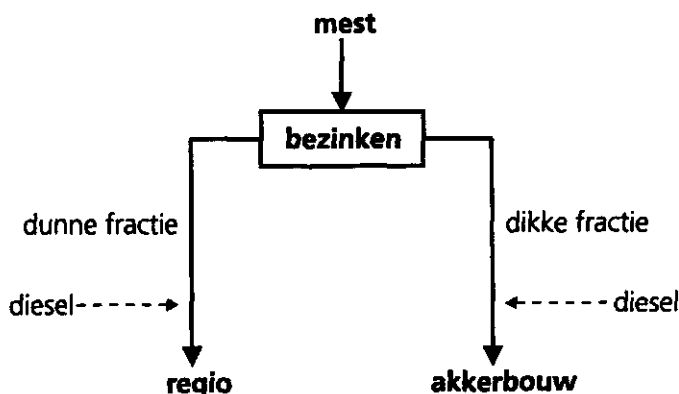
3.1.2 Mestafzetketens

De eerste afzetketen is de basisvariant (gecodeerd Z0). Hierin wordt de geproduceerde mest afgezet in de regio (afstand 30 km). De drie alternatieve varianten gaan uit van bezinken van de zeugemest op het eigen bedrijf. In de basisvariant van afzet van zeugemest zonder scheiden wordt uitgegaan van ondiepe kelders onder de roosters en mestopslag in een mestsilo buiten de stal.

De variant Z1 is een optie waarbij de zeugemest door spontane bezinking gescheiden wordt in een dikke en een dunne fractie. De mest wordt ladingsgewijze gescheiden in een speciale bezinksilo. Op het einde van een scheidingsperiode wordt een kraan geopend, waardoor de dunne mest in een mestzak loopt. Hiermee is geen energie gemoeid. De dikke fractie wordt afgevoerd naar de akkerbouw. In figuur 3.1 is het blokschema voor variant Z1 weergegeven.

De bezinksilo wordt deels in en deels boven de grond gebouwd. Het blijft dan ook in de zomermaanden mogelijk spontane bezinking toe te passen, zonder het gebruik van een polyelektrolyt (De Kleijn en Voermans, 1991; Schellekens, persoonlijke mededeling, 1995). Uitgaande van het standaardbedrijf (Holwerda et al. 1994) heeft de bezinksilo een inhoud van 40 m³, waarbij de scheidingsduur bijna zeventien dagen bedraagt. De investering van een bezinksilo inclusief afdekking bedraagt f 250,-/m³. De opvang

van de dunne fractie in een mestzak heeft een omvang van 400 m^3 , de opslagduur hierbij bedraagt ruim een half jaar. De investering van de mestzak bedraagt $f\ 95,-/\text{m}^3$. De afschrijving van mestzak en leidingen is gesteld op tien jaar.



Figuur 3.1 Blokschema afzet zeugemest in variant Z1

Mesttransport vindt plaats in tankwagens van 36 ton mest. Er moet dus een voorraad van 36 ton dikke fractie opgeslagen kunnen worden. Hier-voor is in het onderzoek van De Kleijn en Voermans (1991) gebruik gemaakt van zeecontainers bij het bedrijf, van binnen met een kunststoffolie bekleed. De investeringskosten van een zeecontainer van 40 m^3 inhoud bedraagt circa $f\ 2.000,-$ inclusief plaatsen. Inclusief afdekzeil en montage is gerekend met $f\ 2.600,-$ investering voor de foliebekleding (Verdoes, persoonlijke mededeling, 1995). Afschrijving van de container gebeurt in twintig jaar en van de folie in tien jaar (Schellekens, persoonlijke mededeling, 1995). De kosten per geproduceerde ton mest zijn berekend op $f\ 9,49$. De opslagkosten bedragen $f\ 11,01$ als niet wordt gescheiden. Er lijkt dus sprake te zijn van een voordeel in mestopslagkosten. Dit komt doordat de dikke mest telkens wordt afgevoerd op het einde van de batch. De gemiddelde opslagduur bedraagt daardoor niet meer een half jaar, maar gemiddeld over alle geproduceerde mest minder dan vijf maanden. Als de mest naar een akkerbouwgebied wordt gebracht, moeten de kosten van een tussenopslag van de dikke fractie hier nog wel bijgeteld worden. Er is dus sprake van een gedeeltelijke verschuiving van de kosten van het mestproducerende bedrijf naar de mestopslag in de akkerbouw.

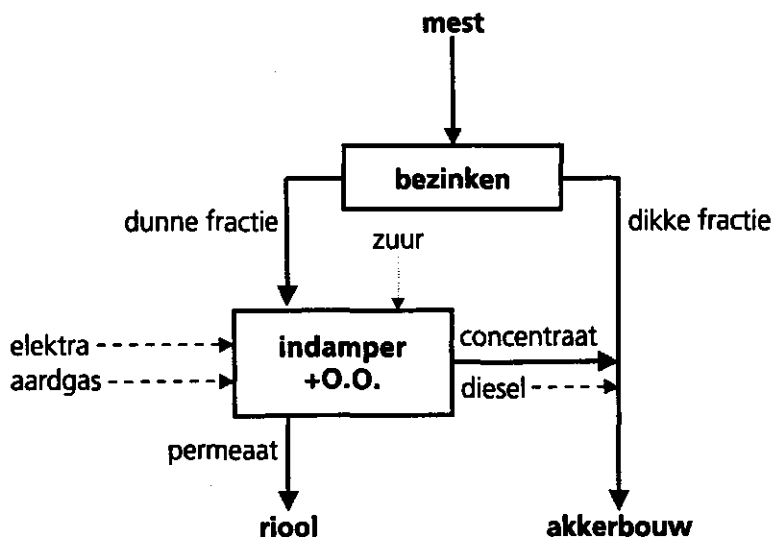
Aangezien in de standaard situatie (Z0) de mest ook buiten in de silo wordt opgeslagen en hiervoor een mestpomp nodig is, is er bij mestscheiden door bezinken geen sprake van extra energiekosten.

In de volgende afzetketen Z2 wordt de dunne fractie ingedampt in een centrale installatie en vervolgens, net als de dikke fractie, afgezet naar de akkerbouw. Bij deze variant wordt ervan uitgegaan dat er op verschillende plaatsen in het land bij loonwerkers een indampinstallatie staat en dat de dunne fractie over gemiddeld 20 km getransporteerd moet worden van de boerderij naar deze installatie. Voor de indampinstallatie in de ketens Z2 en Z3 is uitgegaan van gegevens van de installaties van Mestwerk. De werking is in het kort als volgt. Dunne fractie wordt allereerst behandeld in een biologische zuiveringsinstallatie met een korte verblijftijd, voor de afbraak van een aantal vluchtige componenten. Vervolgens wordt geconcentreerd zwavelzuur toegevoegd om de ammoniak te binden. In de indamper wordt, onder vacuüm, een groot deel van het vocht bij ongeveer 55°C verdampt. De damp wordt vervolgens, met behulp van een door een gasmotor aangedreven compressor, enigszins samengeperst. Hierdoor neemt de temperatuur toe. Deze damp wordt door een pijpenbundel geleid die is opgesteld in de verdampingsruimte. Door het temperatuurverschil tussen de damp en de vloeistof in de verdampingsruimte condenseert de damp. De vrijkomende warmte doet het vocht in de verdampingsruimte waarin de dunne fractie wordt gepompt verdampen. Met dit systeem van mechanische dampcompressie kan een groot deel van de verdampingswarmte worden hergebruikt. Aangenomen is dat er tot 200 gr droge stof/kg wordt geconcentreerd. De gecondenseerde damp bevat nog resten vluchtige organische stof en ammoniak. Teneinde de ammoniak te binden wordt ten tweede male zwavelzuur toegevoegd. De totale dosering is gesteld op 6 kg H_2SO_4 per ton dunne fractie. De verontreinigingen in het condensaat worden voor het grootste deel verwijderd door het condensaat door een membraanfiltratie-installatie (omgekeerde osmose) te leiden. De schone vloeistof, het permeaat, wordt na een korte beluchting op het oppervlaktewater of het riool geloosd; het concentraat van de membraan-filtratie-installatie wordt naar de indamper geretourneerd. Het effluent bevat 10 mg BZV/kg en 5 mg N-Kjeldahl/kg.

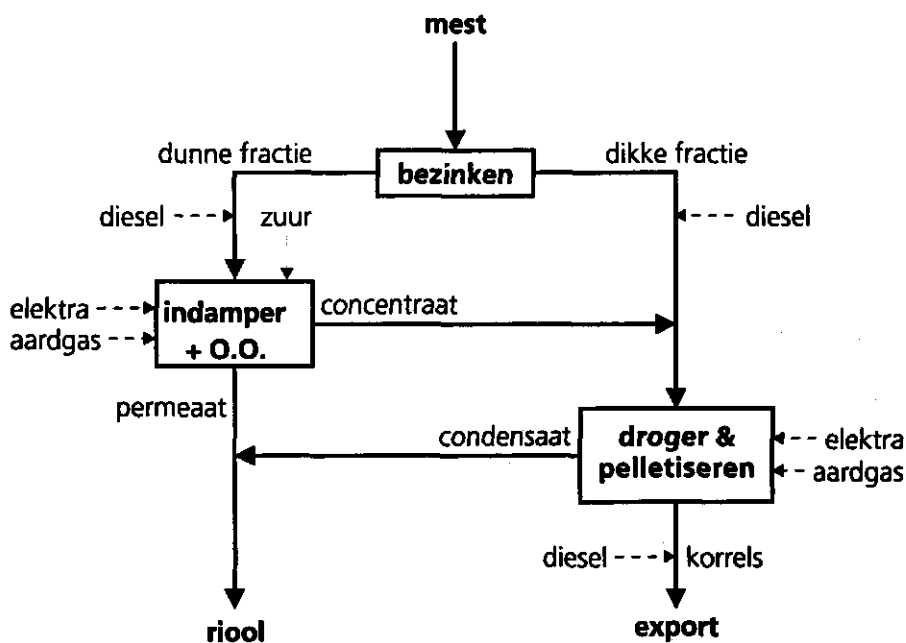
Het aardgasverbruik van de gasmotor bedraagt afgerond 6 m³ per ton ingevoerde dunne fractie. Daarnaast is nog afgerond 6 kWh per ton invoer aan elektrische energie nodig, met name voor de membraanfiltratie (De Haan en Van Esch, 1994).

De capaciteit van de indampinstallatie is gesteld op 67.500 ton dunne fractie per jaar, conform de door Mestwerk geplande capaciteit. Dit komt overeen met afgerond 90.000 ton ruwe mest per jaar. Per installatie kan zo de dunne fractie verwerkt worden van circa 105 standaardbedrijven.

Bij de raming van de personeelsbehoefte is uitgegaan van de veronderstelling dat de indampinstallatie deel uitmaakt van een netwerk van meerdere installaties welke door een overkoepelende organisatie wordt beheerd. De directe personeelsbehoefte bestaat uit twee personen. Diverse activiteiten zoals de aanvoer van de gier, de afvoer van het concentraat, de technologische begeleiding en de personele en financiële administratie wordt door deze organisatie verzorgd voor een bedrag van f 2,- per ton. Het blokschema van de Z2-variant is weergegeven in figuur 3.2.



Figuur 3.2 Blokschema afzet zeugemest in variant Z2



Figuur 3.3 Blokschema afzet zeugemest in variant Z3

In variant Z3 wordt de mest eerst gescheiden op boerderij-niveau. Vervolgens wordt de dunne fractie ingedampt. Het indampconcentraat en de dikke fractie worden in een centrale installatie gedroogd en gepelletiseerd. De mestkorrels worden geëxporteerd. In figuur 3.3 is het blokschema weer gegeven. De droger is beschreven in paragraaf 2.3.2. De capaciteit van de droger is afgestemd op de capaciteit van de indampinstallatie en bedraagt 4,0 ton water-verdamping per uur. Dit komt overeen met bijna 35.000 ton invoer (dikke fractie + indampconcentraat) per jaar. Per jaar wordt met een dergelijke installatie circa 5.700 ton mestkorrel geproduceerd. De investering van de droger bedraagt afgerond f 17,5 miljoen. Diverse activiteiten zoals de aan- en afvoer van de mest(produkten), de technologische begeleiding en de personele en financiële administratie wordt door deze organisatie verzorgd voor een bedrag van f 2,- per ton. Het condensaat bevat, na reiniging in de bij de droger behorende biologische zuiveringsinstallatie, 10 mg BZV per kg en 5 mg N-Kjeldahl.

3.1.3 Resultaten

In tabel 3.1 is een overzicht gegeven van de hoeveelheid en de gehalten van de ruwe mest en van de uitgaande stromen voor de vier doorgerkende varianten voor zeugemest. In bijlage 2 is een compleet overzicht gegeven van de massa- en energiebalans en van de kostenopbouw van de bewerking van zeugemest.

Uit tabel 3.1 blijkt onder andere dat uit 1.000 kg mest in de variant Z3 nog geen 65 kg mestkorrels overblijft. Het restant, water, is verwijderd. In tabel 3.2 is een overzicht gegeven van het energieverbruik van de diverse schakels binnen de varianten van afzet van zeugemest.

Uit tabel 3.2 blijkt dat er een groot verschil is in energieverbruik tussen de vier varianten van mestafzet. Z1 (alleen bezinken) verbruikt voor de hele keten de minste energie, terwijl Z3 duidelijk de meeste energie nodig heeft. De gebruikte energie bestaat bij Z3 voornamelijk uit aardgas. Ook blijkt dat de hoeveelheid diesel die nodig is voor mesttransport naar de fabriek en

Tabel 3.1 Hoeveelheid en gehalten van ruwe mest en eindprodukten van de diverse varianten voor de zeugenhouderij; gehalten in g/kg produkt

	Eenheid	Ruwe mest	Z1		Z2		Z3
			dikke (Z0)	dunne fractie	dikke fractie	indamp-fractie	mestkorrels concentr.
Massa	kg	1.000	260	740	260	126	63,1
Droge stof	gr/kg	50,4	114	27,9	114	200	870
Stikstof	gr N/kg	4,90	7,16	4,10	7,16	24,2	77,7
Fosfor	gr P/kg	1,58	3,47	0,92	3,47	5,42	25,1
Kalium	gr K/kg	3,83	4,12	3,72	4,12	21,9	60,7

Tabel 3.2 *Overzicht van energieverbruik van diverse schakels van afzet van zeugemest (MJ/ton ruwe mest), onderverdeeld naar aardgas, elektra en diesel en gesommeerd voor de diverse varianten*

	Totaal	Aardgas	Elektra	Diesel
a-Bezinken	0	-	0	-
b-Aanvoer indamper (dunne fractie)	11,9	-	-	11,9
c-Indampen	157	141	16,1	-
d-Aanvoer droger (dikke fractie)	6,3	-	-	6,3
e-Drogen	1310	1230	81,3	-
f-Pelletiseren	9,1	-	9,1	-
g-Transport + aanwenden ruwe mest	66,5	-	-	66,5
h-TOA *) dikke fractie	46,3	-	0,1	46,2
i-Transport + aanwenden dunne fractie	31,4	-	-	31,4
j-TOA indampconcentraat	22,4	-	0,1	22,3
k-Transport en aanwenden mestkorrel	47,2	-	-	47,2
Totaal Z0 (g)	67	-	0,4	67
Totaal Z1 (a,h,i)	78	-	0,1	78
Totaal Z2 (a,b,c,h,j)	240	140	16	80
Totaal Z3 (a,b,c,d,e,f,k)	1.500	1.370	110	65

*) TOA = Transport, opslag en aanwenden; - = niet van toepassing.

transport van het eindprodukt naar de (export)bestemming bij de varianten Z1, Z2 en Z3 lager is dan bij Z0. De kosten van de diverse varianten zijn weergegeven in tabel 3.3.

De kosten van Z1 en Z0 zijn vergelijkbaar. Hoewel de totale afgelegde afstand bij Z1 iets groter is dan bij Z0 zijn de totale kosten voor de keten iets lager door lagere kosten voor aanwenden en opslag. De lagere kosten van opslag bij bezinken (regel a) worden voor een deel gecompenseerd door de opslagkosten in het akkerbouwgebied (regel h). Bij verdergaande bewerking lopen de kosten op tot f 28,- (Z2) en f 92,- (Z3) per ton ruwe mest.

Worden de kosten gecorrigeerd voor de opbrengsten danwel bijbetalingen, dan zijn de netto-kosten per ton ruwe mest voor de vier varianten respectievelijk f 17,-, f 13,-, f 28,- en f 67,-. Variant Z1 komt hierdoor nog gunstiger uit ten opzichte van Z0. Hoewel er gerekend is met een bijbetaling van f 5,- per ton dunne fractie, is de prijsvorming in de markt nog onzeker. Dit wordt onder andere veroorzaakt door beperkingen in de wetgeving.

Naarmate de kosten toenemen, neemt ook het energieverbruik toe. Uitzondering hierop vormt de variant Z1. Deze is qua kosten voordeliger dan Z0, maar het energieverbruik ligt iets hoger.

De energiekosten van de indampinstallatie in keten Z2 bedragen 11,3 % van de totale kosten van de installatie. Voor de droger in afzetketen Z3 is dat 21,4%.

Tabel 3.3 Overzicht van kosten van diverse schakels van afzet van zeugemest: f/ton ruwe mest, f/(zeug/jaar) en f/ton korrel in variant Z3; tevens gesommeerd voor de diverse varianten

	Kosten per		
	ton ruwe mest	zeug/jaar	ton korrel
a-Bezinken	-1,52	-8,06	-24,10
b-Aanvoer indamper (dunne fractie)	4,17	21,90	66,10
c-Indampen	14,20	74,80	226,00
d-Aanvoer droger (dikke fractie)	2,51	13,20	39,70
e-Drogen	56,80	298,00	900,00
g-Transport en aanwenden ruwe mest	12,20	64,00	-
h-TOA*) dikke fractie	7,45	39,10	-
i-Transport + aanwenden dunne fractie	4,20	22,10	-
j-TOA indampconcentraat	3,59	18,90	-
k-Transport en aanwenden mestkorrel	7,57	39,80	120,00
l-Verkoop en distributie	8,20	43,10	130,00
Totaal Z0 (g)	12	64	-
Totaal Z1 (a,h,i)	10	53	-
Totaal Z2 (a,b,c,h,j)	28	150	-
Totaal Z3 (a,b,c,d,e,k,l)	92	480	1.500

*) TOA = Transport, opslag en aanwenden; - = niet van toepassing.

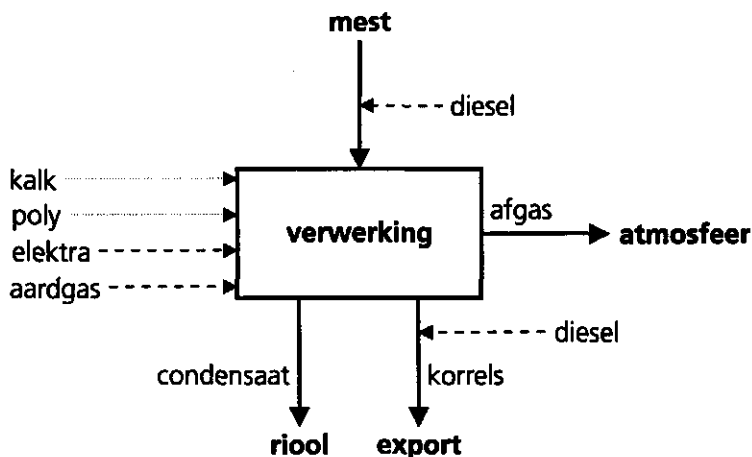
3.2 Vleesvarkens

3.2.1 Inleiding

Voor de vleesvarkenshouderij zijn twee varianten van mestafzet doorerekend. In de basisvariant (V0) wordt de vleesvarkensmest direct naar de akkerbouw afgezet. Dit is voor veel bedrijven de huidige praktijk. In de alternatieve variant (V1) wordt de mest afgevoerd naar een centrale mestverwerker. De mest wordt daar gedroogd en gepelletiseerd. De korrels worden vervolgens geëxporteerd. Er is gerekend met een mestproductie van 1.250 kg per gemiddeld aanwezig vleesvarken per jaar. Voor de ammoniakemissie is uitgegaan van 2,5 kg NH₃ per vleesvarkensplaats per jaar. Voor omrekening van vleesvarkensplaats naar aanwezig dier is uitgegaan van een bezetting van 90%.

3.2.2 Mestafzetketens

In de basisvariant voor de afzet van mest van vleesvarkens wordt de mest als geheel naar een akkerbouwgebied getransporteerd. Het blokschema van dit proces is afgebeeld in hoofdstuk 2.3.5. In de variant V1 wordt de mest naar een centrale verwerker afgevoerd. Conform de bestaande situatie is gekozen voor verwerking volgens het procédé van Promest in Helmond. In figuur 3.4 is het blokschema afgebeeld dat hoort bij dit proces.



Figuur 3.4 Blokschema afzet vleesvarkensmest in variant V1

Verondersteld is een fabriek met een capaciteit van 500.000 ton mest per jaar. Dit komt overeen met de mestproductie van circa 230 standaardbedrijven, ofwel 400 duizend gemiddeld aanwezige vleesvarkens. Naar de fabriek wordt de mest per tankauto over een afstand van gemiddeld 30 km aangevoerd. De verwerking omvat kort samengevat de volgende behandelingen. Na een grove zieving wordt de mest in vergisters gepompt. Hierbij wordt een deel van de organische stof biologisch in biogas omgezet. Dit gas wordt voor het eigen proces gebruikt. De vergiste mest wordt, na toevoeging van 2,5 gr vlokmiddel (polyelektrolyt) per kg droge stof, met behulp van centrifuges in een dunne en een dikke fractie gescheiden. De dunne fractie wordt vervolgens in een aëroob biologisch proces behandeld waarbij de ammoniak in nitraat wordt omgezet en een deel van de organische stof wordt verademd. In deze procestrap wordt 9 kg Ca(OH)_2 per ton dunne fractie gebruikt om de zuurgraad op peil te houden. De behandelde vloeistof wordt met behulp van bezinktanks, indikkers en centrifuges van niet-opgeloste stof ontdaan, waarna deze vloeistof in een meertraps-vacuümindamper wordt ingedikt. Het destillaat van de indamper wordt op het oppervlaktewater geloosd; het concentraat gaat naar een (indirecte) droger. De toevoer van de droger bestaat, behalve uit concentraat, uit dikke fractie van de centrifuges en ontwaterd slib uit de nitrificatie. De droger verdampt het grootste deel van het vocht zodat een poeder resteert met 870 gr droge stof/kg produkt. Het poeder wordt gepelletiseerd en in plastic zakken verpakt geëxporteerd. Het effluent bevat 10 mg BZV/kg en 5 mg N/kg. Er is uitgegaan van een verlies tijdens het proces van 10% van de droge stof en 30% van de stikstof als gevolg van biogasproductie en nitrificatie.

Er is energie in de vorm van aardgas en biogas en elektriciteit nodig. Het gas wordt gebruikt voor de produktie van stoom. Stoom wordt ingezet bij de droging. De damp van de drogers wordt gebruikt bij de indamper. Hierdoor en door het feit dat de indamper zeven trappen omvat is het energieverbruik voor de verdamping van water beperkt. Volgens het Milieu-effect rapport (MER) van Promest (Anoniem, 1991b) is er 24 m³ aardgas nodig per ton ingaande mest. Volgens deze bron is het verbruik aan elektrische energie 72 kWh per ton ingaande mest. Deze is voor een belangrijk deel ingezet voor de beluchting van de nitrificatie-trap. Voor een meer uitgebreide beschrijving van het proces zij verwezen naar Hilberts (1992) en Anoniem (1991b).

De personeelsbezetting van een dergelijke installatie is vanwege de complexiteit van het proces relatief groot. Er is uitgegaan van een directe personeelsbezetting van 38 personen.

Verondersteld is dat de overhead een bedrag van f 1,- per ton ruwe mest vergt.

3.2.3 Resultaten

In tabel 3.4 is een overzicht gegeven van de hoeveelheid en de gehalten van de ruwe mest en van de uitgaande stromen voor de beide doorgerkende varianten voor vleesvarkensmest. In bijlage 3 is een overzicht gegeven van de massa- en energiebalans en van de opbouw van de kosten van de centrale verwerking van vleesvarkensmest.

Tabel 3.4 Hoeveelheid en gehalten van ruwe mest en eindprodukten van de diverse varianten voor de vleesvarkenshouderij; gehalten in gr/kg produkt

	Eenheid	Ruwe mest V0	Mestkorrels V1
Massa	kg	1.000	103
Droge stof	gr/kg	90,0	870
Stikstof	gr N/kg	10,1	69,0
Fosfor	gr P/kg	2,03	19,7
Kalium	gr K/kg	8,24	66,9

Uit tabel 3.4 blijkt dat uit 1.000 kg mest 103 kg mestkorrels overblijven. In tabel 3.5 is een overzicht gegeven van het energieverbruik van de diverse schakels binnen de varianten van afzet van vleesvarkensmest. Opgemerkt zij dat in de praktijk Promest selectief dikkere mest verwerkt met 100-120 gr droge stof/kg mest, in vergelijking met de hier genoemde 90,0 gr/kg. Hierdoor komt ongeveer 20% meer produkt vrij per ton ruwe mest, wat een positief effect heeft op de netto-kosten.

Tabel 3.5 *Overzicht van energieverbruik van diverse schakels van afzet van vleesvarkensmest (Mj/ton ruwe mest), onderverdeeld naar aardgas, elektra en diesel en gesommeerd voor de diverse varianten*

	Totaal	Aardgas	Elektra	Diesel
a-TOA *) ruwe mest	178	-	0,4	178
b-Aanvoer fabriek	24,1	-	-	24,1
c-Indampen + drogen	1.020	760	259	-
d-Transport en aanwenden mestkorrel	76,7	-	-	76,7
Totaal V0 (a)	180	-	0,4	180
Totaal V1 (b,c,d)	1.100	760	260	100

*) TOA = Transport, opslag en aanwenden; - = niet van toepassing.

Het energieverbruik van de variant V1 is een factor 6 hoger dan die in V0. Als gevolg van de kleinere hoeveelheid te transporteren mest is de hoeveelheid diesel per ton ruwe mest in V1 lager dan in V0. Tabel 3.6 geeft een overzicht van de kosten van de diverse schakels in de mestafzet.

Het verschil in bruto-kosten tussen V0 en V1 bedraagt ruwweg een factor drie. Per geproduceerde ton mestkorrel bedragen de totale kosten f 910,-. Worden de kosten gecorrigeerd voor de opbrengsten danwel bijbetalingen, dan zijn de netto-kosten per ton ruwe mest voor de beide varianten respectievelijk f 24,- en f 52,-. Het verschil in kosten is duidelijk kleiner geworden.

De energiekosten van de centrale verwerking in keten V1 bedragen 24,4% van de totale kosten van de fabriek.

Tabel 3.6 *Overzicht van kosten van diverse schakels van afzet van vleesvarkensmest: f/ton geproduceerde mest, f/(gemiddeld aanwezig vleesvarken/jaar) en f/ton mestkorrel; tevens gesommeerd voor de diverse varianten*

	Kosten per		
	ton ruwe mest	dier/jaar	ton korrel
a-TOA *) ruwe mest	28,60	35,80	
b-Aanvoer fabriek	6,50	8,13	63,30
c-Indampen + drogen	60,80	76,00	592,00
d-Transport en aanwenden mestkorrel	12,30	15,40	120,00
e-Verkoop en distributie	13,30	16,70	130,00
Totaal V0 (a)	29	36	
Totaal V1 (b,c,d,e)	93	120	910

*) OA = Transport, opslag en aanwenden.

3.3 Leghennen

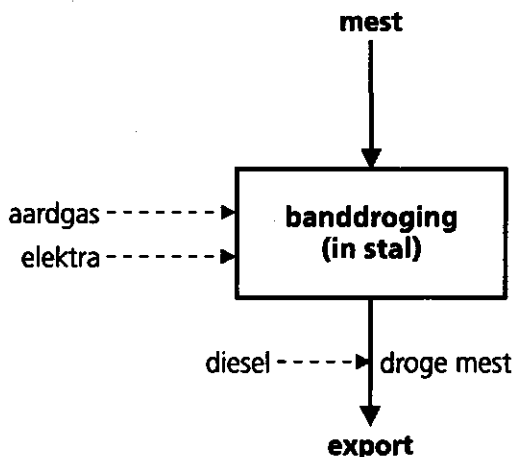
3.3.1 Inleiding

Voor de leghennenhouderij worden, naast de nulvariant, drie mestafzetketens uitgewerkt uitgaande van huisvesting in batterijen. In de leghennenhouderij worden reeds meerdere vormen van mestdroging op bedrijfsniveau toegepast in de praktijk. In deze studie zijn slechts twee vormen van mestdroging op bedrijfsniveau meegenomen.

3.3.2 Mestafzetketens

De leghen produceert mest met een drogestofgehalte van gemiddeld 220 gr/kg. Deze mest is niet verpompbaar en om die reden moet bij de afzet van drijfmest water toegevoegd worden. Op 1.000 kg mest moet 220 liter toegevoegd worden om het drogestofgehalte terug te brengen naar 180 gr/kg. Deze mest wordt in de nulvariant (L0) als drijfmest over lange afstand getransporteerd voor aanwending op bouwland. In deze studie is de ruwe mest (met een drogestofgehalte van 220 gr/kg) als basis genomen voor de berekeningen.

In de andere mestafzetketens wordt de geproduceerde mest verder gedroogd. In deze paragraaf worden bij verdere verwerking de kosten en het energieverbruik uitgedrukt per ton ruwe mest zoals door de leghen geproduceerd (drogestofgehalte 220 gr/kg). In mestafzetketen L1 wordt de ruwe mest op mestbanden met stallucht gedroogd tot droge mest met een drogestofgehalte van minimaal 550 gr/kg. Deze mest is geschikt voor export. Figuur 3.5 geeft een schematisch overzicht.



Figuur 3.5 Blokschema afzet leghennenmest in variant L1

In het begin van de jaren tachtig is door IMAG-DLO (Kroodtsma et al. 1985) het mestdrogen op bandbatterijen ontwikkeld. Hierbij wordt warme lucht over de mestbanden onder de batterij geleid waardoor de mest snel gedroogd wordt. Hierna wordt de mest regelmatig (bijvoorbeeld wekelijks) afgevoerd. Verwarming van de buitenlucht vindt plaats in een warmtewisselaar of luchtmengkast. De opgewarmde buitenlucht wordt vervolgens vanuit geperforeerde leidingen boven de mestbanden over de mest geblazen. In de winter is de opwarming vaak onvoldoende en kan er naverwarmd worden om condensvorming in de leidingen te voorkomen. Zie voor een meer uitvoerige beschrijving van de systemen met mestbanddroging Van de Weerdhof en Evers (1994).

Als uitgangspunt van de berekeningen is uitgegaan van een mestbandbatterij waarbij de lucht via een warmtewisselaar wordt opgewarmd. Om het gehele jaar de mest op minimaal 550 gr droge stof/kg te kunnen afleveren is een warmte-element tussengevoegd waarmee de lucht desgewenst aanvullend verwarmd wordt. Door het verwarmen van de lucht wordt de relatieve vochtigheid van de lucht verlaagd waardoor de wateropnamecapaciteit vergroot wordt. Uit onderzoek (Reuvenkamp, 1994) is gebleken dat het gehele jaar mest van minimaal 550 gr droge stof per kg geproduceerd kan worden indien de lucht, die over de mest geleid wordt, een temperatuur heeft van minimaal 17°C.

De produktie per gemiddeld aanwezige hen per jaar wordt bij mestbanddroging van 55 kg verminderd tot 22 kg (WUM, 1994). Voor een bedrijf met 35.000 henplaatsen, met gemiddeld 32.500 aanwezig op het bedrijf, is de uiteindelijke mestproduktie 715 ton. De ammoniakemissie tijdens de mestdroging in de stal bedraagt 35 gr per dierplaats per jaar (Anoniem, 1994). Uitgedrukt in hoeveelheid stikstof per gemiddelde aanwezige hen per jaar is dit 31 gr.

De extra milieu-investering op een volwaardig bedrijf met 35.000 leg-hennenplaatsen (KWIN, 1994) bedraagt f 2,50 per henplaats of f 87.500,- per bedrijf (Van de Weerdhof en Evers, 1994). Het genoemde bedrag is de extra-investering voor mestdroging, te weten: luchtkanalen boven de mestbanden, warmtewisselaar, polyethyleenslangen en bijbehorende ventilatoren. Om de lucht aanvullend te verwarmen is een investering in een verwarmingselement nodig. Hierbij worden heatelementen in het luchtkanaal geplaatst die door middel van warm water de luchttemperatuur verhogen tot minimaal 18°C. Verwarming van het water gebeurt via een HR-ketel. De investering voor ketel plus toebehoren bedraagt f 1,- per henplaats, oftewel f 35.000,- voor een volwaardig bedrijf (Janssen, 1994). In totaal bedraagt de investering voor mestbanddroging f 3,50 per henplaats.

Om de mest te drogen tot stapelbare mest (meer dan 450 gr droge stof/kg) bedraagt het elektraverbruik in de praktijk gemiddeld 1,7 kWh per henplaats en jaar (Van Horne, 1994).

Uit recent onderzoek blijkt dat het elektraverbruik kan toenemen tot 3 kWh per henplaats per jaar (Kroodtsma et al. 1995). Praktijkonderzoek Pluimveehouderij heeft recent een onderzoek gedaan, waarbij lucht met een temperatuur van minimaal 17°C over de mest wordt geleid. Uit de resul-

3.3 Leghennen

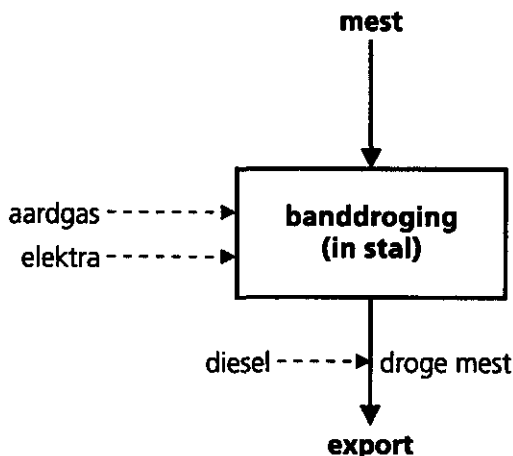
3.3.1 Inleiding

Voor de leghennenhouderij worden, naast de nulvariant, drie mestafzetketens uitgewerkt uitgaande van huisvesting in batterijen. In de leghennenhouderij worden reeds meerdere vormen van mestdroging op bedrijfsniveau toegepast in de praktijk. In deze studie zijn slechts twee vormen van mestdroging op bedrijfsniveau meegenomen.

3.3.2 Mestafzetketens

De leghen produceert mest met een drogestofgehalte van gemiddeld 220 gr/kg. Deze mest is niet verpompbaar en om die reden moet bij de afzet van drijfmest water toegevoegd worden. Op 1.000 kg mest moet 220 liter toegevoegd worden om het drogestofgehalte terug te brengen naar 180 gr/kg. Deze mest wordt in de nulvariant (L0) als drijfmest over lange afstand getransporteerd voor aanwending op bouwland. In deze studie is de ruwe mest (met een drogestofgehalte van 220 gr/kg) als basis genomen voor de berekeningen.

In de andere mestafzetketens wordt de geproduceerde mest verder gedroogd. In deze paragraaf worden bij verdere verwerking de kosten en het energieverbruik uitgedrukt per ton ruwe mest zoals door de leghen geproduceerd (drogestofgehalte 220 gr/kg). In mestafzetketen L1 wordt de ruwe mest op mestbanden met stallucht gedroogd tot droge mest met een drogestofgehalte van minimaal 550 gr/kg. Deze mest is geschikt voor export. Figuur 3.5 geeft een schematisch overzicht.



Figuur 3.5 Blokschema afzet leghennenmest in variant L1

In het begin van de jaren tachtig is door IMAG-DLO (Kroodtsma et al. 1985) het mestdrogen op bandbatterijen ontwikkeld. Hierbij wordt warme lucht over de mestbanden onder de batterij geleid waardoor de mest snel gedroogd wordt. Hierna wordt de mest regelmatig (bijvoorbeeld wekelijks) afgevoerd. Verwarming van de buitenlucht vindt plaats in een warmtewisselaar of luchtmengkast. De opgewarmde buitenlucht wordt vervolgens vanuit geperforeerde leidingen boven de mestbanden over de mest geblazen. In de winter is de opwarming vaak onvoldoende en kan er naverwarmd worden om condensvorming in de leidingen te voorkomen. Zie voor een meer uitvoerige beschrijving van de systemen met mestbanddroging Van de Weerdhof en Evers (1994).

Als uitgangspunt van de berekeningen is uitgegaan van een mestbandbatterij waarbij de lucht via een warmtewisselaar wordt opgewarmd. Om het gehele jaar de mest op minimaal 550 gr droge stof/kg te kunnen afleveren is een warmte-element tussengevoegd waarmee de lucht desgewenst aanvullend verwarmd wordt. Door het verwarmen van de lucht wordt de relatieve vochtigheid van de lucht verlaagd waardoor de wateropnamecapaciteit vergroot wordt. Uit onderzoek (Reuvenkamp, 1994) is gebleken dat het gehele jaar mest van minimaal 550 gr droge stof per kg geproduceerd kan worden indien de lucht, die over de mest geleid wordt, een temperatuur heeft van minimaal 17°C.

De produktie per gemiddeld aanwezige hen per jaar wordt bij mestbanddroging van 55 kg verminderd tot 22 kg (WUM, 1994). Voor een bedrijf met 35.000 henplaatsen, met gemiddeld 32.500 aanwezig op het bedrijf, is de uiteindelijke mestproduktie 715 ton. De ammoniakemissie tijdens de mestdroging in de stal bedraagt 35 gr per dierplaats per jaar (Anoniem, 1994). Uitgedrukt in hoeveelheid stikstof per gemiddelde aanwezige hen per jaar is dit 31 gr.

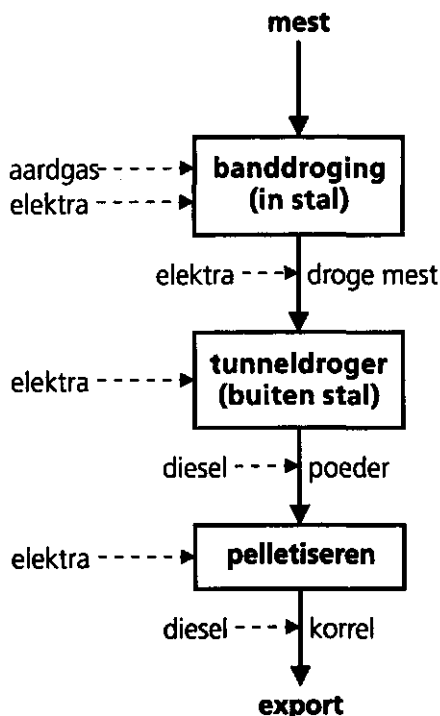
De extra milieu-investering op een volwaardig bedrijf met 35.000 leg-hennenplaatsen (KWIN, 1994) bedraagt f 2,50 per henplaats of f 87.500,- per bedrijf (Van de Weerdhof en Evers, 1994). Het genoemde bedrag is de extra-investering voor mestdroging, te weten: luchtkanalen boven de mestbanden, warmtewisselaar, polyethyleenslangen en bijbehorende ventilatoren. Om de lucht aanvullend te verwarmen is een investering in een verwarmingselement nodig. Hierbij worden heatelementen in het luchtkanaal geplaatst die door middel van warm water de luchttemperatuur verhogen tot minimaal 18°C. Verwarming van het water gebeurt via een HR-ketel. De investering voor ketel plus toebehoren bedraagt f 1,- per henplaats, oftewel f 35.000,- voor een volwaardig bedrijf (Janssen, 1994). In totaal bedraagt de investering voor mestbanddroging f 3,50 per henplaats.

Om de mest te drogen tot stapelbare mest (meer dan 450 gr droge stof/kg) bedraagt het elektraverbruik in de praktijk gemiddeld 1,7 kWh per henplaats en jaar (Van Horne, 1994).

Uit recent onderzoek blijkt dat het elektraverbruik kan toenemen tot 3 kWh per henplaats per jaar (Kroodtsma et al. 1995). Praktijkonderzoek Pluimveehouderij heeft recent een onderzoek gedaan, waarbij lucht met een temperatuur van minimaal 17°C over de mest wordt geleid. Uit de resul-

taten bleek dat de mest jaarrond minimaal 550 gr droge stof/kg had. In de praktijk wordt op enkele bedrijven gewerkt met een combinatie van extra hoeveelheid lucht (zomerperiode) met aanvullende verwarming van de lucht tijdens koudere perioden. Voor dit onderzoek is van de laatstgenoemde praktijk uitgegaan, met een elektraverbruik van 2 kWh per hen en jaar. Om de lucht na de warmtewisselaar aanvullend te verwarmen tot 18°C is op jaarbasis per hen 0,20 m³ aardgas nodig (Janssen, 1994).

In mestafzetketen L2 gaat de voorgedroogde mest via transportbanden naar een tunneldroger, die buiten de stal staat. Figuur 3.6 geeft een overzicht van de schakels in de mestafzetketen L2.



Figuur 3.6 Blokschema afzet leghennenmest in variant L2

In de berekeningen is uitgegaan van een losstaande droogtunnel naast de stal. De tunnel bestaat uit damwandprofielen en is voorzien van isolatiemateriaal. In de tunnel zijn tien polypropyleen mestbanden boven elkaar geplaatst. Stallucht wordt via ventilatoren door de tunnel gezogen, waarbij de ventilatoren in het midden van de tunnel geplaatst zijn. Voor een meer gedetailleerde technische beschrijving van droogtunnels wordt verwezen naar Demmers et al. (1992) en Van de Weerdhof en Evers (1994).

In mestafzetketens met een droogtunnel wordt de hoeveelheid mest per gemiddeld aanwezige hen per jaar gereduceerd tot 13,9 kg. Voor een bedrijf met 35.000 henplaatsen bedraagt de jaarlijkse mestproduktie 487 ton.

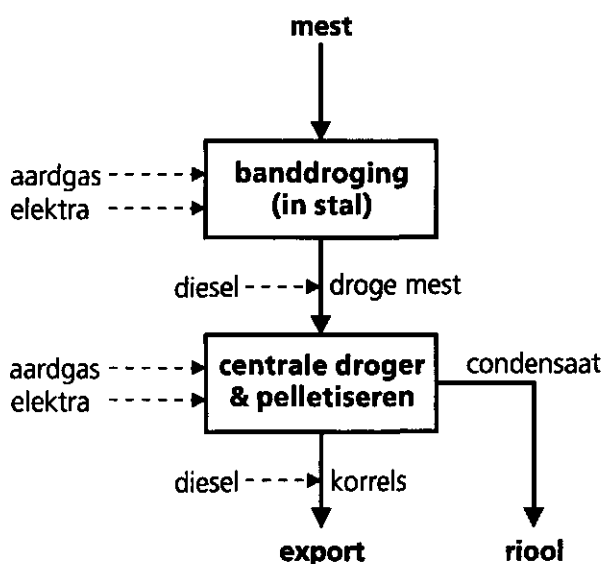
De ammoniakemissie in de beschreven droogtunnel is niet bekend. Metingen van IMAG-DLO aan een ander type droogtunnel waarin natte mest gedroogd werd, gaven een ammoniakemissie van 7 tot 21 gr ammoniak per henplaats per jaar (Demmers et al. 1992). Een tunneldroger waarin droge mest verwerkt wordt zal naar verwachting een lagere ammoniakemissie geven. In deze studie is gerekend met een ammoniakemissie van 10 gr per henplaats per jaar (8,1 gr N per gemiddeld aanwezige hen per jaar).

Er zijn meerdere soorten en typen droogtunnels in de handel. De beschreven droogtunnel is een tweede generatie tunneldroger met tien boven elkaar geplaatste mestbanden. De investering in dit type tunneldroger op een bedrijf met 35.000 hennen bedraagt f 245.000,-, ofwel f 7,- per henplaats (Kuepers, 1994). Hoewel de mogelijkheid bestaat om de droogtunnel in de stal te plaatsen wordt hier uitgegaan van een droogtunnel apart van de stal. Het investeringsbedrag is inclusief de fundering en de transportbanden om de mest van de stal naar de droogtunnel te verplaatsen. Uit praktijkervaringen blijkt inmiddels dat het mogelijk is om met een tunneldroger de mest met behulp van stallucht jaarrond te drogen tot 850 à 900 gr droge stof per kg produkt. Het elektraverbruik voor aandrijving van de banden en ventilatie in de tunnel is 3 kWh per henplaats per jaar (Kuepers, 1994). Het eindprodukt is een mestpoeder met een drogestofgehalte van 870 gr/kg. Dit mestpoeder wordt op 30 km afstand centraal gepelletiseerd tot mestkorrels en verpakt.

Als derde mestafzetketen is centrale mestverwerking van droge leghennenmest uitgewerkt (L3). Hierbij wordt stapelbare mest (550 gr droge stof/kg) van het pluimveebedrijf afgevoerd naar een centrale mestverwerker waar de mest verder gedroogd wordt tot 870 gr/kg en vervolgens gepelletiseerd. Figuur 3.7 geeft een overzicht.

In een centrale mestverwerkingseenheid wordt de voorgedroogde mest thermisch gedroogd tot mestpoeder en vervolgens gepelletiseerd. In de mestfabriek wordt jaarlijks 150.000 ton leghennenmest verwerkt. Dit betekent dat de mestproduktie verwerkt wordt van 210 standaardbedrijven met in totaal 7,35 miljoen leghennenplaatsen. De ammoniakemissie tijdens de verwerking van de mest is nihil verondersteld. Er is van uitgegaan dat de afgevangen stikstof teruggedleid wordt in de meststroom. De mest wordt in gesloten containers getransporteerd, zodat de emissie van ammoniak tijdens het transport verwaarloosbaar is.

De totale investering in de mestfabriek bedraagt f 38,2 miljoen. Op basis van een afschrijvingstermijn van tien jaar zijn de jaarkosten voor afschrijving en rente 13,5%. De onderhoudskosten per jaar zijn 3% van de investering. In de fabriek werken twintig personeelsleden. Tevens zijn er kosten voor elektriciteit, aardgas, verpakking van de mestkorrels, heffing effluent, overhead en diversen. Na zuivering in de bij de droger behorende installatie wordt effluent op het riool geloosd. Gerekend is met een ge-



Figuur 3.7 Blokschema afzet leghennenmest in variant L3

middelste samenstelling van 20 mg BZV en 10 gr N per kg. In paragraaf 2.3 zijn de overige uitgangspunten rondom centrale droging van mest beschreven.

3.3.3 Resultaten

De omvang en samenstelling van de stofstromen voor afzetketens van leghennen is gegeven in tabel 3.7. In bijlage 4 is meer gedetailleerd overzicht gegeven van de kosten voor mestband- en tunneldroging en centrale verwerking van leghennenmest.

Tabel 3.7 Hoeveelheid en gehalten van ruwe mest en eindprodukten voor de mestafzetketens in de leghennenhouderij

	Eenheid	Ruwe mest	Drijfmest L0	Droge mest L1	Mestkorrel L2	Mestkorrel L3
Massa	kg	1.000	1.220	400	253	253
Droge stof	gr/kg	220	180	550	870	870
Stikstof	gr N/kg	16,0	13,1	40,0	62,6	63,2
Fosfor	gr P/kg	3,97	3,25	9,93	15,7	15,7
Kalium	gr K/kg	6,67	5,46	16,7	26,4	26,4

Bij mestafzetketen L1 wordt 1.000 kg ruwe mest teruggebracht tot 400 kg. Bij verdere droging (L2 en L3) resteert 253 kg mestkorrel. Het energieverbruik voor de gehele keten wordt weergegeven in tabel 3.8.

Tabel 3.8 Overzicht van energieverbruik van diverse onderdelen van afzet van leghennenmest, onderverdeeld naar aardgas, elektra en dieselolie; in MJ per ton ruwe mest

	Totaal	Aardgas	Elektra	Diesel
a-Transport naar akkerbouw	136			136
b-Aanwenden akkerbouw	81			81
c-Mestbanddroging	246	115	131	
d-Transport vaste mest (export)	80			80
e-Aanwenden vaste mest	126			126
f-Tunneldroger	212		212	
g-Transport mestpoeder	7			7
h-Pelletiseren en verpakken (centraal)	36		36	
i-Transport naar fabriek	12			12
j-Drogen (mestfabriek)	881	674	207	
k-Transport en aanwenden mestkorrel	189			189
Totaal L0 (a,b)	220			220
Totaal L1 (c,d,e)	450	120	130	210
Totaal L2 (c,f,g,h,k)	690	120	380	200
Totaal L3 (c,i,j,k)	1.300	790	340	200

Transport en aanwending van drijfmest (L0) vraagt 220 MJ per ton mest. Het energieverbruik voor mestbanddroging en export van droge mest neemt toe tot 450 MJ per ton ruwe mest. Het eindprodukt van mestafzetketen L2 en L3 is een mestkorrel die in het buitenland wordt afgezet. Uit tabel 3.8 blijkt dat droging op bedrijfsniveau (L2) in een tunneldroger energetisch efficiënter is dan centraal in een mestfabriek (L3). In variant L2 kan gebruik gemaakt worden van warme stallucht, waardoor zonder aanvullende verwarming de mest gedroogd kan worden tot mestpoeder. Variant L2 is energetisch gunstiger dan L3 als alleen rekening wordt gehouden met directe energiebehoefte. Een samenvatting van de kosten van de mestafzetketen wordt gegeven in tabel 3.9.

De kosten voor afzet van natte pluimveemest bedragen f 32,- per ton ruwe mest. Door de kosten van de investering van een beluchtingssysteem en de energiekosten nemen de kosten voor variant L1 toe tot f 39,- per ton. De kosten voor verwerking tot mestkorrels in mestafzetketen L2 en L3 zijn vergelijkbaar. Dit betekent dat voor een leghennenhouder de jaarkosten van een losstaande tunneldroger niet veel hoger zijn dan voor centrale mestverwerking. Zoals reeds aangegeven bij tabel 3.8 is het energieverbruik bij droging op bedrijfsniveau duidelijk lager.

Worden de kosten gecorrigeerd voor de opbrengsten danwel bijbetalingen, dan zijn de netto-kosten per ton ruwe mest voor de vier varianten respectievelijk f 26,-, f 24,-, f 30,- en f 21,-. Variant L3 blijkt netto de voordeligste variant te zijn, gegeven de opbrengst van de mestkorrels. Voor een pluimveehouder is mestbandbeluchting een bedrijfseconomisch verantwoorde keuze. Temeer omdat bij het ontbreken van mestbandbeluchting de pluimveehouder te maken krijgt met hoge opslagkosten voor drijfmest en een hogere overschotheffing. Deze voordelen van mestbanddroging zijn niet ingerekend.

Tabel 3.9 Overzicht van kosten van diverse onderdelen van afzet van leghennenmest in f/ton ruwe mest, f/(dier/jaar) en f/ton korrel

	Kosten per		
	ton ruwe mest	dier/jaar	ton korrel
a-Transport naar akkerbouw	21,10	1,16	
b-Aanwenden akkerbouw	10,60	0,58	
c-Mestbanddroging	18,30	1,01	72,50
d-Transport vaste mest (export)	14,00	0,77	
e-Aanwenden vaste mest	6,84	0,38	
f-Tunneldroger	30,60	1,68	121,00
g-Transport mestpoeder	1,72	0,09	6,82
h-Pelletiseren en verpakken	17,70	0,97	70,00
i-Transport naar fabriek	2,73	0,15	10,79
j-Drogen (mestfabriek)	37,90	2,08	150,00
k-Transport en aanwenden mestkorrel	30,40	1,67	120,00
l-Verkoop en distributie	32,90	1,81	130,00
Totaal L0 (a,b)	32	1,70	-
Totaal L1 (c,d,e)	39	2,20	-
Totaal L2 (c,f,g,h,k,l)	130	7,20	520
Totaal L3 (c,i,j,k,l)	120	6,70	480

Zoals reeds aangegeven in tabel 3.8 is het energieverbruik bij droging op bedrijfsniveau duidelijk lager. De kosten zijn berekend voor een standaardbedrijf (1,0 VAK). Voor kleine bedrijven zullen investeringen op boerderij-niveau echter relatief ongunstig uitpakken. Dit kan de keuze voor verschillende mestafzetvarianten beïnvloeden.

De energiekosten van mestbanddroging in de keten L1, L2 en L3 bedragen 38,2% van de totale kosten van mestbanddroging. Voor de tunneldroger in afzetketen L2 is dat 28,8%. Voor de droger in L3 bedraagt het aandeel energiekosten 18,0% van de totale kosten van de drooginstallatie.

3.4 Vleeskuikens

3.4.1 Inleiding

In de vleeskuikenhouderij worden kuikens gehouden in strooiselstallen. Na het afleveren van de kuikens wordt alle mest uit de stal verwijderd en direct van het bedrijf afgevoerd. De vleeskuikenmest wordt momenteel voor een deel verwerkt tot champignoncompost en ook voor een groot deel centraal verwerkt en vervolgens geëxporteerd. Afzet binnen Nederland vindt veelal plaats naar de akkerbouw.

3.4.2 Mestafzetketens

Door de reguliere leegstand op de vleeskuikenbedrijven is de bezettingsgraad gemiddeld 74,9%. Dit betekent dat door leegstand en uitval op jaarbasis per kuikenplaats 0,749 kuikens aanwezig is. De mestproductie per aanwezig kuiken is 10 kg per jaar (WUM, 1994). Een bedrijf met 50.000 kuikenplaatsen met gemiddeld 37.500 kuikens produceert dus 375 ton mest per jaar. Na centrale verwerking is deze hoeveelheid teruggebracht tot 259 ton mestkorrels.

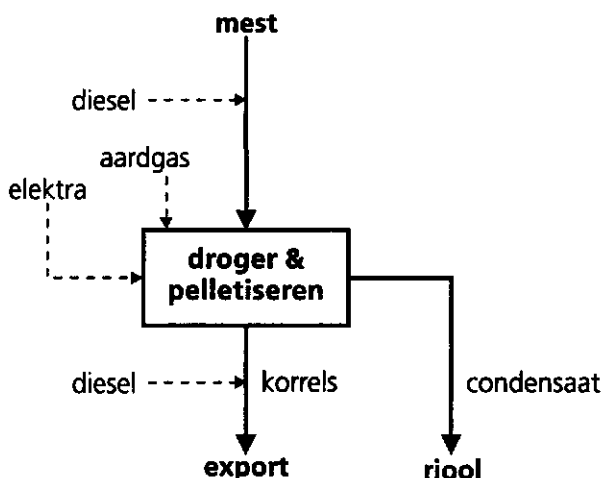
De ammoniakemissie tijdens de stalperiode is 50 gr per dierplaats per jaar (Anoniem, 1994). Per gemiddeld aanwezig dier en uitgedrukt in gr stikstof bedraagt de emissie 55 gr per jaar.

In de basisvariant wordt mest van vleeskuikens direct afgezet naar een afnemer. Gerekend is met een transportafstand van 150 km, waarbij de mest wordt uitgereden op bouwland.

Vanaf de vleeskuikenbedrijven wordt droge vleeskuikenmest, met een drogestofgehalte van 600 gr/kg, aangevoerd bij de mestfabriek. Deze mest wordt in een centrale mestfabriek in een indirecte droger (zie paragraaf 2.3) gedroogd tot 870 gr droge stof/kg en vervolgens gepelletiseerd tot mestkorrels. Figuur 3.8 geeft het stroomschema voor verwerking van vleeskuikenmest (S1).

De mestfabriek heeft een jaarcapaciteit van 150.000 ton mest. Dit betekent dat de mestproductie verwerkt wordt van 400 bedrijven. Per vleeskuikenbedrijf zijn op jaarbasis gemiddeld 37.500 kuikens aanwezig (50.000 kuikenplaatsen), zodat in totaal op alle bedrijven 15 miljoen kuikens aanwezig zijn (20 miljoen kuikenplaatsen). Voor de gehele sector, met in 1993 ruim 45 miljoen kuikens tijdens de Meitelling, kan door drie mestfabrieken de gehele mestproductie verwerkt worden tot korrels. Doordat de vleeskuikenhouderij geconcentreerd is in Zuid- en Oost-Nederland is de gemiddelde afstand tussen vleeskuikenbedrijf en fabriek geschat op 20 km.

De totale investering in de mestfabriek bedraagt f 35,6 miljoen. Op basis van een afschrijvingstermijn van tien jaar bedragen de kapitaalslasten 13,5% van de investering. De jaarlijkse onderhoudskosten zijn gesteld op 3% van de investering. In de fabriek werken twintig personen. Tevens zijn er kosten voor elektriciteit, aardgas, verpakking van de mestkorrels, heffin-



Figuur 3.8 Blokschema afzet vleeskuikenmest in variant S1

gen, overhead en diversen. Na zuivering wordt effluent op het riool geloosd. Hiervoor wordt een heffing betaald. Gerekend is met een gemiddelde samenstelling van 20 mg BZV en 10 gr N per kg. Voor een verdere uitleg omtrent de hoogte van de heffing en de overige uitgangspunten voor energieverbruik en kosten van centrale mestverwerking wordt verwezen naar paragraaf 2.3.

3.4.3 Resultaten

De omvang en samenstelling van de stofstromen voor afzetketen voor vleeskuikens is gegeven in tabel 3.10.

Bij centrale verwerking wordt per ton ruwe mest 310 kg water verdampt wat resulteert in 690 kg korrel. Het energieverbruik van de mestfabriek en de overige schakels in de mestafzetketen worden weergegeven in tabel 3.11.

Per ton geproduceerde mest is het energieverbruik bij aanwending in Nederland 420 MJ (S0). In geval van mestverwerking neemt het energieverbruik toe tot 1.900 MJ (S1). Van dit energieverbruik is 71% toe te rekenen aan de mestverwerking. Een samenvatting van de kosten van de mestafzetketens wordt gegeven in tabel 3.12. In bijlage 5 is een meer gedetailleerd overzicht gegeven van de kosten van centrale mestverwerking.

Bij afzet van onbewerkte vleeskuikenmest (150 km transport en aanwending) bedragen de kosten f 36,- per ton ruwe mest. Onbewerkte vleeskuikenmest kan over de genoemde afstand binnen Nederland, maar ook in België of Duitsland afgezet worden. Bij centrale verwerking nemen de kosten toe tot f 270,- per ton ruwe mest. In vergelijking met andere sectoren zijn de kosten per ton ruwe mest hoog, maar dit wordt veroorzaakt door

Tabel 3.10 *Hoeveelheid en gehalten van ruwe mest en eindprodukt (mestkorrels) voor de mestafzetketens in de vleeskuikenhouderij*

	Eenheid	S0 ruwe mest	S1 mestkorrels
Massa	kg	1.000	690
Droge stof	gr/kg	600	870
Stikstof	gr N/kg	56,5	81,9
Fosfor	gr P/kg	10,0	14,6
Kalium	gr K/kg	28,3	41,1

Tabel 3.11 *Overzicht van het energieverbruik van diverse onderdelen in de mestafzetketen van vleeskuikenmest, onderverdeeld naar aardgas, elektra en dieselolie (MJ per ton ruwe mest)*

	Totaal	Aardgas	Elektra	Diesel
a-Transport naar akkerbouw	100			100
b-Aanwenden mest akkerbouw	316			316
c-Transport naar fabriek	29			29
d-Drogen (mestfabriek)	1.360	1.180	183	
e-Transport en aanwenden korrel	516			516
Totaal S0 (a,b)	420			420
Totaal S1 (c,d,e)	1.900	1.200	180	550

Tabel 3.12 *Overzicht van de kosten van diverse onderdelen van afzet van vleeskuikenmest in f/ton ruwe mest, f/(dier/jaar) en f/ton korrel*

	Kosten per		
	ton ruwe mest	dier/jaar	ton korrel
a-Transport naar akkerbouw	18,70	0,19	-
b-Aanwenden mest akkerbouw	17,10	0,17	-
c-Transport naar fabriek	6,82	0,07	9,89
d-Drogen (mestfabriek)	89,80	0,90	130,00
e-Transport en aanwenden korrel	82,80	0,82	120,00
f- Verkoop en distributie	89,70	0,90	130,00
Totaal S0 (a,b)	36	0,36	-
Totaal S1 (c,d,e,f)	270	2,70	390

het hoge drogestof-percentages van de ruwe mest. Hierdoor moeten de kosten van het produceren van mestkorrels over relatief weinig tonnen ruwe mest verdeeld worden.

Als de kosten worden gecorrigeerd voor de opbrengsten zijn de nettokosten per ton ruwe mest voor de beide varianten respectievelijk f 9,- en -f 7,-. Bij de gekozen uitgangspunten komt variant S1 hierdoor gunstiger uit dan S0. De energiekosten van de droger in keten S1 bedragen 16,9% van de totale kosten van de installatie.

3.5 Melkvee

3.5.1 Inleiding

Melkveebedrijven zijn verspreid over geheel Nederland. Ten aanzien van veebezetting en bedrijfsvoering zijn regionaal verschillen te onderkennen. In het licht van deze studie wordt onderscheid gemaakt tussen bedrijven in de regio Noord-/West-Nederland en Zuid-/Oost-Nederland, conform de Werkgroep Uniformering Mestcijfers (WUM, 1994). Voor ZO-Nederland geldt dat de veebezetting per hectare het hoogst is en dat bij het geleidelijk verlagen van de gebruiksnormen voor dierlijke mest, zoals de mestwetgeving thans voorziet, bedrijven in deze regio het eerst te maken krijgen met een mestoverschot. Deze bedrijven zullen dus als eerste gebruik moeten maken van de hier beschreven varianten van mestafzet. Voor de korte termijn worden geen andere mogelijkheden als realistisch verondersteld.

Voor de berekeningen is een gemiddeld melkveebedrijf gehanteerd, zoals dat in gebieden met hoge veebezetting voorkomt. De bedrijfsgrootte bedraagt 55 melkkoeien. Bij een vervangingspercentage van 30% hoort daarbij als jongvee: 22 vaarskalveren en 21 pinken (Holwerda et al. 1994). Gebruikmakend van de uitscheidingscijfers, zoals die voor de betreffende diercategorieën vastgesteld zijn over 1993 (CBS, 1995), kan berekend worden dat een dergelijk bedrijf op jaarbasis ruim 1.600 m³ mest produceert. Bij het berekenen van de gemiddelde samenstelling van de mest is rekening gehouden met de ammoniakemissie uit de stal volgens de Interimwet Ammoniak en Veehouderij (Anoniem, 1994). Voor een bedrijf met bovengenoemde omvang betekent dit een jaarlijkse stalemissie van bijna 540 kg stikstof in de vorm van ammoniak.

Bij berekeningen met mest die voor verwerking in aanmerking komt is rekening gehouden met het feit dat een deel van de mest die door de dieren in de weideperiode geproduceerd wordt, rechtstreeks in het weiland terecht komt. Als gevolg daarvan komen van de eerder genoemde 1.600 m³ slechts 1.080 m³ in de stal terecht bij een standaardbedrijf. Bovendien is de samenstelling van de mest tijdens de stalperiode en de weideperiode anders. Bovenstaande aspecten geven uiteindelijk aanleiding tot een gemiddelde samenstelling van de te verwerken mest zoals die in tabel 3.13 onder ruwe mest vermeld staat.

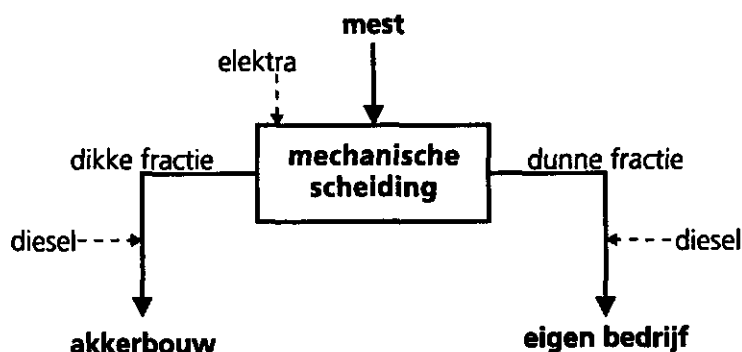
Voor het doorrekenen van de verschillende mestafzetvarianten is uitgegaan van 180.000 m³ ruwe mest, wat overeenkomt met 167 hierboven gedefinieerde standaardbedrijven met in totaal ruim 9.100 melkkoeien met daarbij behorend jongvee.

3.5.2 Mestafzetketens

Als basisvariant (M0) wordt de gangbare praktijk van dit moment genomen. Alle op het bedrijf geproduceerde mest blijft op het eigen bedrijf. Omwille van de eenvoud wordt uitsluitend gerekend met toedieningskosten van uitrijden op grasland met een zodebemester.

In de praktijk wordt ook mest uitgereden op mais.

Variant M1 voorziet in een bewerkingsstap op boerderij-niveau (figuur 3.9). Daartoe wordt een mechanische scheider ingezet, waarmee de mest uit de stal gescheiden wordt in een dunne en dikke fractie. De dunne fractie blijft op het eigen bedrijf en wordt emissie-arm uitgereden. De dikke fractie wordt per container afgevoerd naar een akkerbouwgebied. Voor de opslag van de mengmest tijdens periodes waarin uitrijverboden van kracht zijn, is op het bedrijf mestopslag buiten de stal aanwezig. In de berekening is ervan uitgegaan dat de bestaande silo gebruikt wordt voor de opslag van de dunne fractie en worden geen extra kosten voor opslag in vergelijking met de bestaande situatie in rekening gebracht. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat dikke fractie van melkveemest bewerkbaar is. In de praktijk is daarmee nog weinig ervaring.



Figuur 3.9 Blokschema afzet mengmest van een melkveebedrijf in variant M1

Mechanische scheiding is vooralsnog de enige techniek die beschikbaar is voor scheiding van deze mestsoort (Willers en Ten Have, 1994). Uitgaande van een capaciteit van de mechanische scheider van 5 m³ ingaande mest/uur (Boomaerts en Krebbers, 1994), kan daarmee per scheider de mest van negen bedrijven van de aangegeven omvang verwerkt worden. Daarbij

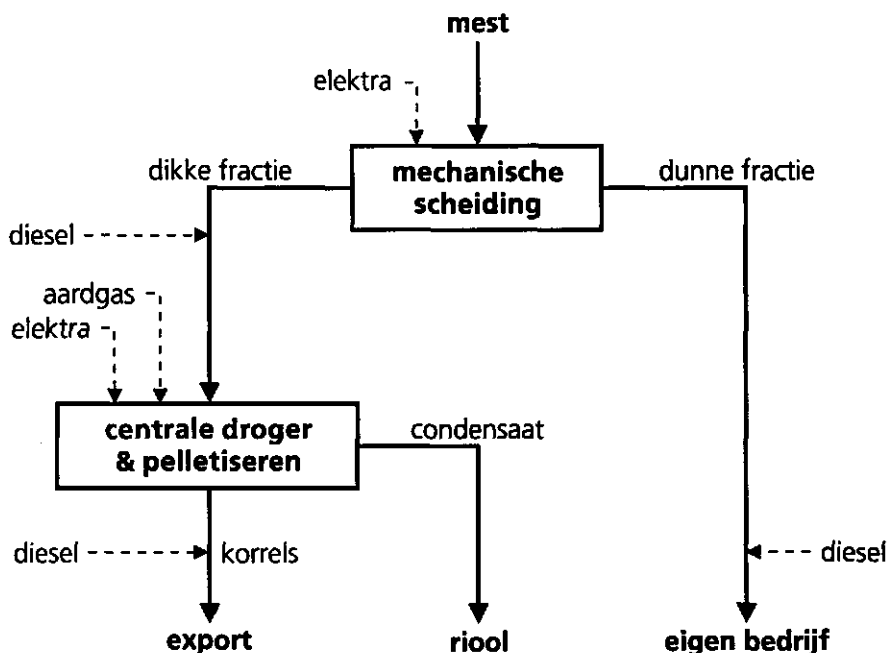
wordt ervan uitgegaan dat mestscheiding het hele jaar door toegepast wordt, gedurende vijf dagen per week, gemiddeld acht uur per dag. Aangenomen is dat de scheider tussen de bedrijven rouleert. Bovendien is aangenomen dat bedrijven voldoende opslagcapaciteit hebben voor de nog onbewerkte mest en de dunne fractie om een periode waarin een uitrijverbod van kracht is te overbruggen. Bij opslag wordt ervan uitgegaan dat de periode van opslag van mest of zo kort is of dat de opslag op een zodanige wijze geschiedt dat de ammoniakemissie in de betreffende periode verwaarloosbaar is met betrekking tot de samenstelling van de mest of mestfractie. Voor scheiding van de mest van de genoemde 167 bedrijven zijn in totaal achttien mestscheiders nodig.

Verondersteld is dat scheiding van rundermengmest resulteert in een dikke fractie met 26% van de massastroom en 62% van de droge stof. De dikke fractie (Kroodsma en Poelma, 1985). Daarbij wordt geen gebruik gemaakt van toeslagstoffen om de scheiding te optimaliseren. Het betrekkelijk lage rendement voor fosfor hangt samen met het gebruikte scheidingsprincipe. Via mechanische scheiding worden met name de grove vaste delen uit de mest afgescheiden, wat voor rundveemest betekent dat niet of slechts gedeeltelijk verteerde plantendelen afgescheiden worden. Fosfor is weliswaar voor een belangrijk deel in niet-opgeloste vorm in de mest aanwezig, maar wel in de vorm van zeer kleine deeltjes. Door middel van centrifugerende kunnen deze deeltjes wel, maar met een mechanische scheider kunnen ze niet uit de mest afgescheiden worden. Het energieverbruik bij de mechanische scheiding wordt geschat op $1,6 \text{ kWh/m}^3$ ingaande mest (Boomaerts en Krebbers, 1994, Verdoes et al. 1992). Investeringskosten worden per scheider geschat op f 50.000,-, waarin beperkte bouwkundige aanpassingen, zoals een betonplaat en aansluitpunten voor de scheider, per bedrijf inbegrepen zijn. De extra arbeidsinzet van de veehouder wordt geschat op twee uur per dag voor toezicht en bijkomende werkzaamheden.

Een uitgangspunt is dat de dikke fractie wordt afgezet in een akkerbouwgebied. Op dit moment is nog onduidelijk of transport, overslag en gebruik van een dergelijke dikke fractie voor complicaties zorgt ten aanzien van de hanteerbaarheid. Hier is gerekend met transportkosten en aanwendkosten van stapelbare pluimveemest.

In variant M2 wordt behalve mechanische scheiding op boerderij-niveau droging van de dikke fractie in een centrale droger toegepast. Voor droging van de vrijkomende dikke fractie van de mechanische scheider is een droger noodzakelijk met een capaciteit van vijf ton waterverdamping per uur. Deze is gedetailleerd beschreven in paragraaf 2.3.2. In figuur 3.10 is het blokschema gegeven van variant M2.

Aanvoer van dikke fractie naar de centrale droger vindt gedurende het gehele jaar plaats. Hierdoor kan de droger volcontinu werken, wat voor een installatie met dergelijke hoge investeringskosten (circa f 30 miljoen) wenselijk is. De capaciteit van de gekozen droger (vijf ton waterverdamping per uur), komt overeen met de standaarddroger in paragraaf 2.3.2. Aangenomen is dat alle dikke fractie van een bedrijf naar de droger afgezet wordt. In dat geval kan de droger de dikke fractie van de eerder genoemde



Figuur 3.10 Blokschema afzet mengmest van een melkveebedrijf in variant M2

167 standaardbedrijven verwerken. Dit is in totaal een verwerking van 46.500 ton dikke fractie per jaar.

De dikke fractie wordt afgevoerd naar een centrale droger over een gemiddelde afstand van 30 km enkele reis, met behulp van transportmiddelen geschikt voor het vervoer van niet-verpompbare mest. Daar vindt droging en verwerking plaats met loosbaar condensaat en een exporteerbare korrel als eindresultaat. Hoewel de verontreiniging in het condensaat van een goed lopende installatie gering is door interne reiniging, wordt het condensaat in de regel niet rechtstreeks op het oppervlaktewater geloosd maar via het riool afgevoerd. Om die reden is hierover een heffing verschuldigd. Gerekend is hier met een gemiddelde condensaat-samenstelling van 20 mg BZV/kg en 10 mg N/kg, wat resulteert in een heffing van f 0,16 per m³ condensaat.

3.5.3 Resultaten

Stofstromen

De omvang en samenstelling van de belangrijkste stofstromen in de afzetketens voor melkveemengmest zijn gegeven in tabel 3.13. Voor een volledige beschrijving van de energie- en massabalans bij deze afzetketens

Tabel 3.13 *Hoeveelheid en gehalten van ruwe mest en eindprodukten van de diverse varianten voor de sector melkvee; gehalten in g/kg materiaal*

	Eenheid	Ruwe mest M0	Dunne fractie M1 en M2	Dikke fractie M1	Mestkorrels M2
Massa	kg	1.000	740	260	64,1
Droge stof	gr/kg	90,0	46,2	215	870
Stikstof	gr N/kg	5,59	5,51	5,81	23,5
Fosfor	gr P/kg	0,81	0,72	1,08	4,37
Kalium	gr K/kg	5,68	5,91	5,04	20,4

wordt verwezen naar bijlage 6. In deze bijlage is ook een overzicht gegeven van de opbouw van de kosten van verwerking van melkveemengmest.

Uit tabel 3.13 volgt dat door mechanische scheiding de vaste fractie een hoger fosforgehalte heeft dan de ruwe mest. Berekend kan worden dat met circa een kwart van de massa circa een derde deel van de totale hoeveelheid fosfor afgevoerd wordt.

Door de toepassing van mestverwerking in meer of mindere uitgebreide vorm stijgt het energieverbruik. Tabel 3.14 geeft een overzicht van de vorm en omvang van het energieverbruik per onderdeel.

Tabel 3.14 *Overzicht van energieverbruik van diverse onderdelen van afzet van melkveemengmest, onderverdeeld naar aardgas, elektra en dieselolie (MJ/ton ruwe mest)*

Onderdeel	Totaal	Aardgas	Elektra	Diesel
a-Aanwenden mest eigen bedrijf	17,5			17,5
b-Mechanische scheiding	5,8		5,8	
c-Aanwenden dunne fractie eigen bedrijf	13,0			13,0
d-Transport en aanwenden vaste fractie	36,2			36,2
e-Transport vaste mest naar droger	7,0			7,0
f-Drogen vaste fractie	806	744	62,1	
g-Transport en aanwenden mestkorrel	46,3			46,3
Totaal M0 (a)	18			18
Totaal M1 (b,c,d)	55		6	49
Totaal M2 (b,c,e,f,g)	880	740	68	66

Het energieverbruik bij mestafzetketen M1 is circa drie maal hoger dan bij de basisvariant, wat met name veroorzaakt wordt door de hoge energiebehoefte bij het aanwenden van de vaste fractie. Zoals bij andere afzetketens in deze studie verhoogt het drogen van de mest het energieverbruik beduidend. Het totale energieverbruik in variant M2 is circa vijftig maal hoger dan in M0. Tabel 3.15 geeft een overzicht van de kosten, verbonden aan de mestafzet, wanneer afzetketen M1 of M2 geïntroduceerd wordt.

Tabel 3.15 Overzicht van de kosten van diverse onderdelen van afzet van melkvee-mengmest, onderverdeeld naar f/ton ruwe mest, f/(melkkoe/jaar) en f/ton korrel

	Kosten in gulden per		
	ton ruwe mest	melkkoe/jaar	ton korrel
a-Aanwenden mest eigen bedrijf	6,25	122,00	
b-Mechanische scheiding	2,08	40,60	32,40
c-Aanwenden dunne fractie eigen bedrijf	4,63	90,50	72,10
d-Transport en aanwenden vaste fractie	9,31	182,00	
e-Transport vaste mest naar droger	1,21	23,70	18,90
f-Drogen vaste fractie	46,70	915,00	729,00
g-Transport en aanwenden mestkorrel	7,70	151,00	120,00
h-Verkoop en distributie	8,34	163,00	130,00
Totaal M0 (a)	6	120	
Totaal M1 (b,c,d)	16	310	
Totaal M2 (b,c,e,f,g,h)	71	1.400	1.100

Drogen van de vaste fractie van melkveemengmest betekent een verhoging van de mestafzetkosten met circa een factor 12. Toepassen van alleen mestscheiding op bedrijfsniveau met afvoer van de vaste fractie naar de akkerbouw leidt tot een verhoging van de mestafzetkosten met een factor 2,5. Worden de kosten gecorrigeerd voor de opbrengsten danwel bijbetalingen, dan zijn de netto-kosten per ton ruwe mest voor de drie varianten respectievelijk f 6,-, f 16,- en f 45,-. Afzet op het eigen bedrijf blijft de goedkoopste optie. Variant M2 wordt minder duur.

Van de totale kosten van de mechanische scheider in de ketens M1 en M2 bedraagt het aandeel energiekosten 11,5%. Het aandeel energiekosten van de totale kosten van de drooginstallatie in keten M2 bedraagt 16,4%.

3.6 Vleeskalveren

3.6.1 Inleiding

Vleeskalveren worden gevoerd met kunstmelk, soms aangevuld met enig ruwvoer. Als gevolg van het verstrekken van dit goed verteerbare voer heeft de mest een zeer laag drogestofgehalte van ongeveer 15-20 gr/kg en bevat het relatief weinig niet-opgeloste bestanddelen. Hoewel er sprake is van mengmest wordt deze mestsoort vanwege het lage drogestofgehalte in de praktijk met (kalver)gier aangeduid. Kalvergier wordt over het algemeen als meststof over gras- en bouwland uitgereden. Als gevolg van het lage gehalte aan plantevoedende bestanddelen, de slechte opname van gras waarover deze mest is uitgereden door het grazende vee, de geringe oppervlakte eigen grond, tezamen met de hoge concentratie van deze dieren in bepaalde streken, is het al sinds de jaren zestig moeilijk om afnemers voor

kalvergier te vinden. Vanwege dit feit is in het grootste concentratiegebied, de Veluwe, vanaf de jaren zeventig gewerkt aan een alternatieve oplossing in de vorm van gecentraliseerde zuivering.

Een volwaardig vleeskalverbedrijf omvat 600 dierplaatsen. In de praktijk worden kalveren vaak gemest op kleine eenheden, als tak op een gemengd bedrijf. De jaarlijkse mestproduktie per kalverplaats is, op basis van WUM-cijfers (CBS, 1995), 3.500 kg. De excretie van N-verbindingen bedraagt 10,6 kg per kalverplaats en per jaar. Voor de emissie vanuit de stal is per kalverplaats en per jaar 1,24 kg N aangehouden, zodat er 9,36 kg N in de af te voeren mest overblijft (Anoniem, 1994).

3.6.2 Mestafzetketens

In de basisvariant (K0) wordt de kalvergier over een afstand van 30 km getransporteerd naar de afnemer en er is emissie-arm aangewend.

Bij de variant K1 is verondersteld dat de gier in een KGBI wordt behandeld. De gier wordt over een gemiddelde afstand van 10 km, met tankwagens van 22 ton, aangevoerd naar een KGBI met een capaciteit van 200.000 m³/j. Deze mest is afkomstig van 57.000 dierplaatsen, aanwezig op 95 bedrijven.

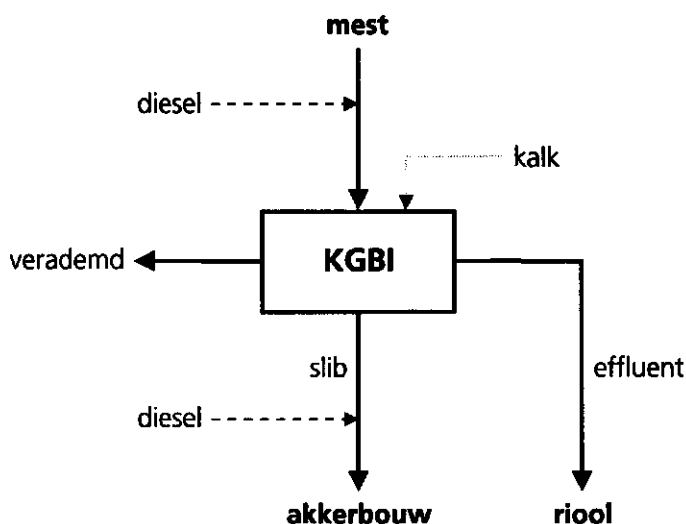
Door middel van een aëroob actief-slibproces wordt de organische stof voor een groot deel verwijderd en afgebroken, terwijl stikstof door middel van nitrificatie en denitrificatie grotendeels in het onschadelijke stikstofgas wordt omgezet (Willers et al. 1993). Aangenomen is dat 25% van de droge stof wordt verademd en dat 80% van de N in stikstofgas wordt omgezet (Willers en Ten Have, 1991). Daarnaast wordt het grootste deel van het fosfaat neergeslagen door toevoeging van 2,25 kg Ca(OH)₂ per ton gier in een suspensie met 100 gr droge stof/kg. De gezuiverde vloeistof wordt door bezinking van het actief-slib gescheiden en vervolgens op het riool geloosd. Het effluent bevat 100 mg BZV/l en 50 mg N-Kj/l. Hiervoor wordt reinigingsheffing betaald. Er vindt voortdurend aangroei van actief-slib plaats. Het surplus hiervan, vermeerderd met het fosfaatneerslag, bedraagt 9 kg per ton gier. Dit slib wordt door indikking onder zwaartekracht ingedikt tot een drogestofgehalte van 60 gr/kg. Per ton gier resulteert op deze wijze 0,15 ton verwerkte kalvergier, die per as naar de akkerbouw wordt getransporteerd. De investering van de KGBI bedraagt f 9 miljoen. De installatie wordt in vijftien jaar afgeschreven. De kosten van onderhoud zijn op 2% van de investering gesteld.

Er is een directe personeelsbehoefte verondersteld van twee personen, te weten een gierontvanger en een operator. Voorts is aangenomen dat er een organisatie is die meerdere van deze installaties beheert. Diverse activiteiten zoals de aanvoer van de gier, de afvoer van de verwerkte kalvergier, de technologische begeleiding en de personele en financiële administratie worden door deze organisatie verzorgd. De kosten hiervan zijn gesteld op f 1,- per ton gier.

Het energieverbruik bestaat, afgezien van een te verwaarlozen hoeveelheid voor verwarming van de bedrijfsgebouwen, vrijwel geheel uit elek-

trische energie. Het grootste deel hiervan is nodig voor de aandrijving van de compressoren van de beluchtingsbassins. De ervaring met de laatste generatie KGBI's leert dat het energieverbruik van een KGBI 10 kWh per ton gier bedraagt (Van Veen, 1995). Figuur 3.11 laat een beknopt blokschema van het proces zien.

Bij variant K2 zijn vier installaties van de hiervoor genoemde capaciteit nodig om een droger te voorzien van voldoende invoer van bewerkte kalvergier. Deze vier installaties nemen alle gier af van 381 bedrijven met 229.000 dierplaatsen. Het surplusslib wordt op iedere installatie met behulp van een decanteercentrifuge, onder toevoeging van een vlokmiddel, ingedikt tot 170 gr droge stof/kg. Het is dan min of meer steekvast. Als vlokmiddel wordt een oplossing van polyelektrolyt gebruikt in een concentratie van 1 gr droge stof/kg. Het verbruik bedraagt 3 gr droge stof/kg slib. Er resteert 53 kg ontwaterd slib per ton gier.



Figuur 3.11 Blokschema afzet vleeskalverenmest in variant K1

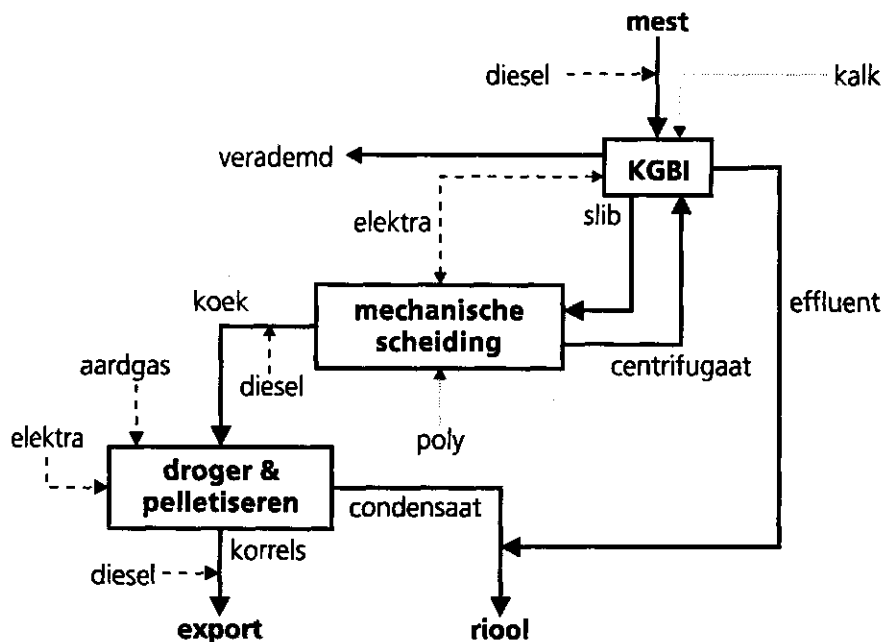
Op het terrein van een van de KGBI's is een (indirecte) droger aanwezig, zoals beschreven in paragraaf 2.3.2. De centrifugekoek wordt met behulp van vrachtauto's (laadvermogen dertig ton) over een afstand van 30 km naar deze drooginstallatie gebracht. In de droger wordt het merendeel van het water verdampt. Het droge poeder (10 kg per ton gier, met 870 gr droge stof/kg) wordt gepelletiseerd, in plastic zakken verpakt, waarna het geheel met krimpfolie wordt omwikkeld, op een pallet gezet en vervolgens geëxporteerd wordt. Het verdampte water wordt gecondenseerd en met het effluent van de KGBI op het riool geloosd. Omdat het slib in vrij verse toestand wordt gedroogd, is aangenomen dat het condensaat geen nareini-

ging behoeft en dat het niet meer vervuiling bevat dan 10 mg BZV/l en 5 mg N-Kj/l.

Door het installeren van een centrifuge voor de slibontwatering neemt de investering van een KGBI toe met f 0,5 miljoen. De centrale droger (met een capaciteit van 4,9 ton waterverdamping per uur), compleet met pelletiseer- en opzakinstallatie, vergt een investering van f 14,7 miljoen. De totale investering voor vier KGBI's met een centrale droger komt op f 52,7 miljoen.

Ten gevolge van het ontwateren en drogen van het slib neemt de personeelsbehoefte ten opzichte van variant K1 sterk toe, voornamelijk voor het drogen. Aangenomen is dat de droger wordt bediend door vijf ploegen van twee personen. Overdag, gedurende vijf dagen per week, is het personeel van de biologische zuivering aanwezig voor assistentie. Hierdoor kan van reservepersoneel worden afgezien. Voorts is een monteur nodig. In totaal wordt de extra directe personeelsbehoefte geschat op elf personen. Er is voorts een aantal personen in de eigen en in externe organisaties bezig met beheers- en verkoopactiviteiten. De extra overheadkosten zijn gesteld op f 0,50/ton gier.

Het energieverbruik van de slibontwatering is gesteld op 2 kWh per ton ingaand slib. Ten aanzien van het energieverbruik van de droger met nageschakelde pelletiseerapparatuur zij verwezen naar hoofdstuk 2.3.2. In figuur 3.12 is het blokschema van deze variant weergegeven.



Figuur 3.12 Blokschema afzet vleeskalverenmest in variant K2

3.6.3 Resultaten

Tabel 3.16 geeft de hoeveelheid en de samenstelling van de stofstromen weer van de diverse varianten in de afzet van kalvermest. Na bewerking van de ruwe mest (kalvergier) in een KGBI is sprake van bewerkte kalvergier of nat slib (K1). Als hier een centrifugestap aan wordt toegevoegd ontstaat centrifugekoek of ontwaterd slib, waarbij na droging en pelletiseren mestkorrels ontstaan. In bijlage 7 is een compleet overzicht gegeven van de massa- en energiebalans en van de kostenopbouw van centrale verwerking van kalvergier.

Tabel 3.16 Hoeveelheid en gehalten van ruwe mest en eindprodukten van de diverse varianten voor de sector vleeskalveren

	Eenheid	Ruwe mest (K0)	K1 Bewerkte gier	K2 Mestkorrels
Massa	kg	1.000	150	10,4
Droge stof	gr/kg	20,0	60,0	870
Stikstof	gr N/kg	2,68	3,27	47,2
Fosfor	gr P/kg	0,54	3,40	49,1
Kalium	gr K/kg	2,67	2,33	33,7

Uit tabel 3.16 blijkt dat het P-gehalte in de bewerkte kalvergier en in de mestkorrels relatief hoog is ten opzichte van N en K. Dit wordt veroorzaakt doordat K geloosd wordt met het onttrokken water en stikstof biologisch wordt verwijderd. Wat verder in deze tabel opvalt is dat er maar weinig korrels overblijven uit een ton ruwe mest. Dit komt doordat het drogestofgehalte van de ruwe mest zo laag is. In tabel 3.17 zijn de resultaten gepresenteerd van het energieverbruik van de diverse schakels in de afzetlijn van de drie varianten.

De bewerking van gier in een KGBI zonder verdere behandeling van het restprodukt vraagt 35% meer energie dan transport over een afstand van 30 km. Het energieverbruik is ongeveer gelijk bij een enkele-reisafstand van 60 km. Wanneer het natte slib wordt ontwaterd en gedroogd, stijgt het energieverbruik sterk, voornamelijk in de vorm van aardgas. Een samenvatting van de berekening van de kosten van de drie varianten geeft tabel 3.18.

De kosten van variant K1 bestaan voor 55% uit verwerkingskosten. Bij variant K2 is dit 72%. Deze kosten voor afzet van gier in de regio (K0) zijn lager dan bij bewerking. Worden de kosten gecorrigeerd voor de opbrengsten danwel bijbetalingen, dan bedragen de netto-kosten per ton ruwe mest voor de drie varianten respectievelijk f 17,-, f 17,- en f 18,-. De kosten komen nu zo dicht bij elkaar te liggen, dat het economisch gezien niet meer uitmaakt welke variant gekozen wordt. Energetisch gezien kan dan beter gekozen worden voor afzet in de regio, zonder een bewerking toe te passen.

Tabel 3.17 Overzicht van het energieverbruik van diverse schakels van afzet van kalvergier, onderverdeeld naar aardgas, elektra en dieselolie (MJ/ton ruwe mest)

Schakel	Totaal	Aardgas	Elektra	Diesel
a-Transport + aanwenden gier in regio	66,5			66,5
b-Transport gier naar KGBI	26,3			26,3
c-Behandeling in KGBI	36,0		36,0	
d-TOA *) nat slib naar akkerbouw	26,6		0,06	26,6
e-KGBI + Ontwateren slib	37,1		37,1	
f-Transport ontwaterd slib naar droger	1,15			1,15
g-Drogen ontwaterd slib + pelletiseren	175	162	13,0	
h-Transport en aanwenden mestkorrel	7,76			7,76
Totaal K0 (a)	66			66
Totaal K1 (b,c,d)	89		36	53
Totaal K2 (b,e,f,g,h)	250	160	50	35

*) TOA = Transport, opslag en aanwenden.

De energiekosten van een KGBI in keten K1 bedragen 12,8% van de totale kosten van de installatie. Bij een KGBI met centrifuge van het natte slib is dat 12,3%. Voor de droger in afzetketen K2 is dat 26,9%.

Tabel 3.18 Overzicht van de kosten van diverse schakels van afzet van kalvergier in f/ton geproduceerde gier, f/(kalfjaar) en f/ton eindproduct

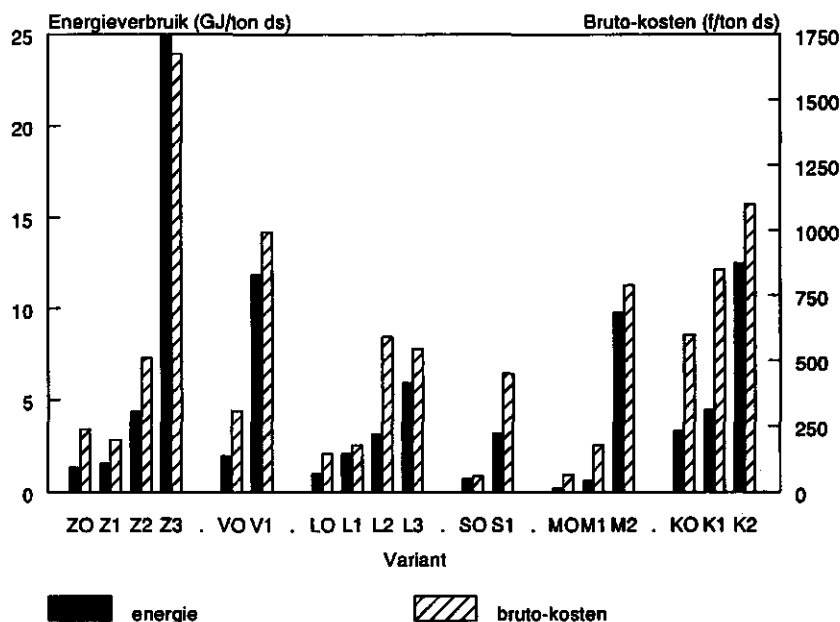
Schakel	Kosten per			
	ton ruwe mest	kalf/jaar	ton nat slib (K1)	ton korrel (K2)
a-Transport + aanwenden gier in regio	12,20	42,60		
b-Transport gier naar KGBI	3,40	11,90	22,70	328,00
c-Behandeling in KGBI	9,41	32,90	62,70	
d-TOA *) nat slib naar akkerbouw	4,29	15,00	28,60	
e-KGBI + Ontwateren slib	10,10	35,40		975,00
f-Transport ontwaterd slib naar droger	0,27	0,95		26,20
g-Drogen ontwaterd slib + pelletiseren	5,98	21,00		577,00
h-Transport en aanwenden mestkorrel	1,25	4,36		120,00
i-Verkoop en distributie	1,35	4,72		130,00
Totaal K0 (a)	12	43		
Totaal K1 (b,c,d)	17	60	110	
Totaal K2 (b,e,f,g,h,i)	22	78		2.200

*) TOA = Transport, opslag en aanwenden.

3.7 Vergelijking over sectoren

In de voorgaande paragrafen van dit hoofdstuk zijn per sector meerdere mestafzetketens doorgerekend. In deze paragraaf worden de resultaten van alle sectoren met elkaar vergeleken. Voor de oplossing van het mestprobleem is het belangrijk inzicht te hebben in de kosten en energieverbruik van mestverwerking van verschillende soorten mest. Op basis van deze informatie kunnen vervolgens strategische keuzes gemaakt worden via welke mestafzetketens een deel van de mestproductie bij voorkeur verwerkt dient te worden. De waarde van de vergelijking zoals in de paragraaf is uitgewerkt is beperkt, omdat uitgaande van het nationale mestprobleem keuzes gemaakt dienen te worden. Om inzicht te krijgen in optimale afzetstrategieën kunnen ontwikkelde rekenmodellen een goed hulpmiddel zijn. Met deze berekeningen kan inzicht gegeven worden in de knelpunten van mestafzet. Tevens is echter managementondersteuning voor individuele bedrijven van belang, omdat bedrijfsspecifieke omstandigheden de keuze voor mestafzetketens kunnen beïnvloeden. Hierbij kan ook gedacht worden aan prijsontwikkelingen van energiedragers en verschillen hierin tussen boerderij- en centraal niveau.

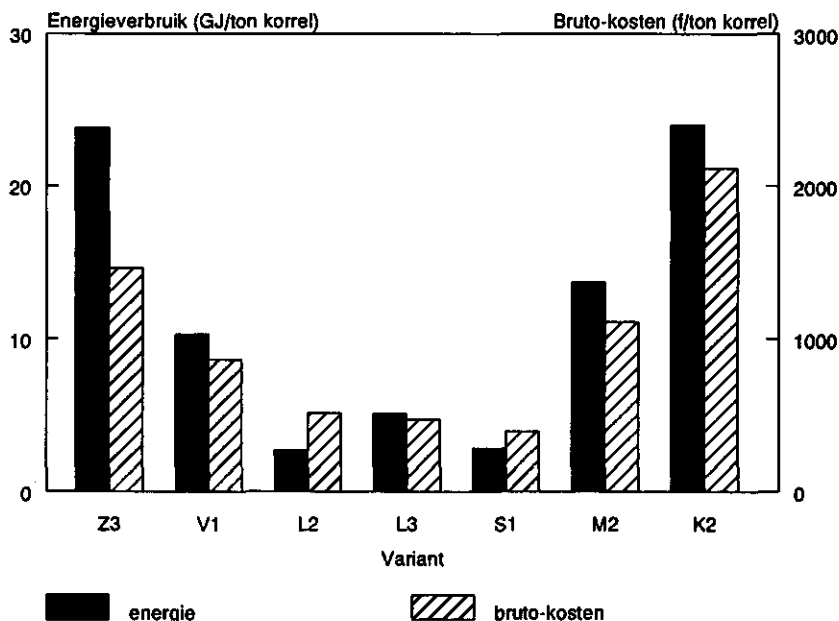
In figuur 3.13 is een overzicht gegeven van het energieverbruik en de bruto-kosten van de diverse varianten. Het energieverbruik en de kosten zijn voor een goede vergelijkbaarheid uitgedrukt per ton droge stof van de ruwe mest.



Figuur 3.13 Energieverbruik en bruto-kosten van verschillende mestafzetketens (GJ/ton ds en f/ton ds)

Uit figuur 3.13 blijkt dat de mestafzetketens een grote verscheidenheid te zien geven, zowel in energieverbruik als in kosten. In het algemeen is de verwerking van pluimveemest in het voordeel ten opzichte van de andere mestsoorten. Dit wordt veroorzaakt doordat de mest al vrij droog is, voordat een bewerking wordt toegepast. Verder kan geconcludeerd worden dat er een duidelijk positief verband is tussen de kosten en het energieverbruik. Tevens blijkt uit figuur 3.13 dat binnen een sector de kosten en het energieverbruik exponentieel toenemen bij een verdergaande vorm van mestverwerking.

Omdat vergelijking van de sectoren op basis van kosten per ton ruwe mest verstoord wordt door de grote verschillen in drogestofgehalte in de ruwe mest zijn in figuur 3.13 de kosten per ton droge stof weergegeven. De meest reële vergelijking is pas mogelijk op basis van de mestafzetketens met een vergelijkbaar eindprodukt. In zeven mestafzetketens is het eindprodukt een mestkorrel die geëxporteerd kan worden. In figuur 3.14 is een overzicht gegeven van het energieverbruik en de kosten van de varianten die een korrel opleveren.



Figuur 3.14 *Energieverbruik en bruto-kosten voor de productie van mestkorrels in diverse mestafzetketens (GJ/ton korrel en f/ton korrel)*

Zoals te zien is in de figuur 3.14, scoren de korrelvarianten Z3 en K2 het hoogst, zowel uit oogpunt van energie als van kosten. De pluimveevarianten L2, L3 en S1 zijn in het voordeel. De bruto-kosten voor vleeskuiken-

mest bedragen f 390,- per ton korrel en deze nemen toe tot f 2.200,- per ton korrel geproduceerd uit kalvergier. Het is duidelijk dat de kosten toenemen naarmate het drogestofgehalte van de ruwe mest lager is.

Worden de mestafzetketens met mestkorrels als eindprodukt vergeleken, dan kan de, voor de hand liggende, conclusie getrokken worden dat het energieverbruik lager is naarmate het drogestofgehalte van de te verwerken mest hoger is. Dit betekent dat energetisch gezien achtereenvolgens de mest van vleeskuikens, leghennen, vleesvarkens, melkvee, zeugen en vleeskalveren tot korrels verwerkt dient te worden. Voor leghennen is droging tot mestpoeder op bedrijfsniveau en centraal pelletiseren energetisch duidelijk gunstiger dan centrale mestverwerking.

In tabel 3.19 is het energieverbruik voor meerdere mestafzetketens nader uitgewerkt. Hierbij is het energieverbruik uitgedrukt per kg "afgevoerd" water. Per bewerkingstechniek, als onderdeel van een mestafzetketen, is het energieverbruik berekend per kg water afgevoerd in de vorm van effluent of condensaat. Het betreft hier alleen het energieverbruik voor bewerking, indamping en droging. Dit betekent dat het energieverbruik voor bijvoorbeeld het persen van mestkorrels niet is meegerekend.

Tabel 3.19 Energieverbruik voor waterafvoer in enkele bewerkingstechnieken gebruikt in verschillende mestafzetketens (MJ/kg); tevens zijn vermeld de hoeveelheid water dat wordt afgevoerd (kg/ton mest) en het energieverbruik hierbij (MJ/ton mest)

Keten	Activiteit	Kg water "afgevoerd"	Energie- verbruik	MJ/kg water "afgevoerd"
Z1	bezinken *)	740	0	0
Z2	indamper	615	157	0,25
Z3	droger	323	1.310	4,07
V1	fabriek	897	1.020	1,14
L1	mestbanddroging	600	246	0,41
L2	tunneldroger	147	212	1,44
L3	droger	147	599	4,07
S1	droger	310	1.260	4,07
M1	mech.scheiding *)	740	6	0,01
M2	droger	196	797	4,07
K1	KGBI	850	36	0,04
K2	droger	43	174	4,07

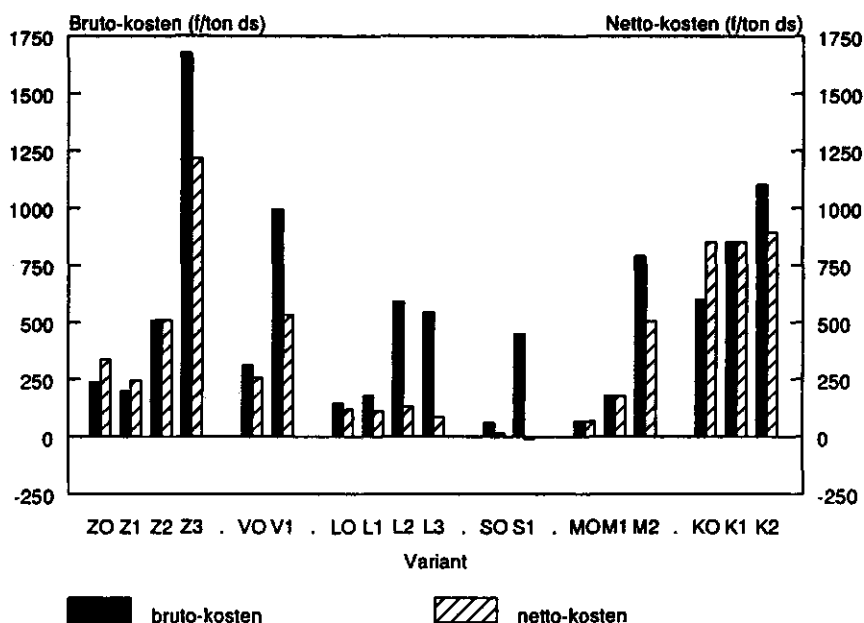
*) Waterafvoer door dunne mestfractie.

Uit tabel 3.19 blijkt dat de bewerkingen waarbij water afgevoerd wordt in de vorm van dunne fractie (Z1 en M1) energetisch het meest voordelig zijn. Ook bewerkingstechnieken met afvoer van effluent (K1, Z2) pakken hierin gunstig uit. Z2 is voordelig omdat gebruik wordt gemaakt van het principe van mechanische damprecompressie. Drogers verbruiken veel meer energie dan de andere genoemde bewerkingstechnieken. Aangezien

in meerdere afzetketens dezelfde droger gebruikt wordt, is het energieverbruik voor droging in keten Z3, L3, S1, M2 en K2 gelijk. In vergelijking met drogers is het energieverbruik per kg afgevoerd water lager voor centrale mestverwerking van vleesvarkensmest (V1). Dit kan verklaard worden doordat de gegeven waarde betrekking heeft op de fabriek als geheel, waarin energiewinning door biogasproductie, het verdampen, drogen en pelletiseren gecombineerd is.

Voor leghennensmest geldt dat droging met behulp van stallucht op bedrijfsniveau energetisch efficiënter is dan centrale droging in een mestfabriek. Dit komt doordat de warmte die door de dieren geproduceerd wordt, benut wordt voor droging van de mest. Hierbij moet vermeld worden dat bij droging op bedrijfsniveau (L2) gebruik gemaakt wordt van elektrische energie en bij centrale droging (L3) van aardgas. Bij de productie van elektra is het rendement in vergelijking met directe verbranding relatief laag. Bij een berekening op basis van het gebruik van primaire brandstoffen (gas of kolen) zal het verschil in energieverbruik tussen L2 en L3 minder hoog uitkomen.

Zoals reeds eerder is gemeld is er een exponentiële toename in de kosten bij verdergaande bewerking van de mest. Als de opbrengsten in mindering gebracht worden op de kosten, is dit effect afgezwakt. Uit figuur 3.15 blijkt dat varianten met mestkorrels als eindproduct een groter verschil hebben tussen bruto- en netto-kosten dan de andere afzetketens. Ook blijkt dat verwerking van pluimveemest niet alleen bruto, maar ook netto de laagste kosten met zich meebrengt.



Figuur 3.15 Bruto- en netto-kosten van de diverse mestafzetketens (f/ton droge stof mest)

4. DISCUSSIE

Onzekerheid data

De laatste jaren is veel onderzoek verricht op het terrein van mestverwerking op bedrijfs- en centraal niveau. Dit neemt niet weg dat voor een aantal technieken nauwkeurige data ontbreken met betrekking tot kosten en energieverbruik. In deze studie is in overleg met vele onderzoeksinstituten en instanties getracht bruikbare data te verzamelen. Dit betekent dat een deel van de gegevens niet verkregen is via de weg van onderzoeksverslagen en rapporten. Vooral voor centrale mestverwerking zijn weinig openbare cijfers beschikbaar. Voor een aantal verwerkingstechnieken zijn alleen gegevens beschikbaar van proefnemingen op kleine schaal. Op basis van deze cijfers zijn schattingen gemaakt voor kosten en energieverbruik bij grootschalige toepassing. Wellicht ten overvloede wordt hier herhaald (zie hoofdstuk 2) dat technieken waarvan geen meetgegevens beschikbaar zijn, bijvoorbeeld van tekentafel prototypes, niet zijn opgenomen in de mestafzetketens.

Om een indruk te krijgen van de invloed die belangrijke uitgangspunten hebben op de uitkomsten, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de varianten waarin centrale mestbewerking plaatsvindt. Het energieverbruik van centrale drogers, enkele kostenfactoren van centrale droging en de opbrengstprijs van de mestkorrels zijn gevarieerd.

De invloed is doorgerekend van een kwart meer energieverbruik in de centrale bewerkingsstap op het totale energieverbruik, inclusief pelletiseren. De uitkomsten staan in tabel 4.1.

Tabel 4.1 Gevoeligheidsanalyse energieverbruik in de hele keten; het energieverbruik in de centrale bewerkingsstap is hiervoor verhoogd met 25%; de getallen zijn weergegeven met twee significante cijfers

Variant	Verbruik basis (MJ/ton ruwe mest)	Verbruik verhoogd (MJ/ton ruwe mest)	Verschiil (%)
Z3	1.500	1.900	+24
V1	1.100	1.400	+23
L3	1.300	1.500	+12
S1	1.900	2.200	+18
M2	880	1.100	+23
K2	250	300	+21

In tabel 4.1 is te zien in welke mate het energieverbruik hoger wordt in absolute hoeveelheden en als percentage van het totale energieverbruik van de keten in de uitgangssituatie. Alleen bij pluimvee is er een duidelijk verschil in de gevarieerde 25% (voor de centrale verwerkingsstap) en de uiteindelijke invloed op het energieverbruik. Hieruit blijkt dat in de hele keten, energetisch gezien ook andere stappen van substantiële invloed zijn. Bij leghennen komt dit doordat op boerderij-niveau al gedroogd wordt en bij vleeskuikens doordat er per ton ruwe mest een grote hoeveelheid mestkorrels ontstaat, die vervolgens geëxporteerd en aangewend moet worden.

In tabel 4.2 zijn de resultaten weergegeven van een gevoeligheidsanalyse voor kosten, waarbij de volgende posten voor de centrale mestverwerkingsinstallatie zijn verhoogd met 25%: investering, afschrijvingspercentage, energieverbruik en personeelsbehoefte.

In de tabel zijn per keten de bruto-verwerkingskosten en de netto-kosten gegeven. De bruto-verwerkingskosten hebben betrekking op de kosten van de centrale mestverwerking. Netto-kosten hebben betrekking op de kosten van de gehele keten, na aftrek van de opbrengsten.

Tabel 4.2 Verwerkingskosten van korrelvarianten (f/ton ruwe mest) bij wijziging van enkele belangrijke uitgangspunten

	Z3		V1		L3		S1		M2		K2	
	bvk	nk	bvk	nk	bvk	nk	bvk	nk	bvk	nk	bvk	nk
Basis	71	67	61	52	38	21	90	-7	47	45	16	18
A	78	74	69	60	42	25	100	3	53	52	18	20
B	77	73	66	57	41	24	96	-1	51	50	17	19
C	74	70	65	56	40	23	94	-3	49	47	17	19
D	74	70	62	54	39	22	92	-4	49	48	17	19

waarbij: bvk : bruto-verwerkingskosten (alleen centrale verwerking, alleen kosten)

nk : netto-kosten (hele keten, inclusief opbrengsten)

A : investering + 25%

B : afschrijvingspercentage + 25%

C : energieverbruik + 25%

D : personeelsinzet + 25%

Uit vergelijking van bedragen per kolom in tabel 4.2 blijkt dat zowel de bruto- als de netto-verwerkingskosten voor centrale verwerking van de verschillende mestsoorten voornamelijk beïnvloed worden door wijziging van de hoogte van de investering.

Over de sectoren heen is de gevoeligheid van de uitgangspunten verschillend. Dit hangt samen met het drogestofgehalte van de mest, waardoor de extra verwerkingskosten beïnvloed worden. Zo resulteert bij S1 de invloed van de hogere investering (regel A) op de bruto-verwerkingskosten in een toename van f 10,- per ton; bij K2 bedraagt deze toename f 2,- per ton

ruwe mest. In tabel 4.2 is weergegeven wat de invloed is van een 25% hoger energieverbruik (regel C). Verhoging van de prijs van energie heeft dezelfde invloed op de kosten.

Bij wijziging van belangrijke uitgangspunten in tabel 4.2 is de invloed op de bruto-verwerkingskosten en de netto-kosten absoluut gezien gelijk. Voor de afzet van vleeskuiken-mest echter maakt het op de netto-kosten wel het verschil uit tussen positieve en negatieve netto-kosten.

De netto-kosten zijn afhankelijk van de opbrengst van de mestprodukten. Gezien de onzekerheid van de opbrengstprijzen van mestkorrels zijn in tabel 4.3 de resultaten weergegeven van een gevoeligheidsanalyse op de opbrengstprijzen van mestkorrels. Hierbij is in de berekeningen de opbrengstprijs van f 400,- naar f 200,- per ton korrel verlaagd.

Tabel 4.3 Resultaten gevoeligheidsanalyse opbrengst mestkorrel; de opbrengst is hiervoor verminderd tot f 200,- per ton mestkorrel (netto-kosten: f/ton ruwe mest)

Variant	Netto-kosten basis	Netto-kosten verlaagde opbrengst
Z3	67	79
V1	52	72
L3	21	72
S1	-7	131
M2	45	58
K2	18	20

Uit tabel 4.3 blijkt dat vooral S1 en verder ook L3 zeer gevoelig zijn voor de opbrengstprijs van mestkorrels. Verder blijkt uit vergelijking van de resultaten in de tabellen 4.2 en 4.3 dat de gevoeligheid van de opbrengst duidelijk groter is dan die van kostenfactoren. Geconcludeerd kan worden dat de gevoeligheid van de opbrengstprijs groot is bij die afzetketens waar per ton ruwe mest de productie aan mestkorrels hoog is.

Waarde mestkorrel

Bij zeven mestafzetketens wordt het eindprodukt in de vorm van mestkorrels geëxporteerd. De uiteindelijke mineralensamenstelling van de mestkorrel, zoals berekend in deze studie, is afhankelijk van de gehalten van de naar de droger aangevoerde mest. Tussen de verschillende diersoorten is er variatie in de samenstelling van de mestkorrel. Voor de afnemer is de samenstelling van de korrel een belangrijke prijsbepalende factor.

De mineralensamenstelling van de mestkorrels is per sector berekend op basis van excretiecijfers voor 1993. Voor de sectoren varkens en pluimvee is ingaande 1 januari 1995 de niet-grondgebonden forfaitaire fosfaatproductie per bedrijf met 30% gekort. Het gevolg hiervan is dat op veel bedrijven de mineralengehalten van het voer en dus de mineralenuitscheiding

verlaagd is. Bedrijven met pluimvee waarvan alle mest geëxporteerd wordt (de zogenaamde nuloptie) worden niet gekort op de toegestane fosfaatproductie. Het voorgaande betekent dat met name het fosfaatgehalte in de mestkorrels lager zal uitkomen dan weergegeven in dit rapport. In de pluimveehouderij zullen afhankelijk van de keuze voor de nuloptie tussen bedrijven verschillen ontstaan met directe gevolgen voor de samenstelling van de mestkorrels.

In deze studie is geen rekening gehouden met toevoeging van extra mineralen met als doel een samenstelling van de korrel te verkrijgen overeenkomstig de wensen van de afnemer. Het zal duidelijk zijn dat de afzetbaarheid en de opbrengst van het produkt verhoogd zullen worden door nauwer aan te sluiten bij de wensen van de afnemer.

De in de varianten S1, L2, V1 en K1 berekende produkten worden ook daadwerkelijk en op praktijkschaal geproduceerd. De beschikbare analysecijfers wijken af van de uitkomsten van de berekende gehalten in deze studie. In bijlage 10 wordt een vergelijking gegeven van de analyse- en berekende cijfers en wordt ingegaan op mogelijke oorzaken.

Bij de verwerking van meerdere soorten mest tot mestkorrels zullen op de afnemersmarkt, afhankelijk van de gehalten, verschillen in opbrengstprijs ontstaan. Gezien de onzekerheid met betrekking tot de opbrengstprijzen van mestkorrels en de onbekendheid met de exacte afnemerswensen is in de studie gerekend met een gelijke opbrengstprijs voor alle soorten mestkorrel van 400 gulden per ton.

Mineralenvoorziening bij grondgebonden veehouderij

Op dit moment zijn voor toepassing op het melkveebedrijf geen andere bewerkingstechnieken dan mechanische scheiding beschikbaar. Bij de voorziene fasering in de gebruiksnormen voor dierlijke mest in de derde fase mestbeleid zal op termijn voor een aantal bedrijven een fosfaatoverschot ontstaan. Voor een aantal zeer intensieve bedrijven zal alleen mechanische scheiding (variant M1) geen oplossing zijn voor het fosfaatoverschot. Voor deze groep bedrijven zullen andere technieken beschikbaar dienen te komen om een deel van de mest te kunnen verwerken, of de ruwe mest moet afgezet gaan worden. In de toekomst worden verdere restricties voorzien ten aanzien van het gebruik van dierlijke mest als gevolg van de zogenaamde nitraatrichtlijn (Richtlijn nitraat, 1991). Dit zal de problematiek van de mestoverschotten nog doen toenemen.

Vergelijking energie dierlijke en kunstmest

Bij het aanwenden van dierlijke mest wordt de behoefte aan kunstmest minder. Aangezien de factor energie bij de productie van kunstmest een grote rol speelt, kan de energie van de bespaarde kunstmest in mindering worden gebracht op de energiekosten van mestverwerking en -transport. Brand en Melman (1993) hebben uitgebreide berekeningen uitgevoerd naar het energieverbruik van onder andere kunstmeststoffen. Zij heb-

ben echter ook het indirecte energieverbruik ingerekend die nodig is voor de produktie van de meststoffen. Voor een vergelijking met energiebesparing door aanwending van dierlijke mest is gerekend met de volgende energie-inhoud van zuivere N, P en K (basis Brand en Melman, 1993):

N 38,6 MJ/kg

P 1,44 MJ/kg

K 2,08 MJ/kg

Er is niet gecorrigeerd voor de indirecte energie-inhoud van kapitaalgoederen (bijvoorbeeld voor de produktie van bouw materiaal van de fabriek), omdat deze niet meer bedragen dan 3% van het energieverbruik in het produktieproces (Brand en Melman, 1993). Het bovenvermelde energieverbruik is berekend tot het produkt bij de directe leverancier ligt. Er moet dus nog aan toegevoegd worden het energieverbruik van kort transport en aanwenden van kunstmest. Volgens Bosma et al. (1993) kost aanwenden van kunstmest 3,5 kg (= 4,4 l) diesel per ha, ofwel 158 MJ/ha. Bij een kunstmestgift van 300 kg per ha komt dat neer op 528 MJ per ton meststof (zie tabel 2.4). Volgens Van Dasselaar en Pothoven (1994) bedraagt het directe energieverbruik van kunstmestaanwenden echter maar 57 MJ per ha. Vergelijkingen tussen berekeningen hangen echter sterk samen met de uitgangspunten, zoals de gebruikte trekker, het perceel en de mestgift. In deze studie is gerekend met energieverbruik voor aanwenden volgens Bosma et al. (1993).

Bij emissie-arme voorjaarsaanwending kan volgens Miedema en Meeuwissen (1992) gerekend worden met een werkingscoëfficiënt van stikstof (w_{cN}) van 60% ten opzichte van die van Kalkammonsalpeter (KAS). Dit betekent dat per kg aangewende stikstof uit dierlijke mest 0,6 kg N uit kunstmest minder aangewend hoeft te worden. Voor P en K is uitgegaan van 100% benutting.

In tabel 4.4 is een overzicht gegeven van de besparing aan N, P en K uit kunstmest en de bijbehorende hoeveelheid energie, indien dierlijke mest aangewend wordt. De berekeningen zijn uitgevoerd met bovengenoemde

Tabel 4.4 Potentiële besparing aan mineralen uit kunstmest en de hiermee samenhangende hoeveelheid energie als dierlijke mest wordt aangewend (kg N, P en K en MJ per ton ruwe mest) en ter vergelijking het energieverbruik van de diverse varianten van mestafzet per diercategorie (MJ per ton ruwe mest)

Diercategorie	Besparing aan kunstmest				Energieverbruik in variant			
	N	P	K	energie	0	1	2	3
Zeugen	2,94	1,58	3,83	130	67	78	240	1.500
Vleesvarkens	6,06	2,03	8,24	260	180	1.100		
Leghennen	9,60	3,97	6,67	390	220	450	690	1.300
Vleeskuikens	33,9	10,0	28,3	1.400	420	1.900		
Melkvee		3,35	0,81	5,68	140	18	55	880
Vleeskalveren	1,61	0,54	2,67	69	66	89	250	

cijfers en mestproductiecijfers uit de WUM (basisjaar 1993, CBS, 1995). Voor berekening van het energieverbruik van mestaanwenden is uitgegaan van aanwendingsnormen voor fosfaat voor het jaar 1995.

Door aanwenden van dierlijke mest ontstaat een mogelijke besparing op het gebruik van kunstmest, zoals weergegeven in tabel 4.4. De energiebesparing kan worden afgewogen tegen de energiebehoefte van diverse afzetketens van dierlijke mest. In de tabel is ook de energiebehoefte van de diverse varianten weergegeven. Hieruit blijkt dat alle nulvarianten minder energie vragen dan een overeenkomstige bemesting met kunstmest. Een eenvoudige bewerking bij zeugen en melkvee leidt evenmin tot een hoger energieverbruik dan bij het alternatief kunstmest. De andere varianten echter doen het totale energieverbruik toenemen tot boven het niveau van een vergelijkbare bemesting met kunstmest. De meest ongunstige vergelijking is die bij zeugemest. Productie, export en aanwenden van mestkorrels uit zeugemest vraagt elf- à twaalfmaal zo veel energie als een vergelijkbare bemesting met kunstmest.

Perspectieven

De in deze studie uitgewerkte varianten zijn, zoals al eerder is opgemerkt, gebaseerd op bestaande processen en openbare informatie. Naar verwachting zullen de komende tijd ook andere be- en verwerkingsmogelijkheden beschikbaar komen.

Een belangrijk deel van de kosten en het energieverbruik van de verwerking en afzet van dierlijke mest is nodig voor het transport en het verwijderen van in de mest aanwezige water. Bij de meeste processen wordt het water met behulp van thermische processen (indampen/drogen) verwijderd. Verreweg de grootste energiepost is daarbij de benodigde verdampingsenergie. Bij het indampen van mestvloeistof (het concentraat blijft vloeibaar) is het terugwinnen van de verdampingsenergie gebruikelijk. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van mechanische damprecompressie (zie varianten Z2 en Z3) of meertrapsvacuümverdamping (variant V1). Terugwinning van verdampingsenergie is in principe ook mogelijk bij het drogen van mest (eindprodukt vrijwel watervrij), maar tot op heden nog niet beschikbaar, behalve bij het koppelen van droger en indamper. Het is niet duidelijk wat de kans is dat het economisch rendabel terugwinnen van energie ook bij het drogen op afzienbare termijn gerealiseerd kan worden.

In de sector pluimvee wordt niet alleen met ventilatielucht gedroogd, maar ook wordt gewerkt aan het gebruik van compostering voor droging. Een deel van de organische stof in de mest wordt hierbij microbieel afgebroken. De vrijkomende warmte wordt gebruikt om vocht te verdampen. Er zijn diverse initiatiefnemers met plannen om pluimveemest als energiebron te gebruiken voor de opwekking van stoom. Hiermee kan elektriciteit worden opgewekt. Een andere mogelijkheid is om er mest mee te drogen. Een bemerking wordt gevormd door de lage opbrengst uit teruggeleverde elektriciteit en de strenge rookgaseisen die dure gasreinigingsapparatuur nodig maken.

Na het drogen van mest(-fractie) vindt nog een groot aantal handelingen plaats, zoals pelletiseren, verpakken, transport, verkoop, distributie en aanwenden. Deze kosten komen voor het in dit rapport aangehouden scenario (afzet over 1.500 km naar Spanje) neer op f 320,- per ton gedroogde mest. Aangezien de waarde van de organische stof in de gedroogde mest niet meer bedraagt dan ongeveer f 50-100/ton, kan men zich afvragen of het niet beter is de kosten te vermijden die optreden na het drogen. Een mogelijkheid hiertoe biedt de hiervoor genoemde verbranding van het gedroogde materiaal.

In de sector varkens is er sprake van een nieuw proces in ontwikkeling. Volgens informatie van het bedrijf verkeert de ontwikkeling van het proces in de eindfase. Bij dit proces wordt een groot deel van de organische stof in de vloeistoffase van vleesvarkensmest met minimaal 90 gr droge stof/kg bij hoge temperatuur (250-300°C) en druk geoxideerd. De energie die hierbij vrijkomt wordt in een nageschakeld wervelbed voor droging van de resterende droge stof gebruikt. De netto-verwerkingskosten (verwerkingskosten minus opbrengst eindprodukt) zijn naar verwachting relatief laag.

Het bedrijf, dat ook de indampers heeft ontwikkeld die in de varianten Z2 en Z3 zijn gebruikt, werkt aan het drogen van het concentraat dat bij deze indamping vrijkomt. Hierbij wordt een granule gemaakt. Er zijn concrete plannen om dit produkt als basisgrondstof naar de kunstmestindustrie af te zetten, wat de markt voor de afzet van mineralen uit dierlijke mest sterk kan vergroten. Een tiental loonwerkers heeft het plan om dergelijke indampers op hun bedrijf te plaatsen. Het drogen van het concentraat zal waarschijnlijk centraal plaats gaan vinden.

Diverse ontwikkelaars werken aan combinaties van nieuwe huisvestingssystemen en mestbehandeling met het doel de emissie van ammoniak vanuit de stal te verminderen en de afzetmogelijkheden van de mest te vergroten. Veelal wordt daarbij mest in een dunne en een dikke fractie gescheiden. Voorts wordt, in analogie van de sector pluimvee, ventilatielucht gebruikt voor het verdampen van het mestvocht. Dit biedt mogelijkheden tot verlaging van het energieverbruik. Voor meer informatie zij verwezen naar een oriënterende studie van Ten Have en Schellekens (1994).

Ook binnen de pluimveehouderij zijn nieuwe huisvestingssystemen ontwikkeld in het kader van verlaging van de ammoniakemissie. In de vleeskuikenhouderij zijn meerdere "Groen Label"-systemen beschikbaar die uitgaan van het principe van beluchting van de mest om het drogestofgehalte hoog te houden. Bij toepassing van dergelijke systemen zullen ten gevolge van de aanvoer van zeer droge mest de verwerkingskosten en het energieverbruik verder dalen.

5. CONCLUSIES

In deze studie zijn mestbe-/verwerkingstechnieken op boerderij- en centraal niveau gecombineerd tot mestafzetketens. Door gebruik te maken van deze ketenbenadering worden alle kosten en alle energieverbruiksposten vanaf excretie tot aanwenden van de mest meegerekend. Op deze wijze wordt een reëel beeld gegeven van het energieverbruik en de kosten van mestafzet.

Voor de sectoren zeugenhouderij, vleesvarkens, leghennen, vleeskuikens, melkvee en vleeskalveren zijn meerdere mestafzetketens doorgerekend. Deze ketens zijn vergeleken met de nulvariant waarin onbewerkte mest wordt getransporteerd naar bedrijven die mest kunnen aanwenden. De kosten nemen toe naarmate het aantal be- en verwerkingsstappen toeneemt.

Voor de zeugenhouderij kan het bezinken van mest op boerderij-niveau economisch aantrekkelijker zijn dan directe afzet van onbewerkte mest. Voorwaarde is dat er afzetmogelijkheden zijn voor de dunne fractie. Verdergaande bewerking is mogelijk door gebruik te maken van indampinstallaties. De totale kosten bedragen f 28,- per ton ruwe mest.

De verwerking van de mest van vleesvarkens is aanzienlijk duurder dan de onbehandelde afzet en ook het energieverbruik is veel hoger.

Voor de leghennenhouderij zijn er basis op van batterijhuisvesting technieken beschikbaar om de mest op boerderij-niveau te drogen tot mestpoeder. Door gebruik te maken van stallucht kan de mest via mestbandbeluchting en tunneldroging energie-efficiënt gedroogd worden. In vergelijking met centrale mestverwerking zijn de kosten van deze boerderijvariant iets hoger, maar het directe energieverbruik is een derde lager.

Verwerking en export van de mest van vleeskuikens is, net als voor de mest van leghennen, bedrijfseconomisch en energetisch gunstiger dan de verwerking en export van mest van andere diersoorten.

Bij melkvee is mechanisch scheiden de enig beschikbare techniek. De kosten van een mestafzetketen met mechanisch scheiden bedragen f 16,- per ton ruwe mest.

De netto-kosten van verwerking van kalvergier in een kalvergierbewerkingsinstallatie (KGBI) zijn vergelijkbaar met de netto-kosten van directe afzet van gier over een afstand van 30 km. Het energieverbruik bij bewerking is echter circa 35% hoger dan bij afzet in de regio.

De kosten voor verwerking van mest nemen toe naarmate het drogestofpercentage van de ingaande mest lager is. Bij verwerking van mest tot mestkorrels zijn de kosten het laagst bij droging van vleeskuikenmest. De bruto-kosten van de afzetketen bedragen afgerond 400 gulden per ton mestkorrel. Vervolgens komt mest van leghennen, vleesvarkens, melkvee,

zeugen en vleeskalveren in aanmerking. In geval kalvergier tot mestkorrels wordt verwerkt zijn de kosten van de totale mestafzetketen opgelopen tot f 2.200,- per ton korrel.

Naarmate de kosten van be-/verwerking verder toenemen, neemt in het algemeen ook het energieverbruik toe. Centrale verwerking van mest door drogen vraagt veel energie en is duur. Door eenvoudige technieken op boerderij-niveau, zoals bezinken, scheiden en mestbanddroging, kan al veel water uit de mest verwijderd worden, wat gunstig uitpakt op het energieverbruik en ook op de kosten van verdere verwerking. Het blijft dus belangrijk dat de toepassing van boerderijtechnieken voor verdere vermindering van het mestvolume gestimuleerd wordt.

Uit vergelijking van het energieverbruik voor de diverse be-/verwerkingstechnieken blijkt dat drogers meer energie vragen dan andere technieken waarbij water afgevoerd wordt in de vorm van effluent (zoals toegepast bij een KGBI en bij indampen van zeugemest) of via droging met stal-lucht op het leghennenbedrijf.

Bij variatie van uitgangspunten blijkt dat vooral de hoogte van de investering van de mestfabrieken invloed heeft op de kosten voor een mestafzetketen. Wordt echter gekeken naar de netto kosten (bruto kosten minus opbrengsten) dan is de invloed van de opbrengstprijzen van de mestkorrels duidelijk belangrijker.

Productie van kunstmest vraagt veel energie. In enkele mestafzetketens is toepassing van dierlijke mest energetisch voordeliger dan een gelijke mineralenaanvoer met kunstmest. Dit betreft de ketens met directe afzet van de mest naar de afnemer en de varianten met scheiding van de mest in een dunne en een dikke fractie.

In deze studie is uitgegaan van bestaande technieken die al toegepast worden. Naar verwachting zullen de komende tijd ook andere be- en verwerkingstechnieken beschikbaar komen. Een aantal van deze technieken biedt mogelijkheden om de verwerkingskosten te verlagen. Door toepassing van moderne energiebesparingstechnieken is het in principe mogelijk ook het energieverbruik bij be- en verwerking verder te verlagen.

Aangezien het in de toekomst steeds moeilijker wordt om op bedrijfsniveau een juiste afweging te maken tussen de diverse mogelijkheden van mestafzet, is het noodzakelijk managementondersteuning te verlenen aan individuele bedrijven. Hierbij dient het energieverbruik als factor meegenomen te worden.

Voor een juiste afweging van verdeling van de meststromen over de verschillende mestafzetketens dienen nationaal-economische berekeningen uitgevoerd te worden. Doelstelling hierbij is het minimaliseren van de totale mestafzetkosten, waarbij tevens rekening gehouden kan worden met het energieverbruik. Bovendien kan dan berekend worden wat de te verwachten toename in energiebehoefte zal zijn voor mestafzet en -verwerking.

LITERATUUR

- Anoniem (1991a)
Compendium slibdroging; Den Haag, Stichting toegepast onderzoek
reiniging afvalwater; Rapport nr. 91-02
- Anoniem (1991b)
*Milieu-effectrapportage Mestverwerkingsfabriek Promest BV te Hel-
mond*; Rapport Promest Helmond
- Anoniem (1992)
*Milieu-effectrapportage voor een drooginstallatie voor stapelbare
mest*; Vefinex BV te Zeeland (NB); Eindhoven, Adviesbureau Tebodin
- Anoniem (1994)
Interimwet Ammoniak en Veehouderij; Handleiding ammoniakreduc-
tieplannen, wettekst en uitvoeringsregeling; Ministeries VROM en LNV
- Anoniem (1995)
Persoonlijke informatie; CIOM, Wageningen
- Aspert, J.A.A.J. van (1994)
*Milieu- en energieaspecten van een indampstechniek bij regionale
mestbewerking*; Rapportage van project P908 in opdracht van Novem;
Uden, Raadgevend Ingenieursburo van Aspert BV
- Baltussen, W.H.M., A.F. van Gaasbeek, C.H.G. Daatselaar, H.H. Luesink en
J.G.M. Thelosen (PV) (1993)
Marktonderzoek naar binnenlandse afzet van dierlijke mest;
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), Publikatie 3.155
- Baltussen, W.H.M., R. Hoste, P.H. Hotsma en B.A. ten Hag (1994)
Productie van dierlijke mest en de waarde ervan voor de akkerbouw;
In: Naar veehouderij en milieu in balans, tien jaar FOMA-onderzoek,
deelrapport varkens; L.A. den Hartog en J.A.M. Voermans (red.); On-
derzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij
19 (varkens), Ede, 4 oktober 1994
- Boomaerts, J. en H. Krebbers, 1994
*Mestscheiding op melkveehouderijbedrijven, perspectieven en beper-
kingen*; Lelystad, IKC-RPS, intern rapport, 25 pp.

- Bosma, A.H., I. Hageman, G.H. Kroeze, F. Mandersloot, B.C.P.M. van Straelen en A. Vink (1993)
Energieverbruik bij de ruwvoerteelt en -winning; Wageningen, IMAG-DLO; nota 93-64
- Brand, R.A. en A.G. Melman (1993)
Energie-inhoudsnormen voor de veehouderij; Apeldoorn, TNO-IMET; Ref.nr. 93-208
- CBS (1995)
Statistisch bulletin (2), pp. 11-12; Voorburg, CBS
- Dasselaar, A. van en R. Pothoven (1994)
Energieverbruik in de Nederlandse landbouw; vergelijking van verschillende bemestingsstrategieën; Wageningen, NMI
- Demmers, T.G.M., M.G. Hissink en G.H. Uenk (1992)
Het dragen van pluimveemest in een droogtunnel en het effect hiervan op de ammoniakemissie; Wageningen, IMAG-DLO; rapport 92-6
- Haan, A. de en J. van Esch (1994)
Milieu- en Energieaspecten van een indampstechniek bij regionale mestverwerking; Uden, Raadgevend Ingenieursburo Van Aspert
- Have, P.J.W. ten en J.J.M. Schellekens (1994)
Een verkenning van de mogelijke gevolgen van de introductie van nieuwe stalsystemen en van mestbewerking op bedrijfsniveau voor de fabrieksmatige verwerking van varkensmest; Wageningen, Informatie Centrum Mestverwerking (ISBN 90-74926-05-3)
- Hilberts, B. (1992)
Onderzoeksaspecten bij het Promest-mestverwerkingsproces; In: Mestverwerking, Ontwikkelingen in onderzoek en praktijk (Ed. H.A.C. Verkerk); Wageningen, Informatie Centrum Mestverwerking (ISBN 90-800913-1-6)
- Holwerda, D, L. Westerlaken, N. Bondt en A. van Winden (1994)
Rekenen per sector; Modelberekeningen voor veehouderij-activiteiten; Ede, Informatie en Kennis Centrum Veehouderij (IKC-V); rapport G16
- Horne, P.L.M. van (1993)
Beperking ammoniakemissie op pluimveebedrijven; Actualisatie 1993; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Mededeling 488
- Horne, P.L.M. van (1994)
Oorzaken van verschillen in energieverbruik op leghennenbedrijven; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); publikatie 3.156

- Janssen, N. (1994)
Praktijkmetingen van energieverbruik in leghennenstal; mondelinge mededeling; Meerlo
- Kleijn, J.P.L. de en J.A.M. Voermans (1991)
Scheiden van zeugemest door bezinking; Rosmalen, PV; Proefverslag P1.62
- Krebbbers, H. en J. Huijsmans (1990)
Emissiearme mesttoediening op grasland; Landbouwmechanisatie 9-1990 en bijbehorend computerprogramma voor berekening van de kosten
- Kroodsma, W., W.J. Arkenbout en J.A. Stoffers (1985)
New systems for drying poultry manure in belt batteries; Wageningen, IMAG-DLO; Research Report 85-1
- Kroodsma, W. en H.R. Poelma (1985)
Mestscheiding; Wageningen, IMAG-DLO, Publikatie 229
- Kroodsma, W., R. Bleijenberg, N.W.A. Ogink en M. Bruins (1995)
Mestdroging in een leghennenstal met bandbatterij: invloed van energieverbruik op drogestofgehalte en ammoniakemissie; Wageningen, IMAG-DLO; rapport 95-2
- Kuepers, J.A.G. (1994)
 Mondelinge mededeling; Nederweert
- KWIN (1994)
KWantitatieve INformatie veehouderij 1994-1995; Ede, IKC-V; Publikatie 6-94
- Luesink, H.H. en M.Q. van der Veen (1989)
Twee modellen voor de economische evaluatie van de mestproblematiek; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), Onderzoekverslag 47
- Luesink, H.H. (1993)
Verkenning infrastructurele voorzieningen in 2000 voor mestafzet; Capaciteiten en kosten van opslag, distributiemiddelen en verwerking; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Onderzoekverslag 103
- Miedema, M. en P.C. Meeuwissen (1992)
Stikstofkringloop, Bewust omgaan met mineralen 2; IKC-MKT, Ede

NDF (1993)

Notitie Mest- en ammoniakbeleid derde fase; Den Haag, Tweede Kamer; vergaderjaar 1992-1993, 1982; nr. 34

Oosthoek, J., N. Verdoes en J.A.M. Voermans (1993)

Reductie van ammoniakemissie uit varkensstallen door mestspoelen met beluchte spoelvlloeistof; Wageningen, IMAG-DLO; rapport 93-23

Poppe K.J., F.M. Brouwer, J.P.P.J. Welten en J.H.M. Wijnands (red.) (1994)

Landbouw, milieu en economie; Editie 1994; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); PR 68-92

Reuvenkamp, B.F.J. (1994)

45 procent droge stof het hele jaar haalbaar; Pluimveehouderij (24) nr. 50

Richtlijn nitraat (1991)

Richtlijn van de raad inzake de bescherming van water tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen (91/676/EEG); De Raad van de Europese Gemeenschappen; Publikatieblad van de Europese gemeenschappen Nr. L 375 van 31-12-91, p. 8

SLM (1995)

Export droge stapelbare pluimveemest flink toegenomen; Pluimveehouderij, 1995, 4

Tongeren, W.G.J.M. van (1987)

Het indirect drogen van mechanisch ontwaterde varkensdrijfmest; Apeldoorn, TNO, ref. nr. 87-242

Verdoes, N., G.M. den Brok en J.H.M. van Cuyck (1992)

Mechanische mestscheiders als mogelijke schakel in de mestbewerking op bedrijfsniveau; Rosmalen, PV; Proefverslag P 1.77

Vervolgnota Energiebesparing (1993)

Ministerie van Economische Zaken; Den Haag, SDU Uitgeverij; Kamerstukken 23561

Voorneburg, F. van (1993)

Drogen en indampen van mest: ervaringen en perspectieven; Proces Technologie; juni 1993, pp. 38-43

Weerdhof, A. van de en E. Evers (1994)

Vergelijking van systemen voor het drogen van leghennenmest; Ede, IKC; Publikatie 20-94

- Willers, H.C. en P.J.W. ten Have (1991)
Ervaring met de centrale zuivering van kalvergiel in de installaties;
 Kleine Kolonie en Putten; H₂O 24, pp. 244-247
- Willers, H.C., P.J.W. ten Have, P.J.L. Derikx en M.W. Arts (1993)
*Temperature dependency of nitrification and required anoxic volume
 for denitrification in the biological treatment of veal calf manure;* Bio-
 resource Technology 43, pp. 47-52
- Willers, H.C. en P.J.W. ten Have (1994)
Mestverwerking; In: Naar veehouderij en milieu in balans, deelrapport
 rundvee; M.H.A. de Haan en N.W.M. Ogink (eds); Onderzoek inzake de
 mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 19 (rundvee); Ede,
 4 oktober 1994
- WUM (1994)
 Werkgroep Uniformering Mest- en Mineralencijfers; M.M. van Eerdt
 (Ed); *Standaardcijfers rundvee, schapen en geiten, 1990 t/m 1992;* Ede,
 IKC-veehouderij
- Zeevalkink, J.A., H.B. Tirion en F. van Voorneburg (1992)
*De mestoverschottenproblematiek in 1995 en 2000; Een studie ter
 ondersteuning van de evaluatie van het mestbeleid in 1992;* Apel-
 doorn, TNO-Milieu en Energie, Heidemij Adviesbureau, 1992;
 Dossiernummer 112322-23860

Persoonlijke mededelingen

- Boeijen, P. (1995)
 Stichting Mestbank Oost, Deventer
- EVO (1994)
 Ondernemers organisatie voor logistiek en transport, Zoetermeer,
 S. van Willigen
- Heuvel, M. van den (1995)
 Vereniging Belangenbehartiging Nederlandse Mestdistributeurs,
 Kampen
- Krebbers, H. (1995)
 IKC-Landbouw
- Maeyer, E.A.A. de (1995)
 IMAG-DLO

- Roessink, G. Groot (1995)
Stichting Landelijke Mestbank, Nijkerk
- Schellekens, J.J.M. (1995)
Rosmalen, IKC-Landbouw, afd. Varkenshouderij
- Uenk, J.H. (1995)
Stichting Landelijke Mestbank
- Veen, H. van (1995)
Mestverwerking Gelderland
- Verdoes, N. (1995)
Proefstation Varkenshouderij, Rosmalen
- Willems (1995)
Mestbank Zuid, Veldhoven

BIJLAGEN

Bijlage 1 Uitgangspunten bij de berekeningen

Algemeen

Energie-inhoud

Elektra	3,6	MJ/kWh
Aardgas	31,65	MJ/m ³
Diesel	36,2	MJ/l

Vaste kosten

Rente investeringen	7	%
Afschrijving centrale verwerkingsinstallaties	10	jaar
Onderhoud	3	%
Netto draaiuren per installatie	80	%
Loonkosten centrale verwerkingsinstallaties	80	f>(*1.000)/mensjaar

Variabele kosten

Prijs aardgas grootverbruik	0,23	f/m ³
Prijs aardgas kleinverbruik (boerderij)	0,43	f/m ³
Prijs elektra grootverbruik	0,13	f/kWh
Prijs elektra kleinverbruik (boerderij)	0,15	f/kWh
Prijs zwavelzuur (96%)	0,15	f/kg
Prijs polyelektrolyt	10	f/kg
Prijs kalk (Ca(OH) ₂)	0,20	f/kg
Heffing afvalwater	70	f/(vervuilingseenheid/jaar)
Verpakking	33	f/ton

Processen

Bezinken zeugemest (Z1, Z2, Z3)

Bezinksel (dikke fractie)	260	gr/kg mest
Drogestof-gedeelte in dikke fractie	590	gr/kg mest
N-gedeelte in dikke fractie	380	gr/kg mest
P-gedeelte in dikke fractie	570	gr/kg mest
K-gedeelte in dikke fractie	280	gr/kg mest
Opslagduur ongescheiden mest	0,5	jaar
Opslagduur dunne fractie	0,5	jaar
Opslagduur dikke fractie	0,18	jaar
Inhoud scheidingssilo	40	m ³
Omvang mestzak dunne fractie	400	m ³
Omvang container dikke fractie	40	m ³
Afschrijving mestsilo+container	20	jaar
Afschrijving overige	10	jaar
Onderhoud	3	%

Indampen zeugemest (Z2, Z3)

Verbruik aardgas	6	m ³ /ton ingaande fractie
Verbruik elektra	6	kWh/ton ingaande fractie
Verbruik zwavelzuur	6	kg/ton ingaande fractie
Concentratie zwavelzuuroplossing	960	gr/kg
BZV-gehalte condensaat	10	mg/kg

N-gehalte condensaat	5	mg/kg
Drogestofgehalte indampconcentraat	200	gr/kg
Capaciteit indamper	67,5	ton (*1.000) ingaaende fractie/jaar
Investering	5	f (* mln)
Personeel	1,5	personen
Overhead + diverse kosten	2	f/ton ruwe mest
<i>Drogen zeugemest (Z3)</i>		
Verbruik aardgas	120	m ³ /ton verdampt water
Verbruik elektra	75	kWh/ton verdampt water
Verbruik elektra pelletiseren	40	kWh/ton korrel
Drogestofgehalte mestkorrel	870	gr/kg
Capaciteit droger	35	ton (*1000) invoer/jaar
Investering	17,5	f(* mln)
Personeel	12	personen
Overhead + diverse kosten	2	f/ton ruwe mest
<i>Drogen vleesvarkensmest (V1)</i>		
Verbruik aardgas	24	m ³ /ton mest
Verbruik elektra	72	kWh/ton mest
Verbruik kalk	9	kg/ton mest
Concentratie kalk-suspensie	100	gr ds/kg
Verbruik polyelektrolyt	2,5	gr/kg ds mest
Concentratie polyelektrolytoplossing	1	gr ds/kg
Drogestofverademing/biogas	10	%
Stikstofverademing	30	%
BZV-gehalte condensaat	10	mg/kg
N-gehalte condensaat	5	mg/kg
Drogestofgehalte mestkorrel	870	gr/kg
Capaciteit droger	500	ton (* 1.000)/j
Investering	100	f(* mln)
Personeel	40	personen
Overhead + diverse kosten	1	f/ton ruwe mest
<i>Mestbanddrogen + beluchting leghennenmest (L1, L2, L3)</i>		
Verbruik aardgas	0,20	m ³ /(leggen/jaar)
Verbruik elektra	2,0	kWh/(leggen/jaar)
Verbruik elektra pelletiseren	40	kWh/ton korrel
Drogestofgehalte beluchte mest	550	gr/kg
Investering	3,50	f/henplaats
Afschrijving mestbanddroger	10	jaar
Onderhoud	3	%
Overhead + diverse kosten	0,00	f/ton ruwe mest
<i>Tunneldrogen leghennenmest (L2)</i>		
Verbruik elektra	400	kWh/ton waterverdamping
Verbruik elektra pelletiseren extern	40	kWh/ton korrel
Drogestofgehalte mestpoeder/-korrel	870	gr/kg
Capaciteit tunneldroger	30	kg waterverdamping/uur
Investering	7,00	f/henplaats

Afschrijving tunneldroger	10	%
Onderhoud	3	%
Kosten pelletiseren extern	30	f/ton korrel
Verpakken extern	40	f/ton korrel

Centraal drogen leghennenmest (L3)

Verbruik aardgas	120	m ³ /ton waterverdamping
Verbruik elektra	75	kWh/ton waterverdamping
Verbruik elektra pelletiseren	40	kWh/ton korrel
BZV-gehalte effluent	20	mg/kg
N-gehalte effluent	10	mg/kg
Drogestofgehalte mestkorrel	870	gr/kg
Capaciteit droger	150	ton (* 1.000)/j
Investering	40	f(* mln)
Personeel	20	personen
Overhead + diverse kosten	2,00	f/ton ingaande mest

Drogen vleeskuikenmest (S1)

Verbruik aardgas	120	m ³ /ton waterverdamping
Verbruik elektra	75	kWh/ton waterverdamping
Verbruik elektra pelletiseren	40	kWh/ton korrel
BZV-gehalte effluent	20	mg/kg
N-gehalte effluent	10	mg/kg
Drogestofgehalte mestkorrel	870	gr/kg
Capaciteit droger	150	ton (* 1.000)/j
Investering	35,6	f(* mln)
Personeel	20	personen
Overhead + diverse kosten	2	f/ton ruwe mest

Mechanisch scheiden melkveemest (M1, M2)

Verbruik elektra	1,6	kWh/ton mest
Bezinsel (dikke fractie)	260	gr/kg mest
Drogestofgehalte in dikke fractie	620	gr/kg mest
N-gehalte in dikke fractie	270	gr/kg mest
P-gehalte in dikke fractie	350	gr/kg mest
K-gehalte in dikke fractie	230	gr/kg mest
Capaciteit	10	ton (* 1.000)/j
Investering	50	f(* 1.000)
Draai-uren	2.000	u/jaar
Arbeidsbehoefte	0,25	u/draai-uur
Loonkosten boerderij marginaal	20	f/uur

Centraal drogen melkveemest (M2)

Verbruik aardgas	120	m ³ /ton waterverdamping
Verbruik elektra	75	kWh/ton waterverdamping
Verbruik elektra pelletiseren	40	kWh/ton korrel
BZV-gehalte condensaat	20	mg/kg
N-gehalte condensaat	10	mg/kg
Drogestofgehalte mestkorrel	870	gr/kg
Capaciteit droger	5	m ³ water/uur (liever: ton/jaar)
Investering	30	f (* mln)

Afschrijving	15	jaar
Personeel	20	personen
Overhead + diverse kosten	2	f/ton ruwe mest

Biologische zuivering kalvergier (K1, K2)

Verbruik elektra biologie	10	kWh/ton mest
Verbruik kalk (Ca(OH)_2)	2,25	kg ton
Concentratie kalksuspensie	100	gr/kg
Verademing droge stof	25	%
Verademing stikstof	80	%
Slibaanwas	9	gr/kg
BZV-gehalte effluent	100	mg/kg
N-gehalte effluent	50	mg/kg
P-gehalte effluent	25	mg/kg
Drogestofgehalte bewerkte kalvergier	60	gr/kg
Capaciteit KGBI	200	ton (* 1.000)/j
Investering	9	f(* mln)
Onderhoud	2	%
Personeel	2	personen
Loonkosten KGBI	60	f(*1.000)/mensjaar
Overhead + diverse kosten	1	f/ton ruwe mest

Scheiding en droging kalvergierslib (K2)

Verbruik elektra centrifuge	2	kWh/ton slib
Verbruik elektra droger	75	kWh/ton waterverdamning
Verbruik aardgas droger	120	m ³ /ton waterverdamning
Verbruik elektra pelletiseren	40	kWh/ton korrel
Verbruik polyelektrolyt	3	gr/kg ds
Concentratie polyelektrolytoplossing	1	gr/kg
BZV-gehalte condensaat	10	mg/kg
N-gehalte condensaat	5	mg/kg
Drogestofgehalte scheidingskoek	170	gr/kg
Drogestofgehalte mestkorrel	870	gr/kg
Capaciteit droger	42	ton (*1.000) koek/j
Investering	14,7	f(* mln)
Personeel	11	personen
Overhead + diverse kosten	0,50	f/ton ruwe mest

Transport

Afstanden

Boerderij - Eigen land	1	km
Boerderij - Afzet in de directe omgeving	3	km
Boerderij - Afzet in de regio	30	km
Boerderij - Akkerbouwgebied	150	km
Centrale mestopslag - Perceel	3	km
Boerderij - Indamper (Z2,Z3)	20	km
Boerderij - Droger (Z3,V1,L3,S1,M2,K2)	30	km
Boerderij - KGBI (K1,K2)	10	km
Export vaste mest (N.Frankrijk)	450	km
Export mestkorrels (Spanje)	1.500	km
Boerderij - Pelletiseer-inrichting (L2)	30	km

Brandstofverbruik

Vrachtwagen, afstand <= 50 km	2,5	km/l (Willems, persoonlijke mededeling, 1995)
Vrachtwagen, afstand 50-200 km	2,7	km/l (EVO, 1994)
Vrachtwagen, afstand > 200 km	2,9	km/l (EVO, 1994)
Trekker, transport	1,25	km/l (Krebbbers, persoonlijke mededeling, 1995)
Trekker, zodebemesten	37,1	l/ha
Trekker, bouwlandinjectie	43,5	l/ha
Trekker, granulaat aanwenden	4,38	l/ha
Trekker, vaste mestaanwenden	39,2	l/ha

Laadvermogen

Vrachtwagen, drijfmest binnenland	36	ton
Vrachtwagen, vaste mest binnenland	30	ton
Vrachtwagen, vaste mest export	28	ton
Trekker, transport kalvergier	22	ton

Kosten

Vrachtwagen, drijfmest	3,80	f/ton	+ 0,045	f/(ton/km)
Vrachtwagen, vaste mest, binnenland	2,50	f/ton	+ 0,072	f/(ton/km)
Vrachtwagen, vaste mest, export	0,00	f/ton	+ 0,072	f/(ton/km)
Trekker, transport kalvergier	2,50	f/ton	+ 0,045	f/(ton/km)

Retourvrachten

Vrachtwagen, drijfmest	0	%
Vrachtwagen, vaste mest, binnenland	50	%
Vrachtwagen, vaste mest, export	100	%
Trekker	0	%

Bemestingshoeveelheden

Drijfmest bouwgrond	24	ton/ha
Drijfmest grasland	32	ton/ha
Droge mest bouwland	4,5	ton/ha
Mestkorrels	2,0	ton/ha
Kunstmest	0,3	ton/ha
Verdere gegevens mestaanwenden:	zie bijlage 9	

Bijlage 2 Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking zeugemest

Massa- en energiebalans

		Onbewerkt	Bezinken:Z1-Z3			Indampen + O.O.: Z2 en Z3			Droger: Z3		
Stroomnr.		1	2	3	4	3+4	5	6	2+5	7	8
Stof	een- heid	mest	dik	dun	zuur	in- voer	con- centr.	per- meaat	in- voer	con- dens.	kor- rel
Massa	kg	1.000	260	740	4,63	745	126	619	386	323	63,1
Droge stof	kg	50,4	29,8	20,7	4,44	25,1	25,1		54,9		54,9
N	kg	4,90	1,86	3,04		3,04	3,04		4,90		4,90
P	kg	1,58	0,90	0,68		0,68	0,68		1,58		1,58
K	kg	3,83	1,07	2,75		2,75	2,75		3,83		3,83
Elektriciteit	kWh					4,47				22,6	2,52
Aardgas	m ³					4,47				38,7	
Totaal energie- verwerking		Elektriciteit				Aardgas				Totaal	
		kWh/ton		MJ/ton		m ³ /ton		MJ/ton		MJ/ton	
Variant Z0:		0		0		0		0		0	
Variant Z1:		0		0		0		0		0	
Variant Z2:		4,47		16,1		4,47		141		157	
Variant Z3:		29,6		106		43,2		1.370		1.470	

(vervolg bijlage 2 zie pagina 94)

Kostenopbouw verwerking

	<i>f/ton ruwe mest</i>	<i>f/ton korrel</i>	<i>f/(zeug/j)</i>
Indamper (Z2 en Z3)			
Kapitaal	7,45	118	39,10
Onderhoud	1,10	17,50	5,80
Elektriciteit	0,58	9,21	3,05
Aardgas	1,03	16,30	5,40
Zwavelzuur	0,69	11,00	3,65
Personeel	1,32	21,00	6,96
Heffing effluent	0,05	0,78	0,26
Overhead + diversen	2,00	31,70	10,50
Totaal	14,20	226,00	74,80
Droger (Z3)			
Kapitaal	26,10	413,00	137,00
Onderhoud	3,86	61,20	20,30
Elektriciteit	3,26	51,70	17,20
Aardgas	8,90	141,00	46,80
Zwavelzuur	0,00	0,00	0,00
Personeel	10,60	168,00	55,70
Verpakking	2,08	33,00	10,90
Heffing effluent	0,03	0,40	0,13
Overhead + diversen	2,00	31,70	10,50
Totaal	56,80	900,00	298,00
Totaal (Z3)			
Kapitaal	33,50	531,00	176,00
Onderhoud	4,96	78,70	26,10
Elektriciteit	3,84	61,00	20,20
Aardgas	9,93	157,00	52,20
Zwavelzuur	0,69	11,00	3,65
Personeel	11,90	189,00	62,60
Verpakking	2,08	33,00	10,90
Heffing effluent	0,07	1,18	0,39
Overhead + diversen	4,00	63,40	21,00
Totaal	69,50	1.100,00	365,00

Bijlage 3 Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking vleesvarkensmest

Massa- en energiebalans

Stroomnr. Stof	een- heid	Onbewerkt	Indampen + drogen: V1					
		1 mest	2 kalk	3 poly-el.	totaal in	4 af- gas	5 efflu- ent	6 kor- rel
Massa	kg	1.000	90,00	234	1.320	10,3	1.210	106
Droge stof	kg	90,0	9,00	0,23	99,2	99,2	0,00	89,3
N	kg	10,1			10,1	3,04	0,00	7,08
P	kg	2,03			2,03		0,00	2,03
K	kg	6,87			6,87		0,00	6,87
Elektriciteit	kWh							72,00
Aardgas	m ³							24,00
Totaal energie- verwerking		Elektriciteit		Aardgas		Totaal		
		kWh/ton	MJ/ton	m ³ /ton		MJ/ton	MJ/ton	
Variant V0:		0	0	0		0	0	
Variant V1:		72,00	259	24,00		760	1.020	

Kostenopbouw verwerking

	f/ton ruwe mest	f/ton korrel	f/(vleesvarken/j)
Droger (V1)			
Kapitaal	27,00	263,00	33,80
Onderhoud	4,00	39,00	5,00
Elektriciteit	9,36	81,20	11,70
Aardgas	5,52	53,80	6,90
Kalk	1,80	17,50	2,25
Polyelektrolyt	2,25	21,90	2,81
Personeel	6,40	62,40	8,00
Verpakking	3,39	33,00	4,23
Heffing effluent	0,10	0,93	0,12
Overhead + diversen	1,00	9,74	1,25
Totaal	60,80	592,00	76,00

Bijlage 4 Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking leghennenmest

Massa- en energiebalans

Stroomnr. Stof	een- heid	Onbewerkt	Verdun- ning: LO		Banddro- ging: L1-L3		Tunnel- droger: L2		Centr. droger: L3	
		1 mest	2 water	3 mest dun	4 ven- til.	5 droge mest	6 ven- til.	7 poe- der	8 con- dens.	9 kor- rel
Massa	kg	1.000	220	1.220	600	400	147	253	147	253
Droge stof	kg	220		220		220		220		220
N	kg	16,0		16,0		16,0	0,16	15,8		16,0
P	kg	3,97		3,97		3,97		3,97		3,97
K	kg	6,67		6,67		6,67		6,67		6,67
Elektriciteit	kWh				36,4		58,8	10,1	11,0	10,1
Aardgas	m ³				3,64		0,00		17,7	
Totaal energie- verwerking		Elektriciteit		Aa2rdgas		Totaal				
		kWh/ton		MJ/ton		m ³ /ton		MJ/ton		MJ/ton
Variant L0:		0		0		0		0		0
Variant L1:		36,4		131		3,64		115		246
Variant L2:		105		379		3,64		115		494
Variant L3:		57,5		207		21,3		674		881

(vervolg bijlage 4 zie pagina 97)

Kostenopbouw verwerking

	f/ton ruwe mest	f/ton korrel	f/ton droge mest	f/(ga leghen/f)
Mestbandbeluchting (L2, L3)				
Kapitaal	9,26	36,60	23,10	0,51
Onderhoud	2,06	8,14	5,14	0,11
Elektriciteit	5,45	21,60	13,60	0,30
Aardgas	1,56	6,18	3,91	0,09
Diversen	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaal	18,30	72,50	45,80	1,01
Tunneldroging (L2)				
Kapitaal	18,50	73,20	46,30	1,02
Onderhoud	3,29	13,00	8,23	0,18
Elektriciteit	8,83	34,90	22,10	0,49
Aardgas	0,00	0,00	0,00	0,00
Diversen	0,00	0,00	0,00	0,00
Totaal	30,60	121,00	76,60	1,68
Extern pelletiseren (L2)				
Pelletiseren en verpakken	17,70	70,00	44,20	0,97
Totaal L2 (mestbandbeluchting, tunneldroging en extern pelletiseren)				
Kapitaal	27,80	110,00	69,40	1,53
Onderhoud	5,35	21,20	13,40	0,29
Elektriciteit	14,30	56,50	35,70	0,79
Aardgas	1,56	6,18	3,91	0,09
Overhead + diversen	0,00	0,00	0,00	0,00
Pelletiseren en verpakken	17,70	70,00	44,20	0,97
Totaal	66,70	264,00	167,00	3,67
Drogen (L3)				
Kapitaal	14,40	57,00	36,00	0,79
Onderhoud	3,20	12,70	8,01	0,18
Elektriciteit	2,75	10,90	6,87	0,15
Aardgas	4,06	16,10	10,20	0,22
Personeel	4,27	16,90	10,70	0,23
Verpakking	8,34	33,00	20,90	0,46
Heffing effluent	0,02	0,09	0,06	0,00
Overhead + diversen	0,80	3,16	2,00	0,04
Totaal	37,90	150,00	94,70	2,08
Totaal L3 (mestbandbeluchting en droging)				
Kapitaal	23,70	93,60	59,20	1,30
Onderhoud	5,26	20,80	13,20	0,29
Elektriciteit	8,20	32,40	20,50	0,45
Aardgas	5,62	22,20	14,10	0,31
Personeel	4,27	16,90	10,70	0,23
Verpakking	8,34	33,00	20,90	0,46
Heffing effluent	0,02	0,09	0,06	0,00
Overhead + diversen	0,80	3,16	2,00	0,04
Totaal	56,20	222,00	140,00	3,09

Bijlage 5 Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking vleeskuikenmest

Massa- en energiebalans

Stroomnr. Stof	een- heid	Onbewerkt		Centrale droging: S1	
		1 mest		2 Condensaat	3 Korrel
Massa	kg	1.000		310	690
Droge stof	kg	600		0,00	600
N	kg	56,5		0,00	56,5
P	kg	10,0		0,00	10,0
K	kg	28,3		0,00	28,3
Elektriciteit	kWh			23,3	27,6
Aardgas	m ³			37,2	
Totaal energie- verwerking		Elektriciteit		Aardgas	
		kWh/ton	MJ/ton	m ³ /ton	MJ/ton
Variant S0:		0	0	0	0
Variant S1:		50,9	183	37,2	1.180

Kostenopbouw verwerking

	f/ton ruwe mest	f/ton korrel	f/(vleeskuiken/vj)
Droger (S1)			
Kapitaal	32,00	46,40	0,32
Onderhoud	7,11	10,30	0,07
Elektriciteit	6,61	9,59	0,07
Aardgas	8,57	12,40	0,09
Personeel	10,70	15,50	0,11
Verpakking	22,80	33,00	0,23
Heffing effluent	0,05	0,07	0,00
Overhead + diversen	2,00	2,90	0,02
Totaal verwerking	89,80	130,00	0,90

Bijlage 6 Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking melkveemengmest

Massa- en energiebalans

Stroomnr. Stof	een- heid	Onbewerkt	Scheiding: M1,M2		Droger: M2	
		1 Mest	2 Dik	3 Dun	4 Condens.	5 Poeder
Massa	kg	1.000	260	740	196	64,1
Droge stof	kg	90	55,8	34,2	0,00	55,8
N	kg	5,59	1,51	4,08	0,00	1,54
P	kg	0,81	0,28	0,53	0,00	0,28
K	kg	5,68	1,31	4,37	0,00	1,31
Elektriciteit	kWh		1,60		14,7	2,57
Aardgas	m ³				23,5	
Totaal energie- verwerking		Elektriciteit		Aardgas		Totaal
		kWh/ton	MJ/ton	m ³ /ton	MJ/ton	MJ/ton
Variant M0:		0	0	0	0	0
Variant M1:		1,60	5,76	0	0	5,76
Variant M2:		18,9	67,9	23,5	744	812

(vervolg bijlage 6 zie pagina 100)

Kostenopbouw verwerking

	<i>f/ton ruwe mest</i>	<i>f/ton korrel</i>	<i>f/(melkkoeij)</i>
Mechanische mestscheiding (M1, M2)			
Kapitaal	0,68	10,60	13,30
Onderhoud	0,15	2,35	2,95
Elektriciteit	0,24	3,74	4,70
Personeel	1,01	15,70	19,70
Totaal	2,08	32,40	40,60
Droger (M2)			
Kapitaal	22,60	353,00	443,00
Onderhoud	3,35	52,30	65,60
Aardgas	5,41	84,30	106,00
Elektriciteit	2,48	35,00	43,90
Verpakking	2,12	33,00	41,40
Personeel	9,95	139,00	175,00
Heffing effluent	0,03	0,48	0,61
Overhead	2,00	31,20	39,10
Totaal	48,80	729,00	915,00
Totaal M2			
Kapitaal	23,30	364,00	456,00
Onderhoud	3,50	54,60	68,60
Aardgas	5,41	84,30	106,00
Elektriciteit	2,48	38,70	48,60
Verpakking	2,12	33,00	41,40
Personeel	9,95	155,00	195,00
Heffing effluent	0,03	0,48	0,61
Overhead	2,00	31,20	39,10
Totaal	48,80	761,00	955,00

Bijlage 7 Massa- en energiebalans en kostenopbouw verwerking vleeskalverenmest

Massa- en energiebalans

Variant K1		Onbewerkt		KGBI: K1													
Stroomnr.	eenheid	1	Mest	2	kalk	4	totaal in	5	verademd	6	7						
Stof											effluent						
Massa	kg	1.000		22,5		1.020		5,56		150	867						
Droge stof	kg	20,0		2,25		22,2		5,56		9,00	7,69						
N	kg	2,68				2,68		2,14		0,49	0,05						
P	kg	0,54				0,54				0,51	0,03						
K	kg	2,67				2,67				0,39	2,28						
Elektriciteit	kWh							10,0									
Aardgas	m³																
Variant K2		Onbewerkt		KGBI + Centrifuge: K2													
Stroomnr.	eenheid	1	Mest	2	Kalk	3	Totaal in	4	Verademd	5	6	7	8	9	10	11	
Stof										Slib	Effluent	Poly-el.	Centrif.	Koek	Condens.	Poeder	
Massa	kg	1.000		22,5		1.150		5,56		150	991	27,0	124	53,1	42,7	10,4	
Droge stof	kg	20,0		2,25		22,2		5,56		9,00	7,69	0,027		9,03	0,00	9,03	
N	kg	2,68				2,68		2,14		0,49	0,05			0,49	0,00	0,49	
P	kg	0,54				0,54				0,51	0,03			0,51	0,00	0,51	
K	kg	2,67				2,67				0,35	2,32	0,30		0,35	0,35	0,35	
Elektriciteit	kWh							10,0							3,20	0,42	
Aardgas	m³														5,13		
Totaal energie verwerking		Elektriciteit		Aardgas		Totaal											
		kWh/ton	MJ/ton	m³/ton	MJ/ton												
Variant K0:		0		0													
Variant K1:		10,0		36,0													
Variant K2:		13,9		50,1													

Kostenopbouw verwerking

	f/ton ruwe mest	f/ton korrel	f/(vleeskalf/j)
KGBI (K1)			
Kapitaal	4,58		16,00
Onderhoud	0,90		3,15
Elektriciteit	1,20		4,20
Kalk	0,45		1,58
Polyelektrolyt	0,00		0,00
Personeel	0,60		2,10
Heffing effluent	0,69		2,40
Overhead	1,00		3,50
Totaal	9,41		32,90
KGBI + centrifuge (K2)			
Kapitaal	4,83	465,00	16,90
Onderhoud	0,95	91,60	3,33
Aardgas	0	0	0
Elektriciteit	1,24	119,00	4,33
Kalk	0,45	43,40	1,58
Polyelektrolyt	0,27	26,00	0,95
Verpakking	0	0	0
Personeel	0,60	57,80	2,10
Heffing effluent	0,78	75,60	2,75
Overhead	1,00	96,40	3,50
Totaal	10,10	975,00	35,40
Droger (K2)			
Kapitaal	1,87	181,00	6,56
Onderhoud	0,55	53,30	1,93
Aardgas	1,18	114,00	4,13
Elektriciteit	0,43	41,90	1,52
Kalk	0	0	0
Polyelektrolyt	0	0	0
Verpakking	0,34	33,00	1,20
Personeel	1,10	106,00	3,85
Heffing effluent	0,00	0,33	0,01
Overhead	0,50	48,20	1,75
Totaal	5,99	577,00	21,00
Totaal K2 (KGBI, centrifuge en droger)			
Kapitaal	6,70	646,00	23,50
Onderhoud	1,50	145,00	5,26
Aardgas	1,18	114,00	4,13
Elektriciteit	1,67	161,00	5,85
Kalk	0,45	43,40	1,58
Polyelektrolyt	0,27	26,00	0,95
Verpakking	0,34	33,00	1,20
Personeel	1,70	164,00	5,95
Heffing effluent	0,79	75,90	2,76
Overhead	1,50	145,00	5,25
Totaal	16,10	1.550	56,40

Bijlage 8 Energieverbruik en kosten van centrale mestopslag

Berekening kosten mestopslag per m³ mest

Inhoud	2.500	m ³
Investering	60	f/m ³ (KWIN, 1994 en Schellekens, persoonlijke mededeling, 1995)
Investeringsbedrag	150.000	f
Afschrijving	5	%
Rente	3,5	%
Onderhoud	2,5	%
Jaarkosten	16.500	f
Kosten per m ³ inhoud	6,60	f/m ³
Deel mest dat in silo overwintert	40	%
Mest die via silo gaat	6.250	m ³
Kosten per m ³ mest	2,64	f/m ³

Berekening energieverbruik mestopslag per m³ mest (Mixer alleen voor het uitrijden, alleen van de opgeslagen mest)

Uitrijddagen silo-inhoud	8	dgn (Krebbbers, persoonlijke mededeling, 1995)
Gemiddelde vulling bij mixen	1.500	m ³
Rondpompen silo-inhoud	1,0	maal per uitrijddag voor het uitrijden
Capaciteit mixer	100	m ³ /uur
Mixduur bij gem. vulling	5	uur
Aantal mixers	3	stuks \
Nominaal vermogen	7,5	kW/st }(Groot Roessink, persoonlijke mededeling, 1995)
Opgenomen vermogen	6,0	kW/st /
Verbruikt vermogen	90	kWh per gemiddelde mixdag
Totaal verbruikt vermogen	720	kWh per 2.500 m ³ aanwezige mest
Energie-inhoud elektriciteit	3,6	MJ/kWh
Totaal verbruikte energie	2.590	MJ per 2.500 m ³ mest
Energie per m ³ inhoud	1,04	MJ/m ³ overwinterde mest
Deel mest dat in silo overwintert	40	%
Energie per m ³ mest	0,41	MJ/m ³ mest die via de silo gaat

Bijlage 9 Kosten van mestaanwenden

Voor berekening van de kosten van mestaanwenden is uitgegaan van Krebbers en Huijsmans (1990). Zij hebben voor mestaanwenden op grasland een model-perceel opgesteld. Hiermee wordt gerekend om te komen tot een uur- en ton-tarief. In onderstaande tabel B9.1 wordt een overzicht gegeven van de berekening van de kosten per ha en per ton aangewende mest.

Tabel B9.1 Overzicht van berekeningen voor kosten van mestaanwenden

	eenheid	Zodebemester grasland mestkorrels	Bouwland- injecteur kunstmest	Granulaat- strooier	Granulaat- strooier	Meststrooier vaste mest
<i>Aanwenden:</i>						
Lengte	m	210	210	210	210	210
Breedte	m	120	120	120	120	120
Oppervlakte	ha	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Werkbreedte	m	6	4,3	12	12	5
Aantal banen	st	20	28	10	10	24
Werklengte	m	4.200	5.880	2.100	2.100	5.040
Snelheid	km/u	8	8	9	9	5
Tijd/perceel	u/perc	0,53	0,74	0,23	0,23	1,01
Tijd/ha	u/ha	0,21	0,29	0,09	0,09	0,40
<i>Transport+laden:</i>						
Afstand enkele reis	km	1	3	1	1	1
Rijsnelheid	km/u	15	25	15	15	15
Transporttijd	u	0,13	0,24	0,13	0,13	0,13
Mest/ha	ton/ha	32	24	2	0,3	4,5
Mest totaal nodig	ton	80,6	60,5	5,0	0,8	11,3
Vracht	ton	10	22	2,5	2,5	6
Aantal ritten	st	8	3	2	1	2
Transporttijd totaal	u	1,07	0,72	0,27	0,13	0,27
Transporttijd/ha	u/ha	0,42	0,29	0,11	0,05	0,11
Laadsnelheid	ton/min	4	4	2	2	0,5
Laadtijd	min	2,5	5,5	1,25	1,25	12
Laadtijd totaal	u	0,33	0,28	0,04	0,02	0,40
Laadtijd /ha	u	0,13	0,11	0,02	0,01	0,16
Algemene rijtijd	u	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Algemene rijtijd/ha	u/ha	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Totale tijd/ha	u/ha	0,86	0,79	0,31	0,25	0,76
Aantal strooiers	st					2
Capaciteit	ha/u	1,1	1,2	3,1	3,9	2,6
Praktijk tarief/uur	f/u	200	250	75	75	200
Kosten/ha	f/ha	182,00	208,00	24,20	19,20	76,90
Kosten/ton	f/ton	5,68	8,68	12,10	64,10	17,10

Bijlage 10 Mineralensamenstelling van mestkorrels

In zeven mestafzetketens wordt een mestkorrel geproduceerd. Op basis van deze ketens kan over sectoren de mineralensamenstelling van de korrels vergeleken worden. In tabel B10.1 zijn de gehalten N, P en K in gr/kg mestkorrel weergegeven. Tussen de sectoren zijn er duidelijke verschillen in mineralengehalten. Deze verschillen zijn relevant bij de waardering van de mestkorrels voor de afnemer.

Tabel B10.2 *Vergelijking van de berekende mineralengehalten in mestkorrels geproduceerd van verschillende soorten dierlijke mest (gr/kg)*

	eenheid	Z3	V1	L2	L3	S1	M2	K2
Stikstof	gr N/kg	77,7	69,0	62,6	63,2	81,9	23,5	47,2
Fosfor	gr P/kg	25,1	19,7	15,7	15,7	14,6	4,4	49,1
Kalium	gr K/kg	60,7	66,9	26,4	26,4	41,1	20,4	33,7

De mestkorrels op basis van melkveemest hebben in verhouding tot de mestkorrels van de andere dierssectoren lage gehalten voor N, P en K. Deze lage niveau's worden verklaard door het toepassen van mechanische scheiding op boerderij-niveau, waarbij slechts een deel van de mineralen en een relatief groot deel van de organische stof uiteindelijk in de korrel terecht komt. In de mestkorrels die van kalvergier gemaakt zijn, is het gehalte aan N relatief laag. Dit wordt verklaard door de gebruikte verwerkingstechniek, waar een groot deel van de N wordt omgezet in stikstofgas. Daarnaast is het grootste deel van de K in het effluent terecht gekomen. De mestkorrels van varkensmest hebben in vergelijking met de andere sectoren een hoger K-gehalte.

Tabel B10.2 *Vergelijking berekende en gemeten samenstelling van een aantal mestprodukten (in kg/ton) b= berekend; a= gemeten waarde volgens analyse*

Variant	V1		L2		S1		K1	
	b	a 1	b	a 2	b	a 3	b	a 4
Ds	870	870	870	890	870	880	60	51
N	69	39	63	48	82	44	3,3	2,3
P	20	16	16	12	15	12	3,4	2,5
K	67	47	26	19	41	28	2,3	3,3

- 1 7 monsters van 1 bedrijf
- 2 6 monsters van 2 bedrijven
- 3 17 monsters van 2 bedrijven
- 4 12 mengmonster van 4 KGBI's

De in de varianten S1, L2, V1 en K1 berekende produkten worden ook daadwerkelijk en op praktijkschaal geproduceerd. Hun berekende samenstelling is in tabel B10.2 vergeleken met beschikbare analysecijfers van deze produkten (Anoniem, 1995).

Bij vergelijking valt op dat het gemeten mineralengehalte bij alle produkten lager is dan de berekende waarde, met name bij de korrels en vooral wat betreft N. Hiervoor zijn een aantal mogelijke oorzaken aan te wijzen:

- de WUM heeft nauwkeurige balansberekeningen gemaakt voor de uitscheiding van mineralen, maar veel minder nauwkeurige cijfers geproduceerd ten aanzien van het mestvolume en het drogestofgehalte. Hierdoor is mogelijk de berekende verhouding tussen droge stof en mineralen te laag uitgevallen;
- selectieve aanvoer van "betere" mest naar verwerkende bedrijven;
- wellicht treedt er in de mest van vleeskuikens verlies op van N via nitrificatie en denitrificatie. Bij meting van de emissie van ammoniak wordt een dergelijke post niet in kaart gebracht;
- er treden bij het drogen van vleeskuikenmest bij de bestaande bedrijven stikstof-verliezen op waarmee in de variant S1 niet is gerekend. Bij die variant is verondersteld dat alle N in het produkt terecht komt;
- verschillen in analysemethoden.