

Ref.nr. : 85-010120
Dossiernr. : 8728-12611
Datum : december 1988
P

Titel
DE BETEKENIS VAN MESTVERGISTING VOOR
ENERGIE-, MILIEU- EN GRONDSTOFFENBEHEER

Auteur(s):

Dr.Ir. E. Mot (projectleider) *
Drs. G. Gerritse *
Ing. F. van Voorneburg **
Dr.Ir. W.H. Rulkens **

* Centrum voor Energievraagstukken
** afdeling Milieutechnologie

Trefwoord(en):

- mestvergisting
- grootschalige mestverwerking
- maatschappelijke kosten-batenanalyse

Projectnr. PEO: 24.41-060

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Projectbeheerbureau Energieonderzoek (PEO) in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen (N.O.H.).

Beheer en coördinatie van het N.O.H.-programma berusten bij:

PEO

Stichting Projectbeheerbureau Energieonderzoek

Leidseveer 35

Utrecht, tel. 030-333131

en

RIVM

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne

Anthonie van Leeuwenhoeklaan 9

3720 BA Bilthoven, tel. 030-749111

Voor vragen over het N.O.H. kunt u terecht bij:

Informatiecentrum N.O.H.

Anthonie van Leeuwenhoeklaan 9

3720 BA Bilthoven, tel. 030-743166

Het informatiecentrum N.O.H. geeft geen garantie voor de juistheid en/of volledigheid van gegevens, ontwerpen, constructies, produkten of produktiemethoden voorkomend of beschreven in dit rapport, noch voor de geschiktheid daarvan voor enige bijzondere toepassing.

Meer exemplaren van dit rapport zijn verkrijgbaar door overmaking van f 40,- op bankrekening 53.10.43.762 van de ABN ten name van Hoofdgroep MT-TNO, Apeldoorn, onder vermelding van ref.nr. 85-010120, "Mestvergisting".

VERANTWOORDING

Dit rapport is mede tot stand gekomen dank zij adviezen van:

- | | |
|---|--|
| - Ir. J.A.A.J. van Aspert | Raadgevend Ingenieursbureau
Van Aspert B.V., Uden. |
| - Ir. J.Th. J. Beeren | Heidemij Nederland BV, Arnhem |
| - Ir. P.J.W. ten Have, | Rijks Agrarische Afvalwater Dienst, |
| - Ir. K.W. v.d. Hoek ^{*)} | Arnhem |
| - Ing. P. Hoeksma, | Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en |
| - Ing. H.R. Poelma, | Gebouwen, Wageningen |
| - Ir. J.A.M. Voermans ^{**)} | |
| - Ir. I.W. Koster | Landbouwhogeschool, vakgroep
Waterzuivering, Wageningen |
| - Ir. L.C.N. de la Lande Cremer | Instituut voor Bodemvruchtbaarheid,
Haren |
| - Ir. W.J. van Nes | Centrum voor Energiebesparing, Delft |
| - Drs. P.A. Okken | Interfacultaire Vakgroep Energie en
Milieukunde, Rijksuniversiteit
Groningen |
| - Dr. ir. A.F.M. van Velsen ^{***)} | Vakgroep Waterzuivering,
Landbouwhogeschool, Wageningen |
| - Ir. J.H.M. Wijnands | Landbouw Economisch Instituut,
's-Gravenhage. |

De auteurs zijn de adviseurs erkentelijk voor de aandacht, die zij aan deze studie hebben besteed. Hun commentaar en opbouwende kritiek heeft zeker bijgedragen tot de kwaliteit van deze studie. Anderzijds is het (weer) duidelijk geworden, dat dit onderwerp controversieel is, en dat ook deskundigen op veel punten onderling van mening verschillen.

In de uiteindelijke tekst, die uiteraard de verantwoordelijkheid van de auteurs blijft, is getracht de verschillende visies tot uiting te brengen, en hieruit gemotiveerde keuzen te maken, voor zover dit voor de opzet van de studie nodig was.

Het feit, dat niet iedereen zich in elke keuze zal kunnen vinden doet geen afbreuk aan onze waardering voor de inzet van de adviseurs.

*) Thans Consulentschap Algemene Dienst voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Veehouderij, Wageningen.

***) Thans Consulentschap Varkenshouderij, Utrecht.

***) Thans Haskoning, Nijmegen.

DE BETEKENIS VAN MESTVERGISTING VOOR ENERGIE-, MILIEU- EN GRONDSTOFFENBEHEER.

INHOUDSOPGAVE	<u>Blz.</u>
VOORWOORD	6
KORTE SAMENVATTING	9
SAMENVATTING	10
1. STAND VAN ZAKEN VAN MESTVERGISTING	24
2. MESTVERGISTING EN ENERGIEBEHEER	32
3. MESTVERGISTING EN MILIEUBEHEER	40
4. MESTVERGISTING EN GRONDSTOFFENBEHEER	51
5. DE ROL VAN VERGISTEN BIJ GROOTSCHALIGE MESTVERWERKING	54
6. TECHNISCHE BELEMMERINGEN EN PERSPECTIEVEN	79
7. NIET-TECHNISCHE BELEMMERINGEN EN IMPULSEN	87
8. ENIGE UITGANGSPUNTEN VOOR EEN INTEGRALE EVALUATIE VAN MESTVERGISTING	97
9. FINANCIËLE EVALUATIE STANDAARDEENHEDEN (100 en 20.000 gve) ¹⁾	108
10. AFWEGING MAATSCHAPPELIJKE KOSTEN EN BATEN VAN MESTVERGISTING OP NATIONAAL NIVEAU	130
CONCLUSIES	138
AANBEVELINGEN	142
REFERENTIES	145

1) grootvee-eenheden.

INHOUDSOPGAVE (vervolg)

BIJLAGEN

1. Vergelijking van de uitgangspunten bij rentabiliteitsberekeningen van kleinschalig vergisten bij melkveebedrijven.
2. Proefinstallatie mestverwerking Helmond (Stichting Vos)
3. Proefinstallatie mestverwerking Sterksel (Stuurgroep Mestproblematiek Noord-Brabant)
4. Samenstelling van dierlijke meststoffen in kg per 1000 kg mest; zware metalen in dierlijke mest in mg/kg.
5. Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking zonder ammoniakstrippen, zonder vergisten (varkensmest).
6. Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking zonder ammoniakstrippen, met vergisten (varkensmest).
7. Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking met ammoniakstrippen, zonder vergisten (varkensmest).
8. Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking met ammoniakstrippen, met vergisten (varkensmest).
9. Uitgangspunten bij de berekeningen van kleinschalig vergisten.
10. Jaarlijkse kosten van kleinschalig vergisten.
11. WIR-premies bij kleinschalig vergisten.
12. Jaarlijkse kosten bij grootschalig vergisten.
13. Kosten en opbrengsten van vergisten bij mestvarkensbedrijven.
14. Kosten en opbrengsten van vergisten bij melkveebedrijven.
15. Uitgangspunten bij de berekeningen van de potentieel-schattingen.

VOORWOORD

Het doel van deze studie is na te gaan, wat de maatschappelijke mogelijkheden en gevolgen zijn van mestvergisting ten aanzien van energie, milieu en grondstoffen. Om tot een inzicht in deze problematiek te komen zullen, zowel voor klein- als grootschalige toepassingen, de effecten van mestvergisting zo goed mogelijk worden gekwantificeerd.

In de zeventiger jaren, toen het mestoverschottenprobleem zich - althans voor de insiders - aankondigde, werd mestvergisting in sommige kringen gepresenteerd als de oplossing.

Anderen stelden daar al spoedig tegenover, dat het overschottenprobleem een mineralenprobleem is, en dat het vergisten van de mest, respectievelijk het produceren van biogas, daar niets wezenlijks aan verandert.

Langzamerhand heeft de laatste opvatting veld gewonnen, en daarmee krijgt de eerste het karakter van een - overigens nogal hardnekkig - misverstand [66].

Vergisten lost het overschottenprobleem niet op. Daar zijn alle deskundigen het nu wel over eens.

Echter, als reactie op het aanvankelijke overoptimisme ten aanzien van mestvergisten dreigt nu in sommige landbouwkundige kringen de balans naar de andere kant door te slaan en wordt mestvergisting afgewezen, omdat het het overschottenprobleem niet oplost.

En daarmee zou dan wel eens het kind met het badwater weggegooid kunnen worden. Of, concreter, daarmee wordt dan voorbijgegaan aan de vraag, of aan deze techniek andere baten kunnen worden toegekend. En aldus zou mestvergisting het slachtoffer kunnen worden van aanvankelijke, onge-rechtvaardigde verwachtingen.

Ter voorkoming van nieuw misverstand moet daar dan direct aan worden toegevoegd dat, in de opvatting van de auteurs, mestoverschotten en mestvergisting wèl iets met elkaar te maken (kunnen) hebben. Zo kan vergisten een eerste stap zijn in een grootschalig verwerkingsproces van mest tot een hygiënischer, en beter hanteerbaar "kunstmestachtig" produkt, dat geen nadelige gevolgen heeft voor het milieu en dat beter afzetbaar is dan onbehandelde mest.

Maar daarmee is dan nog niet gezegd, dat mestvergisting wèl van voldoende belang zou zijn om tot wijdverbreide toepassing te komen. Of dat zo is, is op dit moment nog een open vraag. En het leveren van een bijdrage tot een

antwoord op deze vraag is het doel van deze studie. Uitgangspunt is daarbij, dat niet alleen moet worden gekeken naar de waarde van het biogas, maar ook naar de (positieve en/of negatieve) effecten die mestvergisting heeft voor het beheer van milieu en grondstoffen.



„Seit ich den Biodung aus der bima-Anlage ausbringe, habe ich einen deutlich sichtbaren Mehrertrag“, meint Landwirt Gstach und demonstriert die übergroßen Kleeblätter.

Dat biogasproductie bij de individuele boer financieel nog een marginale zaak is, is bekend. Maar wat zijn, concreet, de andere gevolgen van mestvergisting? Hoeveel realiteitswaarde kan bijvoorbeeld worden toegekend aan bovenstaande, uit een brochure gecopieerde mededeling? Wat is het effect van biogas op stankvermindering? En welke economische waarde kan daaraan worden toegekend? Geeft een koe meer (of minder) melk, als zij gras eet, dat met vergiste mest is bemest? Wat is de betekenis van mestvergisting als eerste stap in een grootschalig verwerkingsproces van natuurlijke mest tot kunstmest? Alleen energiewinst? Of zijn er meer effecten?

In deze studie worden veel vragen aangevoerd, waar nog geen antwoord op is. Sommige van die vragen kunnen aanleiding zijn tot nader onderzoek.

Duidelijk is in ieder geval, dat de vraag "vergisten of niet vergisten" niet met een simpel ja of nee kan worden beantwoord. Het antwoord zal bijvoorbeeld anders moeten luiden in gebieden met mestoverschotten dan in gebieden met tekorten, en anders voor een individuele boer met 100 dan wel 200 koeien. En wéér anders voor een varkensbedrijf, of voor een grootschalige mestverwerkingsfabriek, zoals die thans o.a. door de Werkgroep Mestverwerking van COLA¹⁾, de projectgroep Mestproblematiek NCB²⁾ of door de Stichting VOS³⁾ wordt voorbereid.

1) Coördinatiecommissie Landbouwkundige Aspecten Afvalverwerking.

2) Noordbrabantse Christelijke Boerenbond.

3) Stichting Verwerking Organische Stoffen.

De techniek van vergisten is bekend, hoewel de mogelijkheden tot procesverbetering nog lang niet zijn uitgeput. De technische en andere problemen, die zich bij de uitvoering van - kleinschalige - installaties voordoen zijn aanzienlijk, maar ze zijn toch in beginsel oplosbaar.

Onderzoek op het gebied van grootschalige mestverwerking is in volle gang; demonstratie moet nog vrijwel aanvangen.

De tijd zal moeten leren, of mestvergisting op kortere of langere termijn volwassen wordt. En omdat - mede door de kinderziekten - echte rentabiliteit nu nog niet altijd haalbaar lijkt, is de vraag, hoeveel geld de overheid in onderzoek naar en demonstratie van mestvergisting steekt daarbij van centraal belang.

Emile Mot

KORTE SAMENVATTING

In deze studie wordt een maatschappelijke kosten-batenanalyse gegeven van het kleinschalig vergisten van varkensdrijfmest, respectievelijk runderdrijfmest in een installatie van 100 grootvee-eenheden (gve) en van het grootschalig vergisten van varkensdrijfmest in een installatie van 20.000 gve.

In de analyse worden niet alleen de energieaspecten, maar ook de invloed van vergisten op milieu en grondstoffen zoveel mogelijk gekwantificeerd. Daarbij wordt onder andere gebruik gemaakt van de schaduwprojectmethode.

Bij kleinschalig vergisten komen de belangrijkste baten voort uit biogaswinning. Effecten op het gebied van milieu en grondstoffen verbeteren de rentabiliteit verder. Daarbij is vooral de vermindering van stank bij het uitrijden van de mest van belang; de overige grondstoffen- en milieueffecten zijn kleiner.

Bij de analyse van grootschalig vergisten in combinatie met mestverwerken blijkt, dat door vergisten als eerste stap te kiezen in een verwerkingsproces, in het algemeen een gunstig effect wordt verkregen op de overige processtappen. Dit komt onder andere tot uiting in een lager verbruik van chemicaliën bij het scheidingsproces. En de gewonnen energie kan in het verwerkingsproces worden benut.

Opschaling van de onderzochte basiseenheden tot het maximaal mogelijke aantal voor toepassing van mestvergisting in Nederland leidt tot mestvergisten voor bijna 8.000 kleine bedrijven (totale investering f 0,5 mld, gasopbrengst 100 mln m³ aeq/jr¹⁾, maatschappelijke baten f 12 mln/jr). Daarbij is verondersteld dat, waar nodig, twee of drie bedrijven gaan samenwerken bij het exploiteren van één vergistingsinstallatie.

Bij 30% lagere investering kunnen ruim 23.000 kleine bedrijven participeren (totale investering f 1,4 mld, gasopbrengst 200 mln m³ aeq/jr, maatschappelijke baten f 33 mln/jr).

Grootschalig vergisten van een mestoverschot van 20 mln ton/jr in ca. 75 verwerkingsfabrieken vereist een totale investering van f 1,4 mld en levert f 67 mln/jr aan maatschappelijke baten op.

1) aeq: aardgasequivalent.

SAMENVATTING

Inleiding

In deze studie wordt een analyse gegeven van de gevolgen van mestvergisting voor energie-, milieu- en grondstoffenbeheer. Het doel daarvan is na te gaan, welke betekenis aan mestvergisting op nationaal niveau kan worden toegekend. Daarbij is getracht, zo veel mogelijk aspecten financieel te kwantificeren. Daarnaast is aandacht besteed aan niet-kwantificeerbare gevolgen van mestvergisting.

Om tot een "nationaal plaatje" te komen is de studie beperkt tot de in Nederland meest voorkomende mestsoorten: runder- en varkensdrijfmest. Voor beide is daarbij aandacht besteed aan zowel klein- als grootschalig vergisten. Daarbij is grootschalig vergisten voornamelijk beschouwd als een eerste stap in een verwerkingsproces van de mest tot een beter hanteerbaar en maatschappelijk beter acceptabel "kunstmestachtig" produkt (of produkten).

De studie is in essentie een analyse van verschillen. Vele aspecten van de mestproblematiek zijn buiten beschouwing gelaten, omdat ze voor de vraag "vergisten of niet vergisten" irrelevant zijn.

Bij mestvergisting worden organische stoffen door bacteriën afgebroken tot methaan (ca. 65%) en kooldioxide (ca. 35%). Het proces is afhankelijk van een aantal factoren, zoals mestsamenstelling, temperatuur, menging en bacterieel leven in de mest [1,2]. De temperatuur mag variëren van 5 tot 65 °C; (5-25 °C psychrofiel, 25-45 °C mesofiel, 45-65 °C thermofiel). Naarmate de temperatuur hoger is verloopt het proces sneller, maar de warmteverliezen nemen toe. Voor runderdrijfmest is een verblijftijd van ca. 20 dagen optimaal.

Een installatie bestaat hoofdzakelijk uit een vergistingstank, een opslag van vergiste mest en een gashouder. Het functioneren van het systeem wordt vooral bepaald door het roersysteem in de vergistingstank. Globaal kan men daarbij mengsystemen onderscheiden, die werken met een roerpomp, met mechanische roerder en met behulp van de gasdruk [5].

Per m³ mest wordt 13 à 20 m³ biogas geproduceerd. Vooral vanwege de aanwezigheid van H₂S (tot 1%) is gasreiniging noodzakelijk.

De huidige installaties in Nederland hebben meestal een vergisterinhoud van enkele honderden m³; er lopen echter diverse plannen voor grotere installaties.

De belangrijkste voordelen van schaalvergroting zijn:

- de mogelijkheid tot professioneel beheer;
- lagere kosten per m³ biogas;
- de mogelijkheid tot doelmatiger gasbenutting;
- de mogelijkheid tot het verder verwerken van de vergiste mest tot respectievelijk loosbare en verkoopbare produkten.

Nadelen zijn:

- de hogere inzamel- en transportkosten;
- de organisatiekosten;
- langere transportduur en de vereiste tussenopslag;
- groter risico van verspreiding van ziektekiemen.

Energie

In Nederland zou theoretisch maximaal ca. 66 mln ton/jr aan mest vergist kunnen worden. Het biogas hieruit heeft een netto energie-inhoud van ca. 700 mln m³ aardgasequivalent, of ca. 0,8% van het totale energiegebruik in Nederland.

De toepassing op landbouwbedrijven betreft vooral verwarming van gebouwen en tapwater, koken en elektriciteitsproduktie in een warmte/krachtinstallatie. Daarbij vormt de afstemming van vraag en aanbod, vooral bij rundveebedrijven, een probleem.

De rentabiliteit van installaties hangt primair samen met de bedrijfs-grootte. Afhankelijk van de aannamen wordt door verschillende onderzoekers als minimumgrootte de orde van 70 à 175 koeien, of 1000 à 2000 varkens berekend [2, 5, 9].

Bij grootschalig vergisten, gevolgd door verwerken, is gebruik van het biogas in de verwerkingsfabriek het meest voor de hand liggend.

Milieu

Het mestprobleem is per definitie een mestoverschottenprobleem. En mestoverschotten zijn in feite overschotten aan mineralen, die het milieu op ontoelaatbare wijze belasten. De grootte van dat overschot hangt af van de gehanteerde bemestingsnorm. Op basis van de normen van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid zou van de totale jaarproduktie van 86 mln ton ca. 18 mln ton als "overschot" moeten worden aangemerkt [6]. Theoretisch

zou dit overschot geheel in tekortgebieden kunnen worden geplaatst. Gaat men er echter van uit, dat er niet meer fosfaat wordt gegeven dan met de oogst door het gewas wordt onttrokken, dan resteert een landelijk niet afzetbaar overschot van ca. 27 mln ton/jr [58].

Een specifiek probleem van varkensmest is verder, dat er koper in zit. Dit koper remt de groei van cultuurgewassen en vergiftigt het grondwater. Echter, een verbod van kopertoevoeging aan varkensvoer is in het vooruitzicht gesteld.

Omdat bij vergisten alleen wat organische stof wordt afgebroken en de mineralen vrijwel onaangetast blijven, verandert vergisten in eerste benadering niets aan het overschottenprobleem.

Vergisten van mest kan, zij het indirect, een bijdrage leveren aan een vermindering van het probleem van de mestoverschotten. Bij kleinschalig vergisten, omdat vergiste mest een hygiënischer en beter hanteerbaar (dunner, homogener) produkt is dan onvergiste, zodat de maatschappelijke acceptatie kan worden vergroot. Bij grootschalig vergisten, omdat de energie in een verwerkingsfabriek kan worden gebruikt, en omdat de vergiste mest, bij een goede proceskeuze, beter en goedkoper kan worden verwerkt dan onvergiste. En dit grootschalig verwerken kan als één van de weinige mogelijkheden worden beschouwd om het milieuprobleem van de mest op te verminderen zonder de bio-industrie - en de bijbehorende werkgelegenheid - aan te tasten.

Een ander milieuvoordeel van vergisten betreft stankvermindering [45]. De meeste vetzuren en aromatische verbindingen worden door het vergisten in biogas omgezet. Echter, de ammoniakemissie neemt toe, zodat vergiste mest toch een eigen geur heeft [5]. Deze stankvermindering kan ertoe leiden, dat op de boerderij volstaan kan worden met een alleen tegen inregenen en tegen ammoniakemissie beschermde silo voor vergiste mest, terwijl een silo voor onvergiste mest gesloten moet zijn.

Verder worden door vergisten ziektekiemen afgebroken en onkruidzaden gedood. De vraag in hoeverre het vergisten, dan wel de temperatuurverhoging alléén al, dit effect veroorzaakt is echter nog niet duidelijk beantwoord [30, 60, 65]. Een negatief effect van vergisten op het milieu betreft de eerder genoemde vergrote ammoniakemissie.

De ammoniak komt daardoor gemakkelijker in de atmosfeer terecht en kan met SO_2 en NO_x zouten vormen, die als vaste stof neerslaan op bodem, gewassen,

materialen enz. Ook kan de ammoniak, via de neerslag nitrificatie van de bodem veroorzaken.

Een ander, indirect milieu-effect is, dat de verbeterde maatschappelijke acceptatie van vergiste mest ten opzichte van onvergiste kan leiden tot vermindering van kunstmestproduktie met de daarmee gepaard gaande emissies en energieverbruik. Tenslotte moet worden opgemerkt, dat door besparing van fossiele brandstof wordt vermeden, dat koolstof uit diepe geologische formaties aan de kringloop wordt toegevoegd.

Grondstoffen

Vergiste mest veroorzaakt op grasland een kleine toename van de groeisnelheid van de grassnede door de betere stikstofwerking [5, 29]; koeien grazen liever op gras dat met vergiste mest is bemest [3]. Bovendien is de grotere homogeniteit en geringere schaduwwerking van vergiste mest een voordeel ten opzichte van onvergiste.

Op bouwland wordt de waarde van vergiste mest lager geacht dan van onvergiste, doordat bij vergisten de hoeveelheid gemakkelijk afbreekbare organische stof vermindert. Of deze vermindering inderdaad tot een lagere bemestingswaarde leidt, staat nog ter discussie [29, 48]. Van de fosfaatwerking wordt een geringe verbetering verwacht [28].

In de toekomst zal het belangrijkste effect van mestvergisting op het beheer van grondstoffen wellicht zijn dat vergisten, als eerste stap in een grootschalig verwerkingsproces, volgende stappen zoals transport, overslag en scheiden vergemakkelijkt [34]. Echter, het aerob nazuiveren - met name ten aanzien van de stikstofverwijdering - wordt bemoeilijkt.

Tenslotte dient te worden vermeld, dat uit biogas kooldioxide kan worden gewonnen en gebruikt voor laagwaardige toepassingen, bijvoorbeeld als straalmiddel of, als "mest" in tuinbouwkassen. Zo'n operatie is vermoedelijk ongeveer kostendekkend. De baten zouden moeten komen van de waardeverhoging van het overblijvende, bijna zuivere methaangas.

Grootschalige mestverwerking

Grootschalige behandeling van mest is gericht op centrale verwerking tot nuttige grondstoffen en tot afvalstoffen of reststoffen, die geen be-

dreiging meer vormen voor het milieu. Vergisten van mest kan deel uitmaken van zo'n centraal verwerkingsproces.

Centrale mestverwerking kan plaatsvinden volgens verschillende routes, elk bestaande uit een aaneenschakeling van een aantal bekende deelprocessen.

Voor twee voor de hand liggende, maar toch betrekkelijk willekeurig gekozen verwerkingssystemen voor varkensdrijfmest is nagegaan wat het effect is van het al dan niet toepassen van een vergistingsstap op het totale verwerkingsproces. Daarbij zijn energie-, milieu- en grondstoffen-aspecten in beschouwing genomen.

Het eerste verwerkingsproces bestaat uit een afscheiding van de vaste deeltjes uit de mest, een aerobe zuivering van de verkregen mestvloeistof, (gericht op verwijdering van opgeloste organische stikstofverbindingen) en ontzouting van de restvloeistof. De verkregen mestkoek wordt te zamen met het bij de aerobe zuivering verkregen spuislib gedroogd of verbrand.

Uit een oriënterende berekening blijkt dat bij toepassing van een vergistingsstap in dit verwerkingsproces het verlies aan organische stof hoger is dan bij een verwerkingsproces zonder vergisten. Er wordt minder stikstof teruggevonden in de restprodukten (vloeistof, mestkoek). Vergisten heeft geen invloed op verwijdering van zouten of op de terugwinning van $P(P_2O_5)$ en $K(K_2O)$. Wel moet, wanneer alle mest wordt vergist, bij de aerobe zuiveringsstap methanol als koolstofbron worden toegevoegd.

Bij verwerking met vergisten is minder energie nodig voor het verwerkingsproces als geheel. Bovendien wordt die energie grotendeels door het gewonnen biogas geleverd. Daar staan dan wel hogere investeringskosten tegenover.

Het tweede proces dat in beschouwing is genomen is, met uitzondering van de stikstofverwijdering, die nu via strippen plaatsvindt, analoog aan het eerste. Toepassing van een vergistingsstap in dit proces resulteert in een groter verlies aan organische verbindingen, maar heeft geen significant effect op de verwijdering van stikstof en zouten en op de terugwinning van P en K. Evenals bij het eerste proces is de netto benodigde hoeveelheid energie lager dan bij verwerking zonder vergisten; daar staan dan ook weer hogere investeringskosten tegenover.

Bovengenoemde effecten van mestvergisting op de centrale verwerking van varkensdrijfmest zijn in grote lijnen ook van toepassing voor runderdrijfmest, hoewel de kwantificering daarbij moeilijker is door gebrek aan gegevens.

Technische belemmeringen en perspectieven

De implementatie van biogas wordt in Nederland - en ook in sommige andere Europese landen, zoals Denemarken [53] - gekenmerkt door aanzienlijke technische problemen. Waarschijnlijk is dit de belangrijkste oorzaak van het feit, dat in Nederland de laatste twee jaar het aantal installaties (ca. 25) nauwelijks is toegenomen. Van deze installaties loopt ongeveer een kwart naar tevredenheid [2]. De gesignaleerde problemen hebben onder andere betrekking op:

- Het roeren; vorming van bezink- en/of drijfslaag komt veel voor, en dit soort problemen is nauwelijks afhankelijk van de gekozen roermethode.
- Het verwarmen van de vergister; een scala van problemen wordt hierbij gesignaleerd, zoals vervuiling, lekkages, verkeerd berekende systemen en zelfs het ontploffen van de CV-installatie.
- Algemene praktijkproblemen; verstoppingen, condensvorming, verkeerde materiaalkeuze, lekkages, schuimvorming enz.
- Biogasaggregaten; lekkage, verkeerde bedrading, inadequate beveiliging.

De auteurs zijn van mening, dat deze en dergelijke problemen in wezen alle terug zijn te voeren tot een te sterke druk in de richting van snelle implementatie, waardoor te vaak voor goedkope oplossingen is gekozen, die uiteindelijk toch duur uitkwamen. Dit impliceert dan tevens, dat (kleinschalig) vergisten van mest, ondanks de huidige impasse, wel degelijk een toekomst kan hebben, maar dat aan procesverbetering meer aandacht dient te worden besteed.

Die procesverbetering vereist meer dan alleen landbouwkundige expertise en een versterkte multidisciplinaire aanpak, bijvoorbeeld de inbreng van kennis op het gebied van fysische en chemische technologie, is in dit verband belangrijk. Daarbij dient het accent tevens op kostenoptimalisering te worden gelegd. Deze - en vele andere - suggesties werden naar voren gebracht in een door PEO georganiseerde Workshop Mestvergisting, november 1984, Lelystad [25, 55]. Van de verdere eventuele mogelijkheden om tot verbetering te komen kunnen in dit verband worden genoemd:

- verbeteren van de microbiologische aspecten ([26])¹⁾;
- verkorting van de verblijfstijd door immobilisatie van de micro-organismen op een dragermateriaal¹⁾;

1) Van deze opties kunnen waarschijnlijk slechts op langere termijn verbeteringen worden verwacht.

- ontwikkeling van psychrofiele vergistingssystemen, direct onder de stallen;
- vergisting van mengsels van afvalstoffen;
- invoering van kostprijsverlagende maatregelen (met in achtnaam van het hierboven gestelde);
- schaalvergroting door samenwerking van bedrijven;
- geïntegreerde automatisering, om de bedrijfszekerheid te vergroten.

En voor wat betreft grootschalig vergisten, tenslotte, wordt gepleit voor een voorzichtige opschalingspolitiek.

Niet technische belemmeringen en impulsen

Een niet-technische belemmering, die tevens geldt voor andere alternatieve energiebronnen, is de lage prijs van het Nederlandse aardgas. Dit ondanks het feit, dat de prijs van aardgas grotendeels uit belasting bestaat. Anderzijds wordt de ontwikkeling van nieuwe bronnen door de overheid wordt gesubsidieerd. "Rentabiliteit" is daarom in wezen een politiek gegeven.

Een volgend punt is in dit verband de relatief lage vergoeding voor teruglevering van elektriciteit aan het net, en de problematiek van het leveringsrecht van elektriciteit, gas en warmte aan derden.

Specifiek voor kleinschalig vergisten geldt de overweging, dat vergisten van mest voor de boer een bedrijfsvreemde activiteit is. En voor wat betreft de eerder genoemde technische problemen zou als psychologische achtergrond kunnen meespelen, dat men van nature weinig geneigd is veel te "investeren" in het verwerken van een afvalstof. Economische beperkingen komen voort uit de minimum rendabele bedrijfsgrootte en uit de afstemming van vraag en aanbod. Samenwerking van kleine bedrijven kan vergisting van mest bevorderen, maar wantrouwen in elkaars mestkwaliteit kan daarbij een negatieve rol spelen.

Bij grootschalig vergisten wordt de inzameling en transport als een groot, maar wel oplosbaar probleem gezien. Controle op mestsamenstelling en ziektekiemen zal daarbij nodig zijn.

Een kernprobleem bij grootschalig verwerken is de afzet van de produkten. Gedegen marktonderzoek is noodzakelijk, vooral omdat de wijze van verwerken dan kan worden aangepast aan de marktbehoefte. En in dit verband is tevens een positieve opstelling van de kunstmestindustrie gewenst.

En tenslotte moet bij grootschalige verwerking terdege aandacht worden besteed aan de milieuproblematiek van transport, opslag en verwerking [52].

Naast belemmeringen zijn er q.q. impulsen voor mestvergisten - en de meest fundamentele daarvan is de wetenschap, dat fossiele bronnen eindig zijn. Uit dien hoofde is het gerechtvaardigd, de huidige fase als het stadium van "vingeroefeningen" te karakteriseren. En in dit verband is het positief te waarderen, dat deze vingeroefeningen de werkgelegenheid bevorderen. Specifiek voor kleinschalig vergisten geldt als impuls, dat het de boer een zekere onafhankelijkheid van openbare voorzieningen oplevert, die vooral in een crisissituatie belangrijk kan zijn. Een impuls is ook de stankvermindering, die door individuele boeren soms zeer hoog wordt gewaardeerd. En de eerder genoemde bedrijfsvreemdheid van vergisten kan door de vereiste creativiteit ook juist als impuls werken. Bij grootschalig mestvergisten, als onderdeel van verwerken, is de belangrijkste impuls de (indirecte) bijdrage die mestvergisting levert tot de oplossing van het overschottenprobleem, omdat vergisten de energie levert voor een verwerkingsfabriek en bovendien de uitvoering van volgende processtappen vergemakkelijkt.

De grotere schaal maakt bovendien de inzet van deskundiger personeel mogelijk. En tenslotte moet in dit verband de Nederlandse kennis op het gebied van anaerobe zuivering worden genoemd, die bij de grootschalige mestverwerking goed kan worden benut.

Enige uitgangspunten voor een integrale evaluatie

In deze studie wordt een maatschappelijke kosten-batenanalyse van mestvergisting gegeven. Daarbij worden de totale maatschappelijke kosten en baten tegen elkaar afgewogen. De individuele boer wordt daarbij niet primair als ondernemer, maar eerder als deel van de maatschappij beschouwd. Blijkt vanuit dit bredere standpunt gezien mestvergisting rendabel, dan is het een maatschappelijk belang, dit te bevorderen (door het voor de boer bedrijfseconomisch rendabel te maken).

Bij de evaluatie is gestreefd naar financiële kwantificering van zoveel mogelijk effecten. Aldus worden alle aspecten onder een "noemer" (namelijk geld) gebracht. Het zal echter blijken, dat dit niet voor alle

aspecten haalbaar is. Zo is aan de milieukant het probleem van de zure depositie, zeker in het kader van deze studie, niet of nauwelijks kwantificeerbaar. En aan de grondstoffenkant is het vooral de onbekendheid met de effecten, die kwantificering in de weg staat.

Waar een directe maatschappelijke kosten-batenanalyse niet mogelijk was, is in deze studie de schaduwprojectmethode gehanteerd. Daarbij wordt het verschil, dat ontstaat door wel, respectievelijk niet vergisten, gekwantificeerd door een (denkbeeldig) project, dat dit verschil zo goed mogelijk elimineert. Zo kan men bijvoorbeeld stank bij de boerderij voorkomen door vergisten, maar ook door het afdekken van de mestsilos. De kosten van dat afdekken worden daarom als baten aan mestvergisting toegekend.

De feitelijke analyse heeft plaatsgevonden aan de hand van een kleinschalig systeem (100 gve) in een tekortgebied en een grootschalig systeem (20.000 gve) in een overschotgebied. De uitgangspunten voor het kleinschalige systeem zijn in de literatuur [2, 5, 9] te vinden; het grootschalige systeem is in deze studie beschreven. Uitgangspunt is verder, dat bij het kleinschalige systeem "uitrijden zonder vergisten" wordt vergeleken met "uitrijden met vergisten", en in het grootschalige "verwerken zonder vergisten" met "verwerken met vergisten". Daarbij worden steeds de overige procesparameters zo goed mogelijk constant gehouden.

Bij de maatschappelijke kosten-batenanalyse worden subsidies en heffingen als volgt behandeld:

- De algemene WIR-premie¹⁾ en de WIR-Kleinschaligheidstoelag (KST) worden als baten van mestvergisting beschouwd, omdat zij de maatschappelijke waarde van de investering weergeven. Uitgangspunt daarbij is dat de investering, naast de voor de investeerder geldende bedrijfseconomische waarde, een zekere meerwaarde heeft, zoals het genereren van verdere economische groei, werkgelegenheid, enz.
- De WIR-Energietoelag (WIR-ET) is in dit verband te interpreteren als een vorm van maatschappelijke waardering voor de ontwikkeling van nieuwe bronnen. Als zodanig wordt ook deze als één der baten van mestvergisting beschouwd.

1) Wet Investeringsrekening.

- De WIR-Milieutoeslag (WIR-MT) wordt bij kleinschalig vergisten buiten beschouwing gelaten, omdat stankvermindering reeds expliciet wordt geëvalueerd, zodat het opvoeren van de WIR-MT een dubbeltelling zou inhouden. Bij grootschalig vergisten worden hij wèl als baat beschouwd.
- De BTW, tenslotte, wordt buiten beschouwing gelaten, omdat deze in een maatschappelijke kosten-batenanalyse zowel tot de kosten als tot de baten zou moeten worden gerekend. De post valt dus weg.

Financiële evaluatie standardeenheden (100 en 20.000 gve).

Het uitgangspunt voor een financiële evaluatie van kleinschalig vergisten is, zowel voor varkens- als runderbedrijven, een mesthoeveelheid van ca. 1500 m³/jaar. Kosten en baten worden uitgedrukt in guldens per m³ aardgasequivalent. De baten voor wat betreft energie worden dus gewaardeerd met behulp van de aardgasprijs. De kosten zijn in sterkere mate afhankelijk van veronderstellingen. In het bijzonder het vereiste investeringsniveau speelt daarbij een rol. Daarom is uitgegaan van een extrapolatie van het huidige prijspeil ([9], Lenting) en daarnaast van de veronderstelling, dat in de toekomst een prijsreductie van ca. 30% mogelijk is ([2], Van Nes).

De verandering van de waarde van mest als grondstof komt vooral tot uiting in een afname van de gemakkelijk afbreekbare organische stof en een toename van de ammoniak-stikstof. Het laatste punt is van belang op grasland, en dit belang kan gekwantificeerd worden door de besparing op kunstmest te berekenen. In deze evaluatie is aangenomen, dat daarvan 75% effectief zal zijn, in verband met de vervluchtiging.

De vermindering van de organische stof is vooral op bouwland van belang. Als compenserend schaduwproject is de inzet van een groenbemester opgevoerd.

De milieu-effecten van kleinschalig vergisten zijn op drie punten geëvalueerd. Ten eerste is, om de verminderde stank bij verspreiding financieel te kwantificeren, aangenomen dat vergiste mest kan worden uitgereden, terwijl om een vergelijkbare stankvermindering te krijgen, 80% van de onvergiste mest moet worden geïnjecteerd.

Een tweede punt betreft de stank bij de boerderij. Omdat vergiste mest minder stinkt dan onvergiste, kan bij vergiste mest met een open silo worden volstaan. Bij onvergiste mest moet de silo met polystyreenplaten worden afgedekt¹⁾. Deze kostenvermindering mag dan als baat aan vergisten worden toegekend. Dat geldt echter alleen voor varkensdrijfmest, want bij onvergiste runderdrijfmest komt er een korst op de mest, die stankverminderend werkt.

Een derde milieu-effect ontstaat doordat bij uitrijden van vergiste mest meer ammoniak vervluchtigt dan bij onvergiste. Dit kan worden voorkómen door de vergiste mest te injecteren. Om een vergelijkbaar effect te krijgen behoeft van de varkensdrijfmest echter slechts ca. 20%, en van de runderdrijfmest ca. 10% te worden geïnjecteerd.

Voornoemde overwegingen leiden tot het volgende overzicht:

Baten van mestvergisting (cent/m ³ aeq)					Kosten van mestvergisting (cent/m ³ aeq)				
Omschrijving	mest- varkens ca. 1000 stuks		run- deren ca. 100 stuks		Omschrijving	mest- varkens ca. 1000 stuks		run- deren ca. 100 stuks	
	A ²⁾	B	A	B		A	B	A	B
Bespaard aardgas	56	56	56	56	Investeringskosten	77	56	130	93
WIR-basis & WIR-KST ³⁾ (maatsch. waarde investeringsactiviteit)	13	10	23	16	Overige jaarlijkse kosten van biogasinstallatie	36	29	54	47
WIR-ET ⁴⁾ (maatsch.waarde energiebesparing en -diversificatie)	8	6	13	9					
Hogere bemestingswaarde vergiste mest op grasland	5	5	2	2	Verminderde bemestingswaarde op bouwland	4	4	3	3
Vermindering stank bij uitrijden	25	25	39	39	Verhoging ammoniak-uitwerp	6	6	4	4
Verminderen stank bij boerderij	3	3	-	-					
Totale baten per m ³ aeq	110	105	133	122	Totale kosten per m ³ aeq	123	95	196	147

1) In beide gevallen moet wel een (open) dak worden geplaatst tegen inregenen.

2) Scenario A gaat uit van de huidige prijs van een biogasinstallatie; Scenario B gaat uit van een verwachte prijsdaling van $\pm 30\%$.

3) Kleinschaligheidstoelage.

4) Energietoelage.

Bij grootschalig vergisten ligt de situatie principieel anders. De mest wordt nu beschouwd als grondstof, en verwerkingsprocessen met, respectievelijk zonder vergisten worden met elkaar vergeleken.

De evaluatie blijft beperkt tot varkensdrijfmest (voor grootschalig vergisten van runderdrijfmest zijn nog onvoldoende gegevens beschikbaar). De vergisteromvang voor een 20.000 gve - eenheid bedraagt 13.500 m³; de verwerkingscapaciteit 321.500 m³ mest/jr. Op basis van een bezettingsgraad van 85% wordt 3,7 mln m³ biogas per jaar geproduceerd, waarvan 0,7 mln m³ voor verwarming van de mest nodig is.

WIR-premies worden nu geheel als baten beschouwd. Voor wat betreft de grondstoffen spelen de verschillen in bemestingswaarde en verschillen in benodigde hulpstoffen bij wel, respectievelijk niet vergisten een rol. Met name bij scheiden wordt door vergisten een besparing op grondstoffen verwacht in de orde van f 2,40 per m³ mest. Ook is bij het verder verwerken van vergiste mest minder thermische en elektrische energie nodig dan bij onvergiste; de door het biogas geleverde energie is echter niet voldoende voor de verwerkingsfabriek.

De tengevolge van vergisten verlaagde C/N-verhouding maakt bij aerobe zuivering toevoeging van 1,5 kg methanol per m³ influent noodzakelijk.

Verder heeft de brijn, voorkomend uit een proces met vergisten, een hogere mineralenconcentratie. Wanneer deze geloosd wordt is dat een (in deze studie niet gekwantificeerd) nadeel. Bij de variant zonder ammoniakstrippen ontstaat nu het volgende beeld van kosten en baten van mestvergisting als onderdeel van mestverwerking:

baten (cent/m ³ aeq)		kosten (cent/m ³ aeq)	
gaswinning	56	investeringen	52
WIR-premies	20	overige kosten	21
vermindering benodigde	44	vermindering bemestingswaarde ¹⁾	19
toevoegingen	120		92

1) Indien de brijn (restvloeistof) niet wordt geloosd.

De betekenis van mestvergisten op nationaal niveau

Bij kleinschalig vergisten staat de vraag, hoeveel bedrijven groot genoeg zijn om een vergistingsinstallatie rendabel te maken centraal. De kritische bedrijfsgrootte (berekend door extrapolatie, op basis van [9]), bedraagt bij de huidige investeringskosten 1230 mestvarkens of 200 runderen. (Bij verlaging van de investeringskosten met 30% worden dit respectievelijk 830 mestvarkens of 140 runderen).

Een aanzienlijk aantal bedrijven is gemengd; verder is verondersteld, dat maximaal 3 bedrijven kunnen gaan samenwerken om een installatie te beheren. Aldus komen ca. 4100 mestvarkensbedrijven en ca. 3800 melkveebedrijven voor deelname in aanmerking (bij 30% lagere investering respectievelijk ca. 7200 en 16.100). De vereiste investering bedraagt f 0,5 mld; de gasopbrengst ca. 100 mln m³ aeq/jr en de maatschappelijke winst f 12 mln/jr. Bij 30% lagere investering worden deze bedragen respectievelijk f 1,4 mld, 200 mln m³ aeq/jr en f 33 mln/jr.

Bij grootschalig vergisten is het uitgangspunt, dat het overschot verwerkt wordt. Hoe groot dit mestoverschot is, staat echter ter discussie. Gaat men er van uit, dat er op den duur ca. 75 bedrijven van het eerder aangeduide type zouden komen (goed voor de verwerking van ruim 20 mln ton/jr), dan leidt dit tot een totale investering in mestvergisting van f 1,4 mld, en een gasopbrengst van 250 mln m³ aeq/jr, en een maatschappelijke winst van f 67 mln/jr.

Conclusie

Uit deze samenvatting wordt duidelijk, dat de belangrijkste baten van kleinschalige mestvergisting uit biogaswinning resulteren. Grondstoffen- en milieu-aspecten leveren een geringe, maar in totaal wel positieve bijdrage. Mede daardoor is, boven een kritische bedrijfsgrootte, een (bescheiden) rentabiliteit mogelijk en uiteraard op voorwaarde dat het een goed lopende installatie betreft.

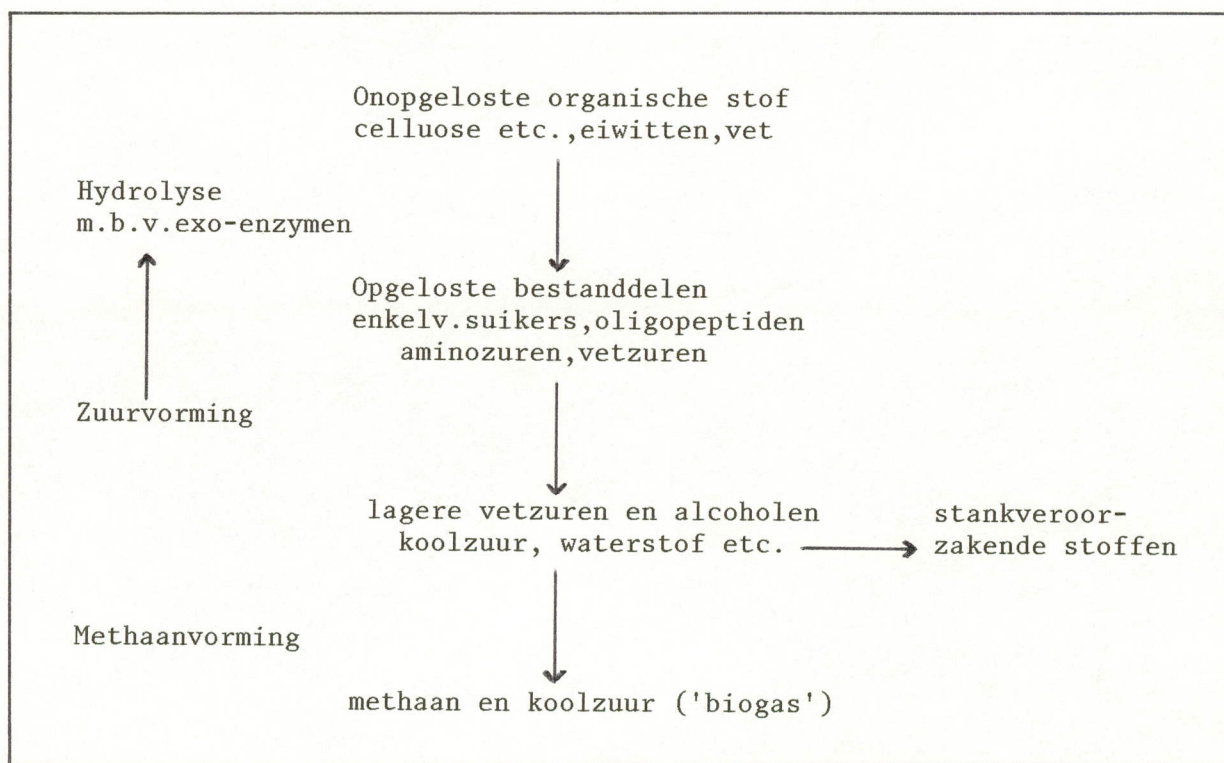
Grootschalige vergisting is aantrekkelijk, vooral als daarmee energie wordt geleverd voor verdere verwerking. Die verdere verwerking wordt dan - bij een goed gekozen processchema - bovendien goedkoper. En hoewel ook dan de maatschappelijke winst bescheiden is, verdient het in het algemeen aanbeveling om deze stap als eerste te kiezen in een verwerkingsproces.

Voor beide opties geldt echter primair, dat deze "rentabiliteit" geheel bepaald wordt door het premiebeleid en het aardgasbeleid van de (nationale en internationale) overheid. Op kostprijsbasis zou biogas vele malen zijn dan het Nederlandse aardgas en enkele malen duurder dan geïmporteerde fossiele bronnen. De vraag, of mestvergisting in Nederland een kans moet krijgen heeft dus primair een politiek karakter. En het meest realistische criterium is dan wellicht, of biogas de vergelijking met andere nieuwe bronnen, zoals zon, wind of aardwarmte kan doorstaan [68].

1. STAND VAN ZAKEN VAN MESTVERGISTING

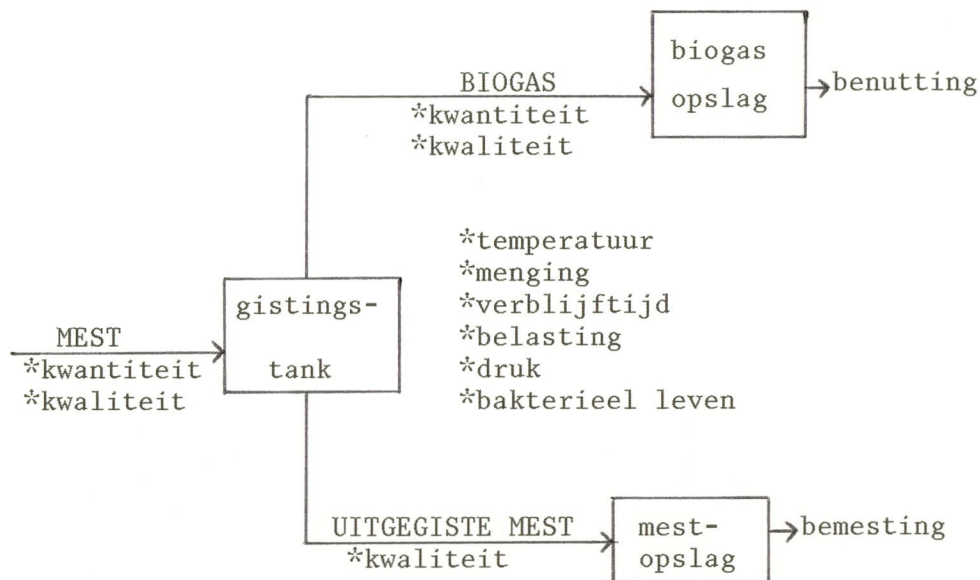
1.1 Het proces [1,2]

Bij de anaërobe gisting zijn twee groepen van bacteriën essentieel, namelijk de zuurvormende en de methaanvormende. Door de zuurvormende bacteriën worden de opgeloste organische stoffen afgebroken tot stoffen met een laag molecuulgewicht. De methaanvormende bacteriën zetten deze laatste stoffen om in methaan (60-75%) en kooldioxide (fig. 1). De methaanvormende bacteriën zijn gevoelig voor een aantal factoren, onder andere temperatuur, grote temperatuurschommelingen, specifieke giftige stoffen (vrije zuurstof, ammoniak-stikstof) en niet-specifieke giftige stoffen (bv. zware metaalionen, gechloreerde koolwaterstoffen).



Figuur 1 [1]. Globaal overzicht van het verloop van het methaan-gistingsproces.

Fig. 2 geeft een beeld van een aantal factoren, die het proces beïnvloeden.



Figuur 2 [2]. Procesfactoren bij het gistingproces.

Een gedetailleerde bespreking van de diverse procesinvloeden zou in het kader van deze studie te ver voeren (zie bv.[45]). Voor wat betreft de mest is onder andere van belang, dat deze voldoende vers is, omdat biogasvorming, vooral bij varkensdrijfmest, al tijdens de opslag plaatsvindt. Bovendien vindt in de loop der tijd ontmenging plaats, die het vergistingsproces ongunstig kan beïnvloeden.

Het droge-stofgehalte (d.s.) van runder- en varkensmest bedraagt 6 à 10%. Voor een goed verlopend vergistingsproces zijn de elementen koolstof, waterstof, zuurstof, stikstof, fosfor, zwavel en sporen mineralen nodig, in een bepaalde verhouding. In het bijzonder de C/N-verhouding is belangrijk. Volgens Offermans e.a., Milieukundig Studiecentrum, Groningen [3], is een C/N-verhouding van ca. 30 optimaal. De zuurgraad (pH) in de reactor moet 7 à 8 zijn.

De temperatuur mag variëren van 5 tot 65 °C (5-25 °C: psychrofiel; 25-45 °C: mesofiel; 45-65 °C: thermofiel). Naarmate de temperatuur hoger is, verloopt het proces sneller.

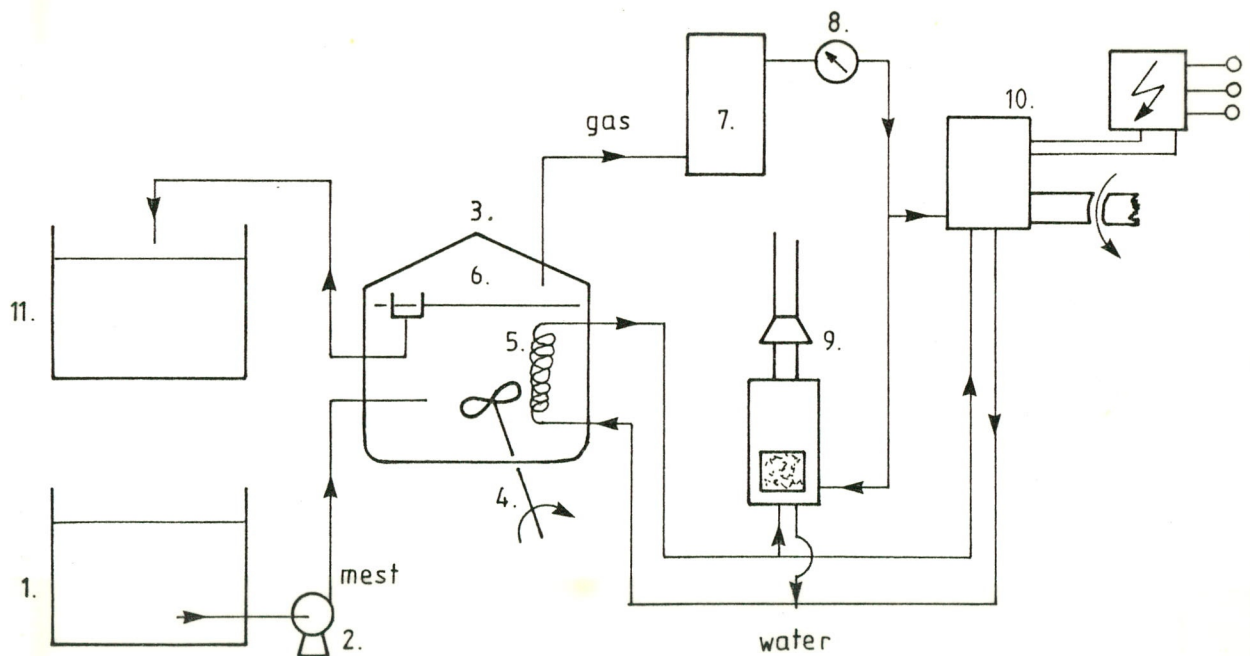
Maar tevens is het dan gevoeliger, met name voor ammoniak. Bovendien nemen dan de warmteverliezen per tijdseenheid in de instal-

latie toe. Anderzijds gaat bij lange verblijftijden meer warmte verloren dan bij korte, ook omdat de vergistingstank dan groter is.

De (gemiddelde) verblijftijd wordt dus bepaald door de gekozen procestemperatuur, maar daarnaast door de nagestreefde opbrengst aan gas per kg d.s. Technisch-economisch is, bijvoorbeeld voor mesofiele vergisting van runderdrijfmest, ca. 20 dagen optimaal. Als theoretisch mogelijke opbrengst wordt in de studie van De Boks en van Nes, Centrum voor Energiebesparing, Delft [2], voor 1 m³ koeiemest met 9,5% d.s., 43 m³ biogas (met 65% methaan) genoemd. De werkelijke opbrengst is echter veel lager, zie 1.3. Het verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door slecht afbreekbare stoffen (cellulosen, lygninen).

1.2 De installatie

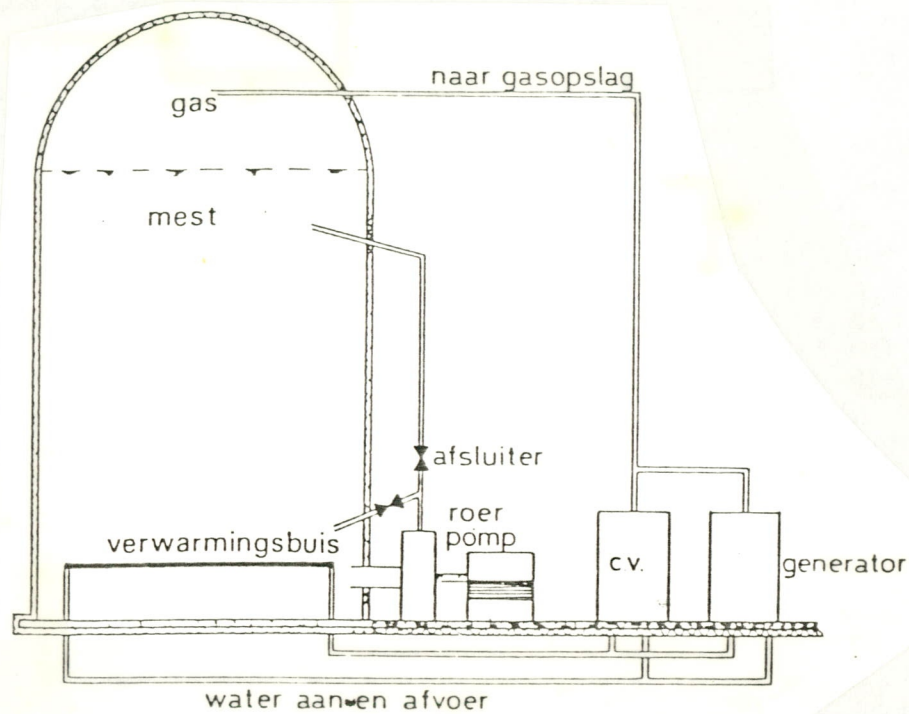
Fig. 3 geeft een schema van een biogasinstallatie met toepassingen. Uiteraard zijn vele uitvoeringsvormen mogelijk, afhankelijk van de eisen die aan het proces worden gesteld [53].



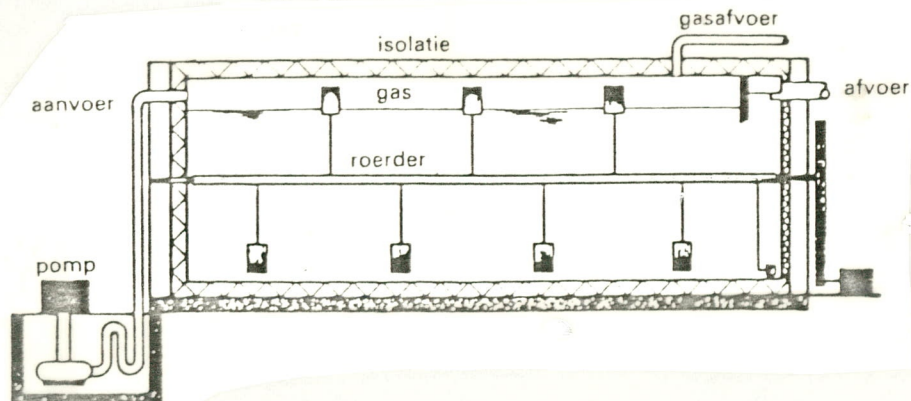
1. mestopslag (= mestkelder, mestput)
2. (versnijdende) toevormestpomp
3. biogasreactor die thermisch geïsoleerd is (= vergistingsruimte)
4. roerder
5. warmtewisselaar
6. gasopvangruimte (= gaszak, gashouder, gasklok)
7. gaswasser of H₂S-filter
8. gasmeter
9. c.v.-ketel
10. gasmotor (warmte/krachtinstallatie)
11. opslag van vergiste mest (via overloopsysteem)

Figuur 3 [3]. Schematische weergave van een biogasinstallatie.

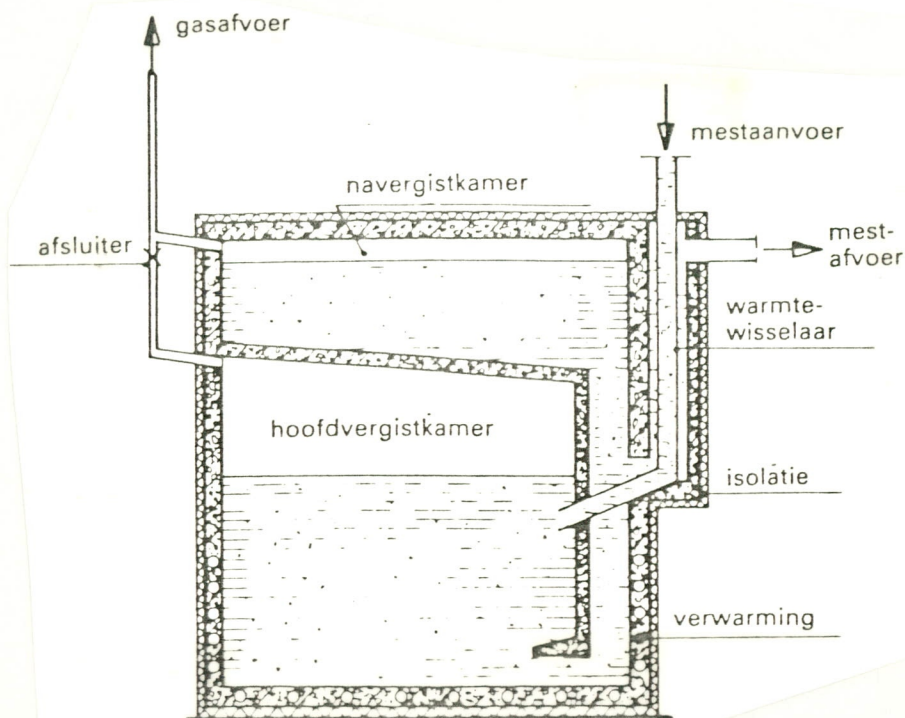
Eén van de belangrijkste aspecten, die bij de vergister een rol speelt is het mengen van de mest. Dit mengen is onder andere nodig om de temperatuur uniform te houden, het contact tussen bacteriën en mest te bevorderen en om de vorming van drijf- en bezinklagen te voorkómen, aldus Dijkhuizen en Verhek, Milieukundig Studiecentrum, Groningen [4] en IMAG-publicatie [5]. In [5] worden onder andere rondpompsystemen (b.v. fig. 4), mechanische roersystemen (b.v. fig. 5) en gasdrukssystemen (b.v. fig. 6) genoemd.



Figuur 4 [1]. Schema van een biogasinstallatie waarbij met een pomp wordt gemengd.



Figuur 5 [1] Schema van een liggende stalen gistingstank met een horizontale roeras.



Figuur 6 [1]. Gistingsruimte van gestort beton met twee boven elkaar gelegen vergistingskamers. Het mengen wordt met behulp van de gasdruk uitgevoerd.

Opslag van het gas vindt bij de eenvoudigste systemen direct boven de mest plaats. Separate gasopslag, in een lagedrukgas-houder of in een kunststof gaszak wordt eveneens veel toegepast. Opslag onder hoge druk of in vloeibare vorm, ten behoeve van tractie, is (nog) niet rendabel [5].

Voor diverse toepassingen is gasreiniging gewenst, vooral vanwege de aanwezigheid van H_2S en van sporen NH_3 .

1.3 Mestsoorten en -hoeveelheden (zie ook tabel III, blz. 40)

De keuze van mestsoorten, die voor deze studie relevant zijn, volgt vooral uit hun kwantiteit. In de studie van Wijnands en Luesink, Landbouw-Economisch Instituut, [6], naar de omvang en verwerking van mestoverschotten, wordt een totale mestproduktie in Nederland van 86 mln ton per jaar genoemd. 68 mln ton daarvan

is rundveedrijfmest¹⁾; circa een kwart daarvan valt op het land [5].

15 mln ton betreft varkensdrijfmest (één rund produceert 20 ton/jr., één varken 1,6 ton/jr. [3]). Omdat voor kippemest (3 mln ton per jaar) vergisten niet de meest voor de handliggende oplossing wordt geacht [3] en kalvergier (1,7 mln ton per jaar) slechts 1 à 2% droge stof bevat en dus energetisch minder interessant is, verdient het aanbeveling de onderhavige studie tot runder- en varkensdrijfmest te beperken. Er zijn enige verschillen in samenstelling tussen deze mestsoorten. Voor gegevens wordt verwezen naar tabel XI, blz. 76 en naar bijlage 4.

Ten aanzien van de biogasproduktie is er volgens het IMAG, [5] weinig verschil tussen varkens- en runderdrijfmest. In [5] wordt voor rundermest een gasproduktie van 16-22 m³/m³ mest genoemd, voor varkensmest 16-20 m³/m³, voor een bij 30 °C werkende continu gevoede installatie. Volgens de LH, [24], is de opbrengst van rundermest echter aanzienlijk lager, nl. 13 à 16 m³/m³. Deze laatste getallen zijn gebaseerd op laboratoriumproeven, waarbij slechts 20% van de organische stof werd afgebroken. Een hogere opbrengst door procesverbetering behoort op den duur tot de mogelijkheden. Zie ook 6.3.1, blz. 84.

Ook de samenstelling van biogas uit respectievelijk runder- en varkensmest is enigszins verschillend, zoals blijkt uit tabel I, ter Rele, IW-TNO.

Tabel I. (Gemiddelde) samenstelling van biogas uit respectievelijk runder- en varkensmest [7] (vóór eventuele reiniging), in vol%.

Mestsoort	CH ₄	CO ₂	H ₂ S	H ₂ O	N ₂	H ₂	NH ₃
rundermest	55-60	40-45	< 0,5	<5,5	<2	<1	<10 ⁻³
varkensmest	65-70	30-35	< 1	<5,5	<2	<1	<10 ⁻³

1) In deze studie wordt de voorkeur gegeven aan de term "drijfmest". Bij citaten kan gebruik van de term "mest" echter onvermijdelijk zijn.

1.4 Schaalgrootte

De grootste installaties voor mestvergisting in Nederland hebben een tankinhoud van 350 m³ en zijn bestemd voor de mest van enkele duizenden varkens [2]. Een uitzondering betreft één enkele uitschieter van 900 m³ (Rijkers, Nistelrode), die medio 1984 in gebruik is genomen. Voor meer installaties van belangrijk grotere omvang bestaan reeds concrete plannen. Want er zijn argumenten, die voor verdere opschaling van vergistingsinstallaties pleiten, zonder daarmee overigens de verdere ontwikkeling van kleinschalige mestvergisting tekort te willen doen. Mest is er in ieder geval genoeg om beide technieken tot bloei te brengen....

De belangrijkste voordelen van schaalvergroting zijn [11]:

- de mogelijkheid tot professioneel beheer;
- lagere kosten van de installatie per m³ biogas;
- de mogelijkheid tot professioneler gasbenutting;
- mogelijkheid tot het verder verwerken van de vergiste mest tot resp. loosbare en verkoopbare producten.

Als nadelen worden genoemd:

- de hogere inzamel- en transportkosten;
- de organisatiekosten;
- langere duur van het transport, waardoor tijdens transport (en vooral bij tussenopslag) reeds een deel van het organische materiaal zal vergisten;
- vergrote kans op verspreiding van ziektekiemen door toelevering van besmette uitgediste mest aan een groter areaal van weidegebieden [2].

Een voorstel voor het opzetten van grootschalige fabrieken voor het verwerken van mest wordt in [11] uitgewerkt. Het gaat daarbij om installaties voor het verwerken van 500.000 m³ mest per jaar, met als tussenstap een proeffabriek voor 100.000 m³ per jaar. In [11] wordt daarbij vergisten als een eerste, rendabele stap gezien, die onder andere de energie voor de fabriek levert. Men verwacht daarbij, door uit te gaan van een tweetraps mesofiel vergistingsproces (het Messerschmidt-systeem), biogas met 80% methaan te kunnen produceren. Of dit hoge percentage inderdaad haalbaar is, zal nog moeten blijken.

Overigens wordt het verwerkingsproces als geheel ook in [11] niet rendabel genoemd. In paragraaf 2.3, blz. 34 zal hierop nader worden ingegaan.

2. MESTVERGISTING EN ENERGIEBEHEER

2.1 Toepassingen

De totale hoeveelheid min of meer reëel vergistbare mest bedraagt, volgens 1.3, blz. 28, $(0,75 \times 68) + 15 = 66$ mln ton/jr. Uitgaande van een gemiddeld methaangehalte van 67% van biogas en 86% van aardgas¹⁾, en een gemiddelde netto gasopbrengst van $14 \text{ m}^3/\text{m}^3$ mest leidt dit tot een energie-inhoud van $66 \times 14 \times \frac{67}{86} \cong$ ruim 700 mln m^3 aardgasequivalent per jaar. Dit is 0,8% van het totale energiegebruik van Nederland in 1980 [12].

Uit het voorgaande is het echter wel duidelijk, dat de benutting van bijvoorbeeld zelfs maar de helft van deze hoeveelheid nog lang op zich zal laten wachten.

Toepassing van biogas op landbouwbedrijven betreft vooral verwarming van woningen en gebouwen, tapwater, koken en produktie van elektriciteit. Dit laatste vindt meestal plaats in een warmte/krachtinstallatie. Teruglevering van elektriciteit aan het net vindt wel plaats, maar wordt beperkt doordat in principe alleen de per kWh bespaarde brandstof wordt vergoed. Een aanzienlijk deel van de warmte (bij mesofiele vergisting 20 à 30%) wordt gebruikt voor het verwarmen van de vergistingstank. Bij groot-schalige installaties [11] wordt bovendien gedacht aan toepassingen in de mestverwerkingsfabriek en aan levering van het gas aan andere bedrijven.

2.2 Afstemming van vraag en aanbod

Bij kleinschalige projecten wordt vooral in de melkveehouderij de afstemming van vraag en aanbod van de energie als een aanzienlijk probleem ervaren. Zo concludeert Lenting (Van Heugten) [9], dat bij de melkveehouderij besparingen van 65 - 90% op aardgas haalbaar zijn, dat de biogasproduktie groter is dan de eigen behoefte bij bedrijven met meer dan 100 melkkoeien en dat bij terugleve-

1) In feite 81% methaan en enkele procenten hogere koolwaterstoffen.

ring van elektriciteit (uit een warmte/krachtsysteem) aan het net de meegeproduceerde warmte niet altijd kan worden benut.

Bij mestvarkensbedrijven is de situatie gunstiger, omdat daar veel meer energie nodig is. Daardoor kan al het geproduceerde gas worden benut. Lenting berekent daar een besparing van 30 à 50%. Bij gesloten varkensbedrijven¹⁾ ontstaat wèl een aanzienlijk restwarmteoverschot, in de zomermaanden.

De IMAG-publicatie [5] komt in grote trekken tot dezelfde conclusies: bij melkveebedrijven kan biogas het beste voor elektriciteitsopwekking worden benut. Ruimteverwarming komt slechts weinig voor. Bij mestvarkensbedrijven is de situatie gunstiger, doordat de stallen wèl worden verwarmd. Gesloten varkensbedrijven steken daar weer ongunstig bij af, omdat een zeug tien maal zo veel verwarmingsenergie vergt als een mestvarken, terwijl haar mestproduktie slechts op het dubbele ligt.

Dieptestudies naar mogelijkheden om het benutbare percentage biogas op veehouderijen te verhogen kunnen in het licht van het voorgaande zinvol zijn²⁾.

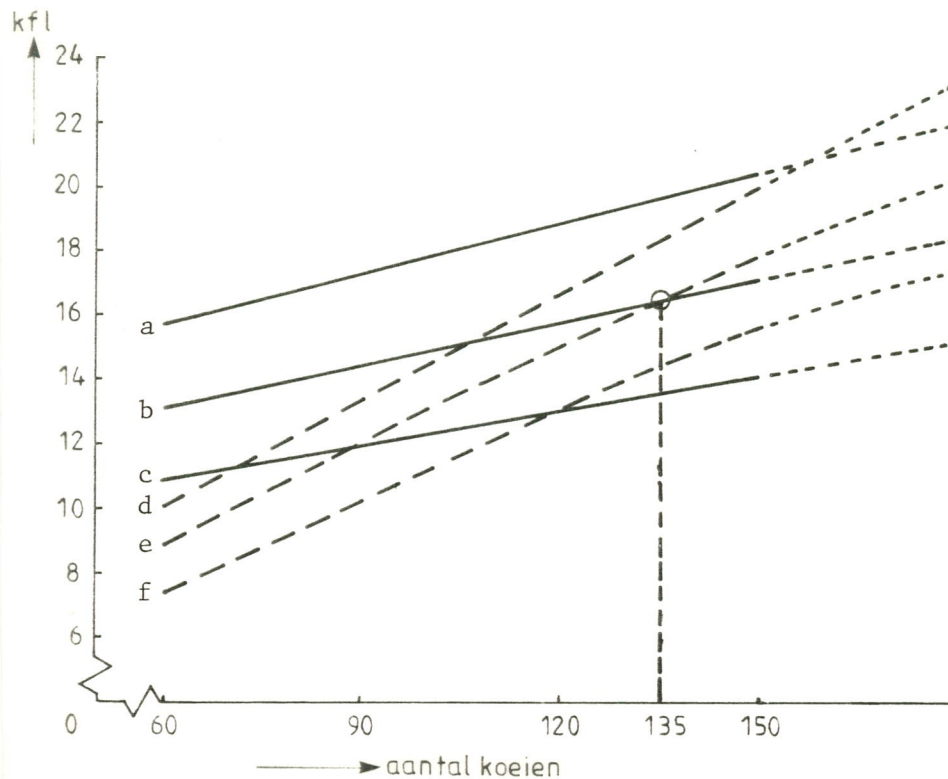
Bij de voorbereidingen van grootschalige vergistingsprojecten zijn nog geen gedetailleerde analyses van vraag- en aanbodpatronen aangetroffen in de literatuur. Verwacht mag worden, dat daarbij van geval tot geval grotere variaties zullen optreden, afhankelijk van de eigen energiebehoefte en de leveringsmogelijkheden van gas, elektriciteit en warmte aan naburige bedrijven, particulieren, of aan het net.

1) Varkensbedrijven, waarbij de jonge biggen op het eigen bedrijf worden geboren en gemest.

2) Bij het IMAG wordt hier momenteel aan gewerkt in het kader van het onderzoekproject "Verbetering van biogaswinning en -benutting bij mestvergisting" [67].

2.3 Rentabiliteit

De rentabiliteit van kleinschalige projecten is door diverse instellingen onderzocht, en de resultaten lopen onderling enigszins uiteen. Zo komen De Boks en Van Nes [2] tot een kritische

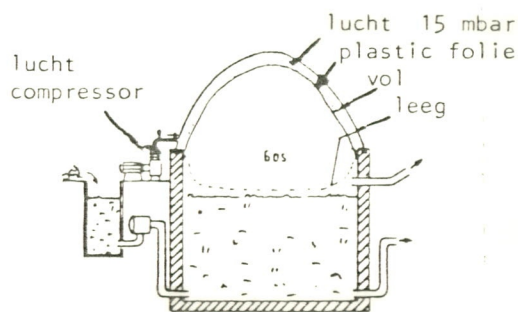


- Jaarlijkse kosten
 lijn a: 20% hogere investeringen
 lijn b: huidig investeringsniveau
 lijn c: 20% lagere investeringen
- - - - - Jaarlijkse baten
 lijn d: 24 m³ biogas per m³ mest
 lijn e: 20 m³ biogas per m³ mest
 lijn f: 16 m³ biogas per m³ mest

Figuur 7. Kosten/batenanalyse van een biogasinstallatie bij verschillende bedrijfsgrootten [2].

bedrijfs grootte van 135 koeien (fig. 7). Zij gaan daarbij uit van richtprijzen, zoals die door goedkopere fabrikanten zijn opgegeven.

De Boks en Van Nes achten kostprijsverlaging overigens mogelijk, onder andere door een geïntegreerde dak- en gasopslagconstructie (fig. 8). Het volume van de gasopslag wordt hierdoor



Figuur 8. Geïntegreerde dak- en gasopslagconstructie

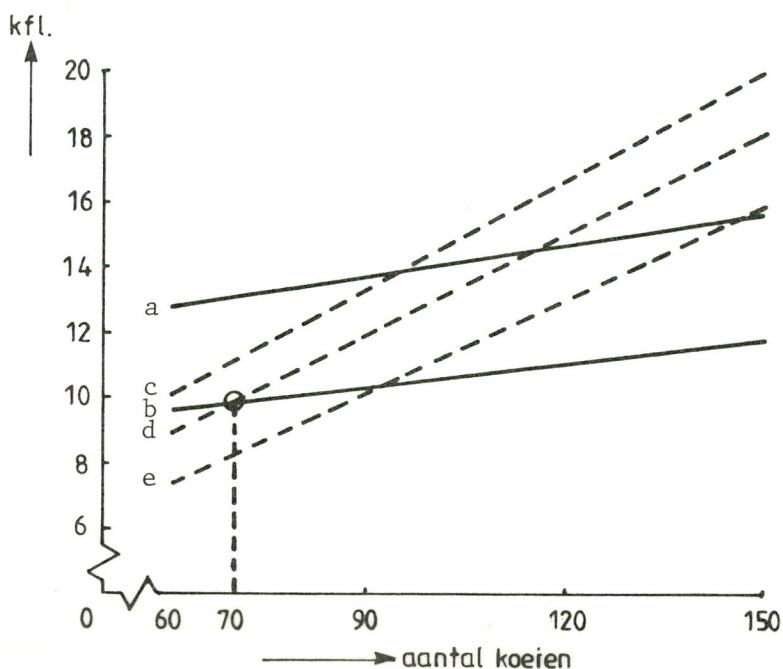
wel beperkt. Onder deze omstandigheden zou rentabiliteit al bij 70 koeien kunnen worden bereikt (fig. 9).

De auteurs van de onderhavige studie achten voornoemde ontwikkeling niet ondenkbaar, maar tekenen daar wel bij aan, dat op dit moment betrouwbaarheid prioriteit verdient boven kostprijsverlaging. Bovendien wordt bij verkleining van de gas-

opslag de afstemming tussen vraag en aanbod slechter, wat de rentabiliteit weer nadelig beïnvloedt. In hoofdstuk 6 wordt nader ingegaan op het probleem van de afweging van prijs en kwaliteit van installaties.

Offermans e.a [3] komen op een kritische bedrijfs grootte van 172 koeien, of 1243 mestvarkens, maar gaan daarbij uit van een pakket aannamen, dat aanzienlijk verschilt van dat van [2].

IMAG [5] komt, uitgaande van een NEOM-scenario voor fossiele brandstoffen, op een omkeerpunt bij 175 koeien of 2000 mestvarkens. Op gesloten varkensbedrijven ligt het omkeerpunt bij 200 zeugen met 1200 mestvarkens.



- Jaarlijkse kosten
 lijn a: zonder subsidie
 lijn b: met subsidie
- - - - - Jaarlijkse baten
 lijn c: 24 m³ biogas per m³ mest
 lijn d: 20 m³ biogas per m³ mest
 lijn e: 16 m³ biogas per m³ mest

Figuur 9. Kosten/batenanalyse van het prototype biogasinstallatie bij verschillende bedrijfsgrootten [2].

Lenting [9], tenslotte, komt op een kritische bedrijfsgrootte van 150 koeien of 1000 mestvarkens.

Voor een vergelijking van de uitgangspunten van de hier genoemde berekeningen wordt verwezen naar bijlage 1.

Over de kosten van grootschalig vergisten bestaat minder inzicht. Offermans, [3], (1982) noemt voor een installatie van 7000 m³, voor het verwerken van 170.000 m³ mest per jaar een bedrag van f 2,3 mln. Per m³ varkensdrijfmest worden de kosten berekend

op f 14,60 en de baten (met inachtnaam van f 8,50 aan subsidies) op f 19,18. Waarschijnlijk is de aldus berekende "winst" van f 4,58 nogal optimistisch.

In [11] geeft BRO van Heesewijk als benodigde investering voor een complete mestverwerkingsfabriek voor 550.000 m³/jr een bedrag van f 43 mln voor het vergistergedeelte en f 33 mln voor scheiden, drogen, etc. In totaal f 76 mln zonder, of f 57 mln met subsidie. Het tekort bedraagt aldus [11], f 20,- per m³ drijfmest. De uitwerking daarvan is uit [11] overgenomen in tabel II. De auteurs van het onderhavige rapport tekenen bij deze tabel overigens aan, dat zij de cijfers als voorlopige indicaties beschouwen, die nog door verder onderzoek moeten worden onderbouwd.

In [14] komt Voorburg tot een nog pessimistischer beeld. De kosten van scheiding, anaerobe zuivering en verbranden van de mestkoek bedragen f 20 à 24 per m³. Daar komen de kosten van NH₃-strippen, membraanfiltratie en een eventuele negatieve opbrengst van de eindprodukten nog bij. Het voordeel van goedkoop geproduceerd biogas kan in mindering worden gebracht.

De auteurs achten de veronderstelling, dat aan de eindprodukten een negatieve waarde moet worden toegekend echter weinig realistisch omdat deze produkten, zeker bij een goede ondersteuning met marktonderzoek, als vervanging voor kunstmestcomponenten kunnen worden gebruikt.

Tabel II [11]. Overzicht totale kosten van mestverwerking en de daarbij verbruikte energie. (Gegevens direct ontleend aan het rapport: "Eruit halen wat erin zit..." Haalbaarheidsstudie verwerking mestoverschotten BRO van Heesewijk BV, Uden, november 1984.)

kosten	prijzen per m ³ drijfmest	aanbod en vraag van energie	
		electrisch kWh	thermisch kWh
transportkosten	f 3,-	—	—
voor-en na-opslag op de fabriek	f 0,50	—	—
vergisting	f 11,60	+60,5	+105,3
mechanische scheiding *	f 5,50	- 2	—
droging van de gescheiden mest*	f 2,50	-20	- 60
effluent behandeling aerobe *	f 4,-	-14	—
zuivering			
membraanfiltratie *	f 5,-		
drogen na membraanfiltratie *	f 1,75	-12	- 35
diverse eigen bedrijf + proces- verliezen		- 5	- 10
na-opslag+ transport droge mest over gem. 100 km.	f 1,-	—	—
totaal aan kosten	f 33,85	+7,5	—

opbrengsten	
levering electra aan PNEM 7,5 X 0,08	f 0,60
levering gedroogde mest (100/ton)	f 13,-
totaal aan opbrengsten	f 13,60
tekort per m ³ drijfmest afgerond	f 20,25 f 20,--

* = optimalisatie van deze systemen lijkt ons mogelijk.

De laatste twee visies (uit [11] en [14]) zijn, vermoedelijk terecht - aanmerkelijk pessimistischer dan die in de, inmiddels wat verouderde, studie van de werkgroep "Mestverwerking" (1980), [15]. Echter ook [15] komt tot de conclusie dat processen met anaerobe zuivering om financiële redenen de voorkeur lijken te verdienen.

Ook de LEI-studie, [6], tenslotte, stelt: "Wanneer de energie maximaal benut wordt, valt er een klein positief resultaat te behalen".

Samenvattend kan worden geconcludeerd, dat het verwerken van mest tot produkten, die milieutechnisch aanvaardbaar zijn, respectievelijk een positieve marktwaarde bezitten, altijd een zeer kostbare zaak zal zijn. In de literatuur zijn echter wel aanwijzingen te vinden, dat de kosten kunnen worden verminderd door mestvergisting (mede) als processtap toe te passen, omdat de gewonnen energie opweegt tegen de extra te maken kosten. In hoeverre vergisting nog andere - al dan niet kwantificeerbare - voordelen (of nadelen) met zich meebrengt zal in de volgende hoofdstukken worden gezien.

3. MESTVERGISTING EN MILIEUBEHEER

3.1 Mestoverschotten

Het mestprobleem is per definitie een mestoverschottenprobleem. En mestoverschotten zijn in feite overschotten aan mineralen [14], die het milieu op ontoelaatbare wijze belasten. Het telen van snijmaïs op overbemeste percelen, omdat dat gewas "verdraagzaam is ten opzichte van drijfmest" [16] is daarom een niet verantwoorde wijze van mestafzetten die, indien op grote schaal toegepast, het werkelijke probleem zou kunnen verhullen. Tabel III geeft een vereenvoudigde weergave van de in [6] genoemde cijfers.

Tabel III. Globale omvang van mestproductie en mestoverschotten in Nederland.

mestsoort	mestproductie in mln ton/jr	overschot	
		in mln ton/jr	in %
rundveedrijfmest	68 ^{*)}	8	12
varkensdrijfmest	15	8	53
kippemest	3	2	67
totaal	86	18	21

*) ca. een kwart hiervan valt op het land

In totaal wordt in [6] ruim 18 mln ton per jaar als "overschot" aangemerkt, waarvan ca. 8 mln ton rundveemest en eveneens ca. 8 mln ton varkensmest.

Bij deze getallen passen een aantal kanttekeningen, nl.

- (i) zij zijn gebaseerd op normen van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB), uit 1978, die de hoeveelheid minerale meststoffen aangeven, die in het voorjaar op de gewassen gebracht kan worden zonder dat dit schadelijke gevolgen

heeft voor het gewas of direct schadelijke gevolgen voor het milieu [6].

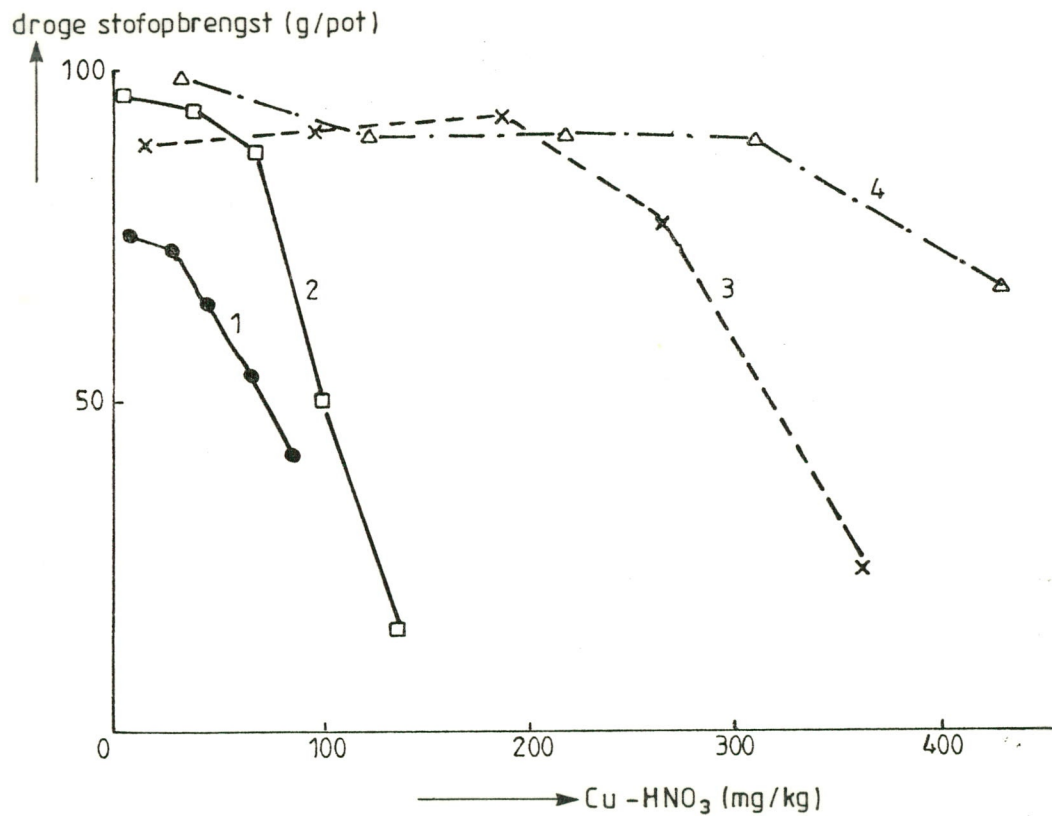
- (ii) De overschotten zijn per bedrijf gesommeerd. Voor de hand liggende levering aan naburige afnemers is buiten beschouwing gelaten. Voor Nederland als geheel wordt zelfs gesteld dat er, op basis van de IB-normen (en bij minstens 78% acceptatie van dierlijke mest uit overschotbedrijven in tekortbedrijven [47]), géén mestoverschot is. Deze 78% wordt door De la Lande Cremer Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, echter als "volstrekt niet haalbaar" gekarakteriseerd.
- (iii) Vanuit de huidige visie ten aanzien van milieubeheer wordt de voorkeur gegeven aan onttrekkingsnormen. Deze liggen een factor 2 à 4 lager, afhankelijk van het beschouwde element (N, P of K) [11]. Daardoor zou het overschot veel groter worden. Gaat men er bijvoorbeeld van uit, dat er bij de bemesting met dierlijke mest niet meer fosfaat wordt gegeven dan met de oogst van het gewas wordt onttrokken en er dus geen fosfaataccumulatie in de bodem plaatsvindt, dan zou er op de mestproducerende bedrijven sprake zijn van een overschot van ca. 36 mln.ton. Van dit overschot zou ca. 9 mln. ton op andere bedrijven kunnen worden afgezet. Daarna resteert dan een landelijk niet afzetbaar overschot van ca. 27 mln.ton [58].¹⁾

Een specifiek probleem bij varkensmest is verder, dat aan varkensvoer koper wordt toegevoegd. Gebleken is namelijk dat met een toevoeging van $0,25\frac{0}{00}$ Cu een gemiddelde groeiverbetering van 8 à 9% wordt bereikt. Algemeen wordt aangenomen dat 95% van dat koper in de mest terecht komt. Bemesting met varkensdrijfmest leidt daardoor tot een verhoging van de Cu/C verhouding, bijvoorbeeld met een factor 2 à 8 [17]. Dit veroorzaakt een aantal ongewenste effecten, onder andere remming van de groei van cultuurgewassen (bijvoorbeeld fig. 10) en vergiftiging van het bodemwater.

1) De la Lande Cremer tekent hierbij aan, dat de grond op den duur zal verarmen, wanneer men uitsluitend onttrekking als norm kiest.

In [11] wordt overigens medegedeeld dat de hoeveelheid koper in varkensvoer van 250 mg/kg in 1970 is gedaald tot 175 mg/kg voor de eerste vier maanden, en 100 mg/kg daarna; een algeheel verbod van koper in het voer is binnen afzienbare tijd te verwachten. Thans bevindt zich nog ca. 50 gram koper in een m³ varkensmest (bijlage 4). Procesmatige verwijdering daarvan is kostbaar, maar deze hoeveelheid neemt uiteraard af met de afname van de toevoeging in het voer. En voornoemde groeiverbetering kan ook langs andere weg worden geëffectueerd.

Naast koper speelt cadmium, dat via het veevoer in de mest terecht komt een rol [43, 44]. Ook daarbij gaat het om kleine hoeveelheden, die echter vanwege hun cumulatieve effect toch de nodige aandacht verdienen.



1. humusarme zandgrond, pH-KCl 3,8
2. humusarme zandgrond, pH-KCl 4,8
3. humusrijke zandgrond, pH-KCl 3,9
4. humusrijke zandgrond, pH-KCl 4,6

Figuur 10. Effect van koper op de groei van maïs in verschillende gronden [17].

3.2 Mestvergisting in relatie tot mestoverschotten

Omdat het overschottenprobleem een mineralenprobleem is en vergisten in hoofdzaak betrekking heeft op de organische stof in de mest, verandert mestvergisten in eerste benadering niets wezenlijks aan het overschottenprobleem [15]. De centrale vraag in deze studie is echter juist, wat de mogelijkheden en gevolgen zijn van mestvergisting voor milieu-, grondstoffen- en energiebeheer. De vraag "vergisten of niet-vergisten" staat dus centraal en alleen verschillen, die uit deze keuze voortkomen zijn hier relevant. Voor wat betreft het overschottenprobleem heeft vergisten dus slechts indirecte betekenis.

In de volgende paragrafen van dit hoofdstuk wordt hier nader op ingegaan.

3.3 Mestverwerking

Het overschottenprobleem kan op een aantal manieren worden aangepakt, namelijk:

(1) Transport van de mest naar gebieden met een mesttekort in Nederland (fig.11)

Hierbij moet worden aangetekend, dat iedere boer als vrije ondernemer mag beslissen of hij natuurlijke, vergiste of kunstmest wenst te gebruiken. Rekenmodellen, als toegepast door het LEI [6], zijn daarom vooral zinvol omdat ze duidelijk maken wat theoretisch mogelijk is. De werkelijkheid zal er echter anders - namelijk minder gunstig - uitzien.

Of, concreter gesteld [58]:

Bij de realisering van een grotere afzet van dierlijke mest in de Nederlandse landbouw doet zich een aantal knelpunten voor:

- De samenstelling van de mest varieert sterk, niet alleen tussen de verschillende diersoorten, maar ook van dier tot dier, van bedrijf tot bedrijf en binnen de bedrijven met het seizoen. Voor een doelmatig gebruik is er dringend behoefte aan een eenvoudige methode ter bepaling van de kwaliteit¹⁾.



Figuur 11. Mestoverschotten in Nederland.

- Aan het gebruik van dierlijke mest zitten ook negatieve aspecten zoals verontreiniging met onkruidzaden en pathogenen, stankhinder en een niet optimale verhouding en beschikbaarheid van de mineralen. Er is nog onvoldoende bekend over de wijze waarop de kwaliteit van de mest kan worden verbeterd.
- Er is onvoldoende opslag- en transportcapaciteit beschikbaar om aanwending van de dierlijke mest in het meest gunstige seizoen en op de meest geschikte plaats mogelijk te maken. Met name de opslagcapaciteit is een knelpunt.

1) Bij een verder gevorderde ontwikkeling van grootschalige mestverwerking kan zo'n keuringsresultaat zelfs worden gebruikt, om de behandelingstechniek te optimaliseren [18].

- Een organisatorische infrastructuur, die toegesneden is op transport en afzet van grote hoeveelheden mest, ontbreekt.
- Grootschalig transport van mest brengt milieurisico's met zich mee.
- Dierlijke mest concurreert met de afzet van andere organische meststoffen, zoals zuiveringsslib en compost.

Vergisten van de mest kan, hoewel slechts in zeer beperkte mate, een bijdrage leveren tot het wegnemen van deze knelpunten. Voordelen van vergisten zijn in dit verband:

- een meer uniforme samenstelling;
- stankvermindering;
- enige vermindering van het gehalte aan ziektekiemen en mogelijk ook van onkruidzaden;
- verbeterde verpompbaarheid door afname viscositeit.

(2) Transport van de mest naar het buitenland.

Volgens [58] is afzet in de ons direct omringende landen vrijwel niet mogelijk.

Vergisten biedt weliswaar dezelfde voordelen als onder (1) genoemd, maar of deze zwaar genoeg zullen wegen om transport naar het buitenland te bewerkstelligen valt te betwijfelen.

(3) Dumping in zee

De ecologische gevolgen daarvan zijn, aldus Heijman [43], niet bekend. Belonje [50], noemt echter de belasting van de Noordzee aanzienlijk, bv. tengevolge van het storten van 10 mln ton varkensdrijfmest, o.a. vanwege koper en fosfaat. Voorwaarde zou in ieder geval moeten zijn, dat de stromingen gunstig zijn en de zee intensief wordt gemengd.

In dit verband verdienen ook de vervoerskosten, inclusief overslagkosten in zeehavens, de nodige aandacht [43].

Vergisten heeft geen invloed op deze optie.

(4) Deconcentratie van de bio-industrie [43]

Tegenover de onder (1) genoemde voordelen staat nu het nadeel van grotere transportafstanden bij grootschalig vergisten.

(5) Geleidelijke inkrimping van de bio-industrie

(4) en (5) zijn beide lange-termijnoplossingen, die met aanzienlijke kapitaalvernietiging gepaard gaan.

Vermindering van de hoeveelheid mest zal uiteraard gepaard gaan met vermindering van de belangstelling voor het vergisten daarvan.

(6) Toepassing van bewerkte mest als veevoer (de "korte-cyclus")

Bij de export van vlees kan dit problemen opleveren.

Vergisten heeft in dit verband zowel voor- als nadelen. Een nadeel is de afbraak van organische voedingsstoffen; een voordeel betreft de afname van ziektekiemen.

Overigens is het niet te verwachten dat door vergisten het psychologische probleem van de "korte cyclus" wordt opgelost.

(7) Vermindering van het mest- en mineralenoverschot via de veevoeding [58]

Hier is reeds aandacht aan besteed, onder andere ten aanzien van fosfaat, koper en cadmium. Voor een integrale optimalisering is nog veel onderzoek nodig.

Eventueel vergisten speelt in dit verband geen rol.

(8) Verwerken van mest tot loosbaar afvalwater en "kunstmest" uit natuurlijke mest [11, 15]

In hoofdstuk 5 van deze studie wordt deze optie behandeld. Verwacht mag worden, dat de principiële bereidheid van boeren om zo'n produkt af te nemen groter is dan bij natuurlijke mest - al speelt de prijs bij dit alles uiteraard een beslissende rol.

In dit verband kan vergisten als een eerste, betrekkelijk eenvoudige verwerkingsstap worden beschouwd, die de maatschappelijke acceptatie van dierlijke mest als meststof vergroot.

Er zijn meer redenen om vergisten als eerste stap in een verwerkingsproces te kiezen. Deze zullen in hoofdstuk 4 worden besproken.

Een belangrijke conclusie uit deze opsomming is, dat optie (8), het gebruik van dierlijke mest als grondstof voor de kunstmest-industrie één van de weinige mogelijkheden is om het milieuprobleem van de mest te verminderen zonder de bio-industrie en de bijbehorende werkgelegenheid aan te tasten.

In hoofdstuk 7 wordt op deze materie nader ingegaan.

3.4 Stankbestrijding

Vergisten wordt door veel onderzoekers als een belangrijk middel tot stankbestrijding gezien [45]. Dijkhuizen en Verhek noemen vluchtige vetzuren en aromatische verbindingen, zoals indol, ethyl-fenol, skatol, valeriaanzuur, fenol en azijnzuur als stankcomponenten in de mest. Na een verblijftijd van ca. 15 dagen zijn deze stoffen omgezet in biogas en is de uitgegiste mest stankvrij [4]. Ook door Offermans [3] wordt stankreductie genoemd. Het IMAG [5] nuanceert dit punt door op te merken, dat ook ammoniak stank veroorzaakt, en "aangezien ammoniak niet afgebroken wordt en zelfs nog toeneemt in concentratie, zal uitgegiste mengmest zeker een eigen geur hebben", IMAG meldt verder nog een panelproef, waaruit bleek dat de geuremissie van een perceel met vergiste mest ca. 25% is van die van onvergiste, terwijl de geur van vergiste mest na 24 uur is verdwenen en van onvergiste na 48 uur. Ook in een studie van de Rijksuniversiteit Utrecht, [19], wordt stankbestrijding als een belangrijk voordeel genoemd.

De vraag, op welke wijze stankvermindering financieel kan worden gekwantificeerd, is niet eenvoudig te beantwoorden. In sommige gevallen kan de maatschappelijke waarde daarvan zeer groot zijn, vooral als het betreffende bedrijf zich nabij een woonwijk bevindt. In zo'n geval zou de waardevermeerdering van de woningen door de stankreductie in rekening kunnen worden gebracht of, anderzijds, zou de maatschappelijke waarde van het voortbestaan van het bedrijf aan de stankreductie kunnen worden toegekend. Dit zijn echter nogal specifieke situaties; in deze studie is een algemener benadering van de stankproblematiek meer op zijn plaats. Voornoemde incidentele schadevoorbeelden worden daardoor tevens gedekt.

Wel moet worden opgemerkt, dat vergisten niet de enige wijze is om tot stankvermindering te komen. Stankvermindering kan ook worden bereikt door roeren, beluchten, verspreiden in combinatie

met beregening, of door gewone regen. Verder door ineggen, cultiveren of onderploegen van de mest, of door mestinjectie [48]. Van al deze methoden is injectie het meest effectief. Op grasland kunnen bovendien methoden, die de grasmat ernstig beschadigen niet worden toegepast. Voor een financiële kwantificering kan daarom injecteren het best als schaduwproject (zie hoofdstuk 8) worden gekozen. De kosten van injecteren, die kunnen worden vermeden door de mest te vergisten, worden dan als baten aan het vergisten toegekend. (Een aspect, dat in dit verband pro memorie wordt genoemd is, dat door injecteren bovendien de stikstofwerking van de mest wordt verbeterd).

Verder kan vergiste varkensdrijfmest, door de verminderde stank, worden bewaard in een open silo, die alleen tegen inregenen is beschermd. (Bij runderdrijfmest ontstaat een drijfslag op de mest, die voor natuurlijke afdekking zorgt).

3.5 Verwijdering van onkruidzaden en ziektekiemen

In [4] en [11] wordt melding gemaakt van de vernietiging van ziektekiemen door vergisting (onder andere de salmonella-bacterie, de veroorzaker van tyfus). Bij gebruik van niet vergiste mest moet het land eerst een maand braak liggen om de ziektekiemen te doden.

Isensee en Wenzlaff, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, Universität Kiel [30], vermelden kwalitatieve resultaten bij de afbouw van schadelijke organismen, zoals wormeieren, bacteriën en onkruidzaden. Overigens werd een dergelijke suggestie reeds in 1956 gegeven door Liebmann [31], uitgaande van de hypothese, dat methaanbacteriën minieme hoeveelheden antibiotica zouden afscheiden, waardoor bij b.v. 3 maanden verblijftijd al dit soort organismen zouden afsterven. Deze hypothese is, voor zover bekend, nooit verder onderzocht. Als hij juist is, zou dit een bijkomend voordeel van psychrofiele vergisting kunnen zijn. Anderzijds noemen Demuyne, Nyns en Naveau [60] het effect van vergisten op onkruidzaden en ziektekiemen beperkt, vooral bij mesofiele mengreactoren, vanwege het partiële kortsluuiteffect bij tegelijkertijd invoeren en afvoeren van het mengsel.

Bij thermofiele vergisting (55 °C) is de verwijdering van ziektekiemen beter. Of die verwijdering dan volledig is, is echter nog maar de vraag.

Verder moet worden opgemerkt, dat ook bij gewone opslag van drijfmest reductie van ziektekiemen plaatsvindt [65].

Uit het bovenstaande blijkt wel, dat dit onderwerp zeer gecompliceerd is. Naarmate de temperatuur hoger is en de verblijftijd langer, is de verwijdering van ziektekiemen beter. Maar bij vergistingsprocessen met hogere temperatuur worden de verblijftijden juist korter gekozen. Het is daarom niet zonder meer duidelijk, of uit hoofde van ziektekiemenbestrijding de voorkeur moet worden gegeven aan psychro-, meso- of thermofiel vergisten. Bovendien zijn er verschillen te verwachten in het gedrag van bijvoorbeeld bacteriën, virussen of schimmels, maar ook in het gedrag van verschillende soorten bacteriën, virussen enz. onderling.

Zeker wanneer, in het kader van grootschalig mesttransport, menging van mest uit verschillende bedrijven toeneemt, zullen deze problemen belangrijker worden.

3.6 Mestvergisting en zure depositie

Door vergisten neemt het ammoniakgehalte in de mest toe. Dit brengt het risico met zich mee, dat de ammoniak gemakkelijker in de atmosfeer terecht komt en aldus via neerslag een bijdrage levert tot nitrificatie van de bodem, ook op lokaties waar dat niet in de bedoeling lag [20,40]. Ook kan de ammoniak zich met andere componenten van de zure regen, SO_2 en NO_x , tot sulfaten en nitraten verbinden, die als vaste stoffen neerslaan op bodem, gewassen, materialen enz.. Door de vergiste mest te injecteren in plaats van uit te rijden kan dit probleem worden ondervangen. Dit werkt uiteraard kostenverhogend. Echter, ook voor onvergiste mest is injecteren in plaats van uitrijden te prefereren, als methode om het onder 3.4 genoemde stankprobleem te ondervangen.

3.7 Overige milieuaspecten.

- Wanneer door vergisten de acceptatie van natuurlijke mest of

daaruit vervaardigde produkten wordt vergroot, leidt dit tot vermindering van de kunstmestproduktie en daarmee tot vermindering van de daarmee gepaard gaande emissies. De eventuele, nu nog onbekende, emissies van grootschalige mestverwerkingsfabrieken komen daar dan wel voor in de plaats¹⁾.

- Zorgvuldige en grondige zuivering van biogas is van groot belang, vooral bij toepassing in warmte/krachtsystemen. Gebeurt dit niet, dan veroorzaakt biogas meer schadelijke emissies dan b.v. aardgas en extra kosten aan de W/K-installatie door grotere motorslijtage en -onderhoud.
- In een verbrandingsmotor verloopt de verbranding van biogas trager dan die van aardgas; ook is de piektemperatuur lager. Dit leidt tot een wat lager NO_x -gehalte van de uitlaatgassen (ca. 15%). Er is echter een Algemene Maatregel van Bestuur van kracht ten aanzien van de NO_x -uitworp van (aard)gasmotoren, die zal leiden tot verlaging van de normen. In de toekomst zal dit verschil daarom waarschijnlijk geen rol meer spelen [32].
- Door besparing van fossiele brandstof wordt vermeden, dat koolstof uit diepe geologische formaties aan de kringloop-koolstof wordt toegevoegd. Daar moet dan wel als kanttekening bij worden geplaatst, dat door energiewinning uit afval de koolstof uit dat afval in een versneld tempo in de atmosfeer terechtkomt en aldus, in de vorm van CO_2 , toch een bijdrage levert aan het zg. broeikaseffect.

Voor wat betreft dit aspect is mestvergisting daarom gunstiger dan gebruik van fossiele brandstof, maar minder gunstig dan de toepassing van bronnen, waar bij in't geheel geen koolstof wordt verbrand, zoals zon, wind of waterkracht.

Wel moet worden opgemerkt, dat dit effect marginaal is.

1) Soortgelijke overwegingen gelden ten aanzien van energiegebruik bij kunstmestproduktie, werkgelegenheid, enz.

4 MESTVERGISTING EN GRONDSTOFFENBEHEER

4.1 Vergiste mest op grasland

Door vergisten neemt het droge organische stofgehalte (d.o.s.) van de mest af met enige tientallen procenten ten opzichte van het oorspronkelijke d.o.s.-gehalte [8,21]. Echter, op grasland is geen behoefte aan organische stof [22]. Daarom is voor grasland vergiste mest zeker niets minder waard als meststof dan onvergiste. Offermans e.a. [3] spreken van "minstens even goed en waarschijnlijk zelfs iets beter".

Verder neemt het aandeel van direct opneembare stikstof in de mest toe en er zijn enige aanwijzingen dat dit resulteert in een snellere groei van de eerste grassnede, [5,29]. De concentratie van slijmstoffen in de mest neemt door vergisting af. Vergiste mest blijft minder aan grassprietten kleven, en de koeien eten het gras beter. Een koe graast, in een weiland dat voor de ene helft is bemest met vergiste mest en voor de andere helft met onvergiste, beduidend meer op de "vergiste helft" [3].

De la Lande Cremer, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid [61], constateert, op een laag N-niveau, een kleine verbetering van de opbrengst, door gebruik van vergiste mest in plaats van onvergiste.

IMAG, [5,8], voegt daar nog aan toe, dat de grotere homogeniteit van vergiste mest ten opzichte van onvergiste een voordeel is. De verspreiding is daardoor regelmatig, de schaduwwerking minder. Het land wordt beter afgegraasd. Ook wordt door de geringere stank het gras eerder gegeten en daardoor minder vertrapt.

4.2 Vergiste mest op bouwland

Offermans e.a., [3], maken melding van een synergetisch effect, het "resteffect", bij gecombineerd gebruik van kunstmest en dierlijke mest. Bij zo'n gecombineerd gebruik wordt de opbrengst hoger, dan bereikt kan worden door één van beide afzonderlijk. De oorzaak van dit resteffect is nog niet geheel duidelijk, maar het wordt toegeschreven aan het gemakkelijk verteerbare deel van de organische fractie in de mest¹⁾. En het is nu juist deze fractie,

1) Ook De la Lande Cremer schrijft het resteffect toe aan het gemakkelijk verteerbare deel van de organische fractie [23]. Hoeksma meent echter, dat dit effect juist door het moeilijk verteerbare deel wordt veroorzaakt [67].

die door vergisten gedeeltelijk wordt afgebroken. Of deze vermindering inderdaad tot een verminderde waarde van vergiste mest ten opzichte van onvergiste leidt, is moeilijk te zeggen. Mogelijk gaat het om kleine verschillen, van enkele procenten [3]. Ook het IMAG [29] verwacht een nadelig effect van vergisten van mest op de opbrengst van bouwland. De la Lande Cremer meent echter dat de verschillen nihil zijn [48]. Henkens [28] verwacht, dat als gevolg van een betere oplosbaarheid van fosfaat in vergiste mest de fosfaatwerking daarvan zal verbeteren.

Verder is het bij vergiste mest belangrijker dan bij onvergiste om de mest snel onder de grond te werken (door onderploegen of injecteren) om ammoniakverlies te voorkomen [3].

En ook op bouwland moet de verminderde stank, de grotere homogeniteit en betere verspreidbaarheid positief worden gewaardeerd.

Samenvattend is de indruk, dat vergiste mest op bouwland toch iets minder waard is dan onvergiste. Voor wat de kwantificering daarvan betreft, wordt de beste oplossing wellicht aangedragen door Lammers [33], die de vermindering van de bemestingswaarde uitdrukt in de kosten, die moeten worden gemaakt om deze vermindering door een groenbemester te compenseren. De kosten daarvan bedragen ca. f 0,60 per m³ mest (zie hoofdstuk 9).

In de feitelijke problematiek spelen echter diverse niet-technische belemmeringen mee. Hiervoor wordt naar hoofdstuk 7 verwezen.

4.3 Mestverwerking

In [15] en in de recenter publikatie [11] van BRO van Heesewijk en [62] en Van Velsen, LH Wageningen, worden processen beschreven voor de verwerking van mestoverschotten tot opnieuw bruikbare of losbare producten. In [8] worden, behalve het reeds behandelde energetische aspect, nog andere voordelen genoemd van vergiste mest ten opzichte van onvergiste. De vergiste mest is, aldus [8], veel homogener, laat zich gemakkelijker verpompen en opslaan en is beter te scheiden. Ook van Veen (TNO) [34] noemt dergelijke voordelen, met name dat na vergisten minder chemicaliën nodig zijn ten behoeve van de mestscheiding. Daar staat echter tegenover dat de C/N-verhouding kleiner wordt, en dat bemoeilijkt het aerob nazuiveren voor wat betreft de biologische stikstofverwijdering.

Tenslotte is het in dit verband van groot belang om op te merken, dat de mate van feitelijke "herbruikbaarheid" van allerlei vormen van uit natuurlijke mest afgeleide kunstmestprodukten terdege moet worden onderzocht. Het is namelijk geenszins zeker, dat de markt inderdaad bereid is voor dit soort produkten de kunstmestpariteit¹⁾ te betalen.

In hoofdstuk 5 van deze studie zullen enkele processen voor grootschalige mestverwerking, respectievelijk met en zonder vergisten, met elkaar worden vergeleken.

4.4 Overige grondstoffenaspecten.

- Biogas bestaat voor 30 à 40% uit CO₂. Dit CO₂ kan langs fysische weg van het methaan worden gescheiden, en vervolgens worden gereinigd en vloeibaar gemaakt. Het is dan geschikt voor laagwaardige toepassingen, bijvoorbeeld als straalmiddel ("droogijs") of in tuinbouwkassen, als aanvulling op de CO₂ uit rookgassen. Verwacht wordt, dat kosten en baten van CO₂-winning elkaar ongeveer zullen dekken (orde f 0,30 per kg CO₂) [63].

De extra baten van zo'n operatie bestaan dan hieruit, dat er biogas overblijft met een veel hoger methaangehalte, dat bijvoorbeeld geschikt is voor levering aan het gasnet [59]. Okken [52] merkt echter op, dat voor CO₂-produktie vrij veel energie nodig is (0,4 à 0,7 kWh per m³ biogas). En bij de toepassing kan de aanwezigheid van restmethaan nadelig zijn. Van grootschalige toepassingen elders is nog niets bekend. Mochten er ooit toepassingen komen dan ligt een grootschalige aanpak het meest voor de hand.

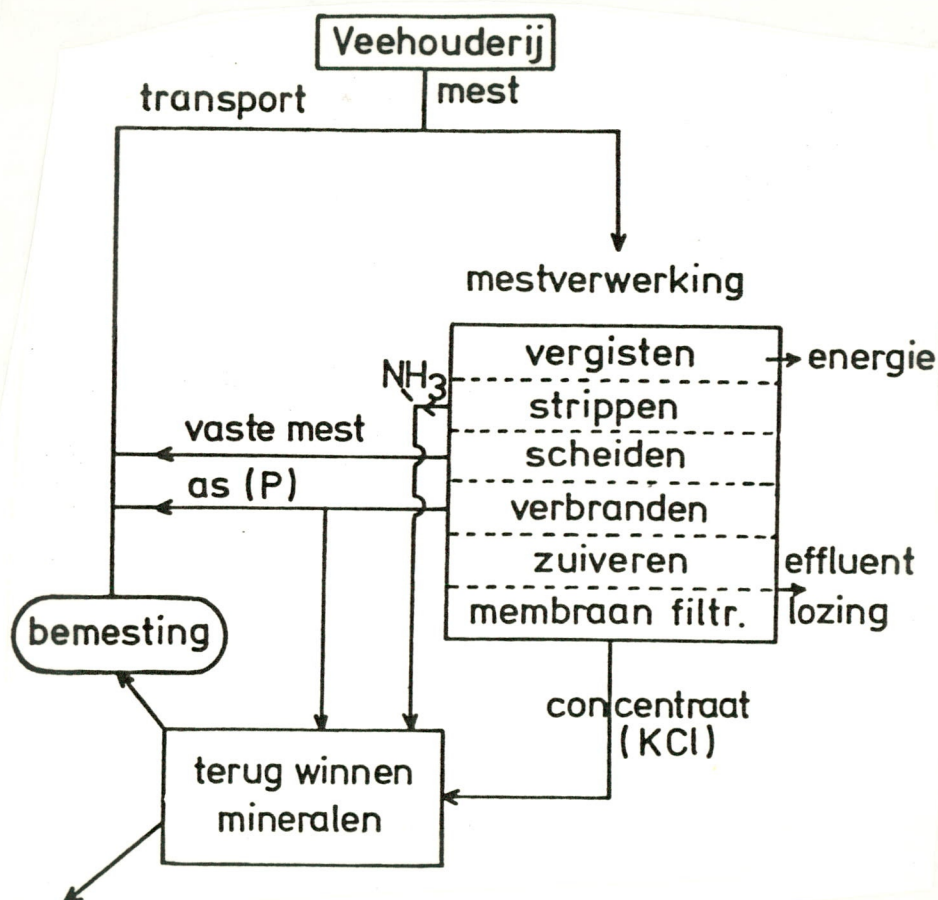
- Bij opslag in een silo kan uit vergiste mest wat meer ammoniakstikstof verloren gaan dan bij onvergiste.
- Over het effect van gras en hooi, dat met vergiste mest is bemest, op runderen (bv. kwaliteit/kwantiteit melk en vlees, benodigde hoeveelheid krachtvoer) is weinig bekend. Vermoedelijk zijn deze effecten verwaarloosbaar.

¹⁾ Kunstmestpariteit: de prijs van de vervangende, voor de gebruiker gelijkwaardige hoeveelheid kunstmest.

5. DE ROL VAN VERGISTEN BIJ GROOTSCHALIGE MESTVERWERKING

5.1 Algemeen.

Grootschalige vergisting kan deel uitmaken van een totaal mestverwerkingsproces, gericht op de centrale verwerking van mestoverschotten tot bruikbare grondstoffen en een loosbaar effluent. In deze context komt Voorburg [14] tot het volgende algemene processchema voor mestverwerking (figuur 12), nadat eerder door Ten Have en anderen [15] een aantal systemen voor centrale mestverwerking werd verkend.



Figuur 12. Schema van mestverwerking.

De Stichting Verwerking Organische Afvalstoffen [11] gaat bij de uitvoering van een haalbaarheidsstudie naar de verwerking van dierlijke meststoffen - en bij de eerste implementatie daarvan in een proeffabriek te Helmond (bijlage 2) - uit van een mestverwer-

kingsproces waarin vergisting als processtap is opgenomen. Bij de proeffabriek van de Stuurgroep Mestproblematiek Noord Brabant wordt slechts een deel van de mest vergist (bijlage 3). Hieruit blijkt al, dat vergisten wenselijk kan zijn, maar bepaald niet noodzakelijk is. Zo is door Wijnands en Luesink [6] bij hun studie naar de omvang en de verwerking van mestoverschotten in Nederland gekozen voor centrale mestverwerking zonder vergisting, of anders gezegd, voor een proces zonder de produktie en het gebruik van biogas. De belangrijkste stappen in dat proces zijn: mechanische scheiding, biologische zuivering en ontzouting door middel van omgekeerde osmose.

In dit hoofdstuk een wordt tweetal mestverwerkingsprocessen geëvalueerd, beide met en zonder gebruikmaking van vergisting als eerste processtap. Deze verwerkingsprocessen zijn:

- Scheiding, biologische zuivering en ontzouting.
- Scheiding, ammoniakstrippen, biologische zuivering en ontzouting.

Beide verwerkingsprocessen worden in de volgende paragraaf uitvoerig besproken. Aan de hand van een materiaalbalans en een energiebalans is nagegaan wat het voor genoemde processen betekent, wanneer anaerobe vergisting al dan niet wordt toegepast. In dit beginstadium van de ontwikkeling van mestwerking vindt deze evaluatie echter nog niet plaats op basis van "harde" praktijkcijfers, maar op basis van proefresultaten, aangevuld met zo goed mogelijk gekozen aannamen. De gepresenteerde getallen zijn derhalve indicatief. Maar voor het onderhavige doel - de onderlinge vergelijking van systemen met en zonder vergisting - zijn ze wel bruikbaar.

Verder moet worden opgemerkt dat de verwerkingsprocessen zijn gekozen uit een aantal voor de hand liggende opties, en wel met het doel, de vergelijking "vergisten of niet vergisten" zo goed mogelijk te kunnen uitvoeren, vooral voor wat betreft de grondstoffenaspecten.

Hierbij moet nog worden aangetekend, dat het in het huidige stadium niet mogelijk is aan te geven, welk verwerkingsproces "optimaal" is, omdat de kosten van sommige processtappen nog onvoldoende bekend zijn, en omdat de marktwaarde van de verkregen producten nog nagenoeg geheel onbekend is.

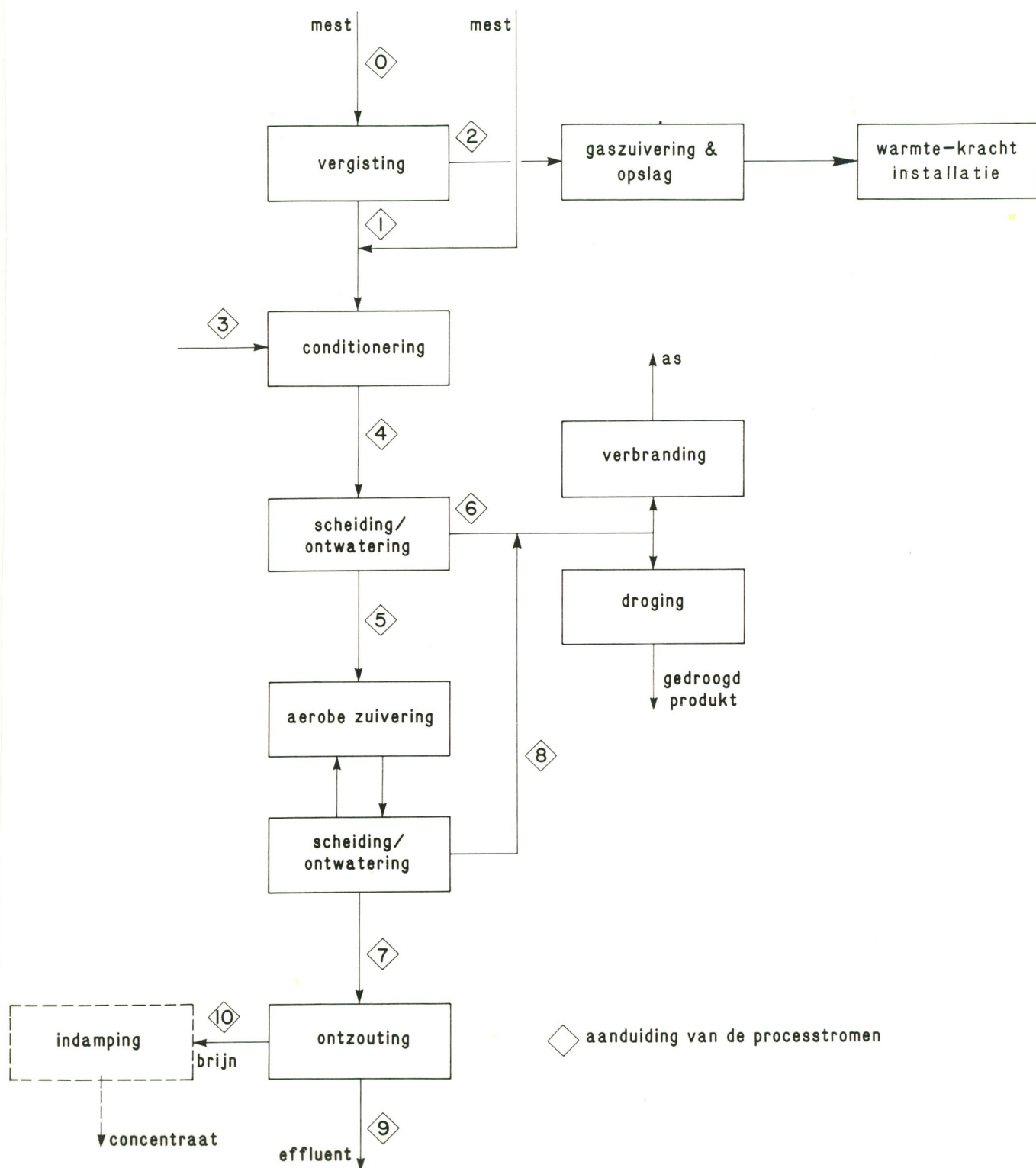
5.2 Procesbeschrijving.

De in de vorige paragraaf genoemde mestverwerkingsprocessen, met en zonder vergisting, zijn in deze paragraaf beschreven aan de hand van vereenvoudigde processchema's.

5.2.1 Scheiding, biologische zuivering en ontzouting

In figuur 13 is het schema voor het proces - scheiding, biologische zuivering en ontzouting - dus zonder ammoniakstrippen weergegeven. Aan de mest worden vlokmiddelen zoals ijzerchloride en polyelectroliet toegevoegd (chemische conditionering), waarna de gevormde vlokken in de volgende processtap mechanisch worden afgescheiden. Hiervoor kan bijvoorbeeld een zeefbandpers worden gebruikt. Bij de scheiding ontstaat een mestkoek en een waterfase. De mestkoek kan worden gedroogd of verbrand; de waterfase wordt verder aeroob biologisch gezuiverd. Bij de zuivering ontstaat biologisch (spui)slib, dat na scheiding en ontwatering tezamen met de mestkoek wordt gedroogd of verbrand. Na de biologische zuivering bevat de vloeistof nog te veel opgeloste zouten om te kunnen worden geloosd. Daarom wordt de vloeistof na de biologische zuivering door middel van omgekeerde osmose ontzout. Hierbij ontstaat een loosbaar effluent (permeaat) en een concentraat (brijn). Door indamping kunnen de in de brijn aanwezige zouten desgewenst nog verder worden geconcentreerd.

Indien mestvergisting wordt toegepast, wordt de vergistingsstap vooraan in het proces geplaatst, zodat in dit geval de vergiste mest in plaats van de verse mest mechanisch wordt gescheiden en nagezuiverd.



Figuur 13 Mestverwerking door middel van scheiden, biologisch zuiveren en ontzouten met en zonder anaerobe vergisting (zonder NH_3 -strippen).

De apparatuur ten behoeve van de vergistingsstap bestaat uit een vergistingsreactor, gaszuiveringsapparatuur, een gasopslag en eventueel uit een warmte/krachtinstallatie.

Opmerking

Bij de aerobe biologische zuivering worden stikstofverbindingen verwijderd door middel van microbiologische nitrificatie en denitrificatie. Voor dit proces is koolstof nodig, die in principe in de mest aanwezig is. Indien de hoeveelheid (voor de micro-organismen toegankelijke) koolstof te gering is, kan een andere koolstofbron, bijvoorbeeld methanol, worden toegevoegd. Dit is onder andere het geval, wanneer door vergisting een groot deel van de beschikbare koolstof reeds is verbruikt.

In plaats van toevoeging van methanol kan ook een deel van de niet vergiste mest worden gebruikt. De kosten van de toe te voegen koolstofbron zijn daardoor lager. Er wordt dan echter minder gas geproduceerd en voor het niet vergiste deel vervallen dan uiteraard de voordelen die vergisten met zich meebrengt bij volgende bewerkingen. Mede om de opties vergisten/niet vergisten zo goed mogelijk met elkaar te kunnen vergelijken is hier voor de methanol-route gekozen.

5.2.2 Scheiding, ammoniakstrippen, biologische zuivering en ontzouting

In figuur 14 is het verwerkingsproces met ammoniakstrippen schematisch weergegeven. Nadat de mest met kalk is behandeld en de vaste deeltjes zijn afgescheiden, wordt de vloeistof gestript. Dit wil zeggen dat de vrije ammoniak wordt uitgeblazen en vervolgens in zuur (bijvoorbeeld zwavelzuur) wordt geabsorbeerd. Hierbij ontstaat een waterige oplossing van een ammoniumzout (bijvoorbeeld ammoniumsulfaat). De afgescheiden deeltjes worden na chemische conditionering (toevoeging van polyelectrolyet) verder ontwaterd en vervolgens gedroogd of verbrand.

Het vervolg van het proces verloopt in feite analoog aan het proces, zoals dit in de vorige paragraaf is beschreven. Na een aerobe zuiveringsstap volgt een ontzoutingsstap door middel van omgekeerde osmose. Biologisch spuislib wordt na afscheiding en ontwatering gedroogd of verbrand; de brijn kan desgewenst door indamping verder worden geconcentreerd. De gezuiverde vloeistof kan als permeaat van de omgekeerde osmose worden geloosd.

Indien mestvergisting wordt toegepast, zal de vergiste in plaats van de verse mest het hiervoor beschreven proces doorlopen.

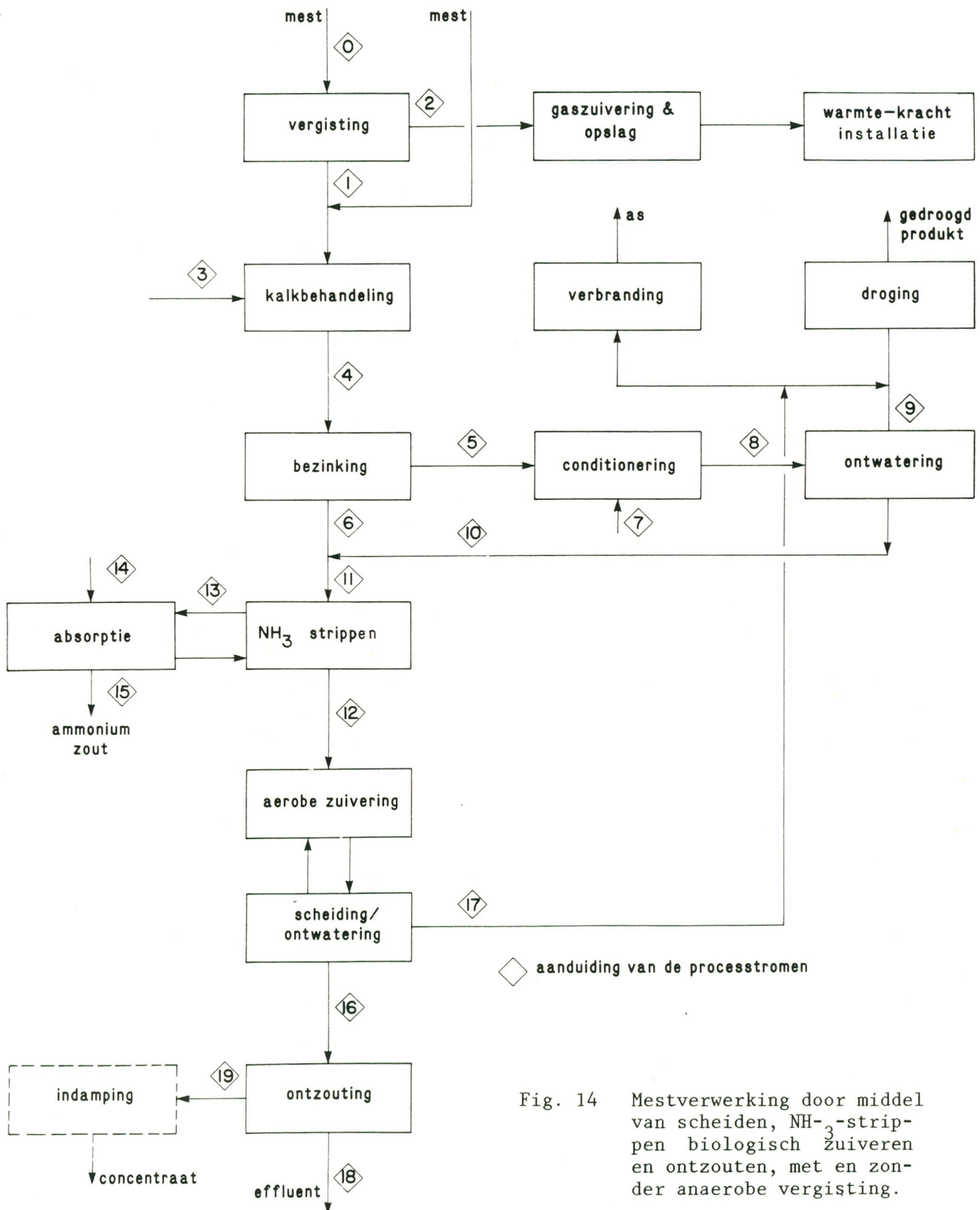


Fig. 14 Mestverwerking door middel van scheiden, NH₃-strippen biologisch zuiveren en ontzouten, met en zonder anaerobe vergisting.

Het hier beschreven proces verschilt van het vorige door de aanwezigheid van een aparte ammoniakverwijderingsstap. Door de aanwezigheid van deze processtap ontstaat naast gedroogd produkt of as (wanneer verbranding wordt toegepast) een extra produkt in de vorm van een ammoniumzout-oplossing.

5.3 Uitgangspunten voor materiaal- en energiebalansen.

Ten behoeve van het opstellen van een materiaal- en een energiebalans voor de in figuur 13 en 14 gegeven processchema's is een aantal uitgangspunten opgesteld. Enkele uitgangspunten zijn gekozen op basis van onderzoeksresultaten, terwijl andere gegevens zo goed mogelijk zijn geschat. Zoals eerder is opgemerkt zijn er (nog) geen (grootschalige) praktijkgegevens beschikbaar.

5.3.1 Mestverwerkingscapaciteit

Voor de grootschalige mestvergisting is gekozen voor een capaciteit, overeenkomend met ca. 20.000 gve. (resp. 182.000 mestvarkens). Op basis van het gegeven dat 120 gve per jaar 1640 m³ drijfmest produceren [5] betekent dit een capaciteit op jaarbasis van 273.300 m³. Als wordt aangenomen, dat de mestverwerkingsfabriek 85% van de beschikbare tijd (365 dagen per jaar gedurende 24 uur per dag) operationeel is, volgt hieruit een verwerkingscapaciteit van 36,7, afgerond 37 m³/uur (jaarcapaciteit 321.500 m³).

5.3.2 Mestsamenstelling

De berekeningen zijn uitgevoerd voor varkensdrijfmest (vdm) met de volgende gemiddelde samenstelling [15]¹⁾:

droge stof (= indamprest)	80 kg/m ³	
as (= gloeirest)	22 kg/m ³	
organische stof	58 kg/m ³	
N-Kj (Kjeldahl) ²⁾	7,2 kg/m ³	
NH ₄ -N	4,5 kg/m ³	
P	2,2 kg/m ³	(als P ₂ O ₅ 5,1 kg/m ³)
K	3,3 kg/m ³	(als K ₂ O 4,0 kg/m ³)
Cu	0,1 kg/m ³	
Cl	2,0 kg/m ³	

1) Voor een meer gedetailleerd overzicht van de mestsamenstelling wordt verwezen naar bijlage 4.

2) Het totaal van organische- en ammoniumstikstof.

5.3.3 Vergisting

De produktie aan biogas is gesteld op $0,335 \text{ m}^3$ per kg toegevoegd organisch materiaal. Het biogas bestaat voor ongeveer $2/3$ deel uit methaan. Met behulp van de calorische waarde van methaan ($35,83 \text{ MJ/m}^3$) kan de bruto energieproduktie worden berekend. Bij een mestverwerkingscapaciteit van $37 \text{ m}^3/\text{h}$ bedraagt deze 4770 kW . Bij de vergisting wordt ca. 45% van de organische stof in biogas omgezet, terwijl een deel van de organisch gebonden stikstof in ammoniumstikstof ($\text{NH}_4\text{-N}$) overgaat. Na vergisting bevat de mest dus meer $\text{NH}_4\text{-N}$.

Bij een hydraulische verblijftijd van 15 dagen bedraagt het totale vergistervolume 13.300 m^3 . Dit komt neer op 3 vergistingstanks met een netto inhoud van 4.500 m^3 elk (b.v. diameter $20 \text{ m } \varnothing$, hoogte 15 m). Onder de aanname dat de mest 20°C moet worden opgewarmd en de warmteverliezen van de vergistingstanks moeten worden gecompenseerd, wordt de thermische proces-energie bij de gegeven capaciteit op 910 kW berekend. Dit is ongeveer 20% van de bruto energieproduktie. De voor het vergistingsproces benodigde elektrische energie is gesteld op 1 kWh/m^3 mest.

Bij toepassing van warmte/krachtkoppeling is aangenomen, dat 30% van de beschikbare energie in elektriciteit kan worden omgezet en 55% in (nuttig bruikbare) thermische energie. De overige 15% wordt als verlies beschouwd (op basis van onderste verbrandingswaarde).

5.3.4 Conditionering en mechanische scheiding

a) Met ijzerchloride en polyelektroliet

Op grond van door TNO uitgevoerd scheidingsonderzoek [34] is voor de scheiding van onbehandelde, niet vergiste varkensdrijfmest een ijzerchloride dosering van $1,7 \text{ kg}$ per m^3 mest nodig. Toevoeging van ijzerchloride heeft mede tot gevolg, dat de in de vloeistof aanwezige fosfaten in belangrijke mate worden gebonden.

De dosering aan polyelektroliet (organisch vlokmiddel) bedraagt 4 g per kg droge stof. Polyelektroliet wordt als een waterige oplossing (2 gewichtspromille) toegevoegd.

Voor genoemd onderzoek heeft uitgewezen, dat voor de scheiding van vergiste mest toevoeging van ijzerchloride niet nodig is. Voor het bewerkstelligen van de mechanische scheiding is het in dit geval voldoende als 2,5 g polyelektroliet per kg droge stof aan de vergiste mest wordt toegevoegd (sterkte van de polyelektroliet oplossing 2 gewichtspromille).

Ten behoeve van het opstellen van de materiaalbalans zijn de volgende scheidingspercentages aangehouden:

Tabel IV. Scheidingsrendement van varkensdrijfmest (percentage van de invoer dat in de koek terecht komt).

Component	Onbehandelde, <u>niet</u> vergiste varkensdrijfmest	Vergiste varkens- drijfmest
droge stof	80%	70%
as	70%	55%
N-Kj	55%	40%
NH ₄ -N	40%	30%
P ₂ O ₅	90%	85%
K ₂ O	35%	20%
Cu	99%	98%
Cl	30%	20%

Aangenomen is dat de afgescheiden, ingedikte mest, na ontwatering met een zeefbandpers, een droge stofgehalte van respectievelijk 24 gewichtsprocenten voor niet vergiste mest en 22 gewichtsprocenten voor vergiste mest heeft.

Het energieverbruik voor de conditionering en ontwatering is getaxeerd op 0,75 kWh per m³ mest.

b) Met kalkmelk

Bij toepassing van een proces met ammoniakstrippen moet de al dan niet vergiste mest met behulp van kalkmelk op een hoge pH (11 à 12) worden gebracht, om het evenwicht $\text{NH}_4\text{-N} \rightleftharpoons \text{NH}_3\text{-N}$ in de richting van het vrije ammoniak te verschuiven. Op grond

van door de Landbouwhogeschool uitgevoerd onderzoek [35] en de ervaring van TNO op dit gebied is zowel voor de onbehandelde, niet vergiste als voor de vergiste mest een dosering van 25 kg kalk (Ca(OH)_2) per m^3 mest toegepast. De kalk wordt als kalkmelk (10 gewichtsprocenten) toegevoegd. Omdat over de verdere verwerking geen experimentele resultaten beschikbaar zijn, is verondersteld dat onbehandelde, niet vergiste mest en vergiste mest zich bij de verdere verwerking identiek gedragen.

Aangenomen is dat:

- Het mest-kalkmengsel na bezinking een droge stofgehalte van 12 gewichtsprocenten heeft.
- De droge stof in het bezonken mengsel voor 60% uit as bestaat.
- De scheiding door bezinking resulteert in een scheidingsrendement van 50% op droge stof basis.

Het bezonken slib wordt vervolgens met polyelektroliet geconditioneerd (dosering 2 g/kg droge stof) en met behulp van een zeefbandpers verder gescheiden en ontwaterd tot een mestkoek met een droge stofgehalte van 38% (scheidingsrendement op droge stof basis 85%; asgehalte 60% op basis van de droge stof).

Voor de andere componenten zijn voor de totale scheidingsbewerking (bezinking + ontwatering met zeefbandpers) de volgende scheidingspercentages aangenomen:

N-Kj 20%, NH_4 -N 10%, P_2O_5 90%, K_2O 10%, Cu 98%, en Cl 10%. Berekend als CaO komt 95% van de toegevoegde hoeveelheid kalk in de mestkoek terecht. Het energieverbruik voor de afscheiding en ontwatering is gesteld op 1 kWh per m^3 mest-kalkmengsel.

Overigens moet worden opgemerkt, dat toevoeging van kalkmelk de fosfaatwerking van de mestkoek kan verminderen.

5.3.5 Ammoniakstrippen

Bij de berekening van de materiaalbalans is aangenomen dat 90% van de in de mest aanwezige NH_4 -N door strippen met lucht wordt verwijderd. De ammoniakstikstof wordt opgevangen in zwavelzuur. Op basis van stoichiometrie is het zuurverbruik berekend. Er is verondersteld dat de vastgelegde stikstof als een 45 gewichtspro-

centige ammoniumsulfaatoplossing de absorber verlaat. Verwijdering van andere componenten vindt tijdens het strippen niet plaats.

Op grond van gegevens van de LH over het strip-absorptieproces [18] is een energieverbruik voor een conventioneel stripproces met lucht van 2 kWh per m³ mest aangenomen.

Bij het strippen van niet vergiste mest is, terwille van de vergelijking, verondersteld dat de temperatuur van mest moet worden verhoogd tot die van de vergiste mest (30 °C). Dit betekent voor niet vergiste mest een verbruik aan thermische energie van 1020 kW. Voor vergiste mest is deze opwarming niet nodig, omdat dit reeds tijdens het vergistingsproces heeft plaatsgevonden.

5.3.6 Biologische zuivering

Bij de aerobe biologische zuivering is aangenomen dat alle aanwezige ammoniumstikstof wordt verwijderd via biologische nitrificatie ($\text{NH}_4\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{NO}_3\text{-N}$) en denitrificatie ($\text{NO}_3\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{N}_2$).

Dit proces vereist zuurstof en wel 1,7 kg O₂/kg N. Tevens is koolstof benodigd, die door de aanwezige organische stof in de mest wordt geleverd. Indien onvoldoende koolstof beschikbaar is om de nitrificatie/denitrificatie te kunnen uitvoeren, moet deze worden toegevoegd, bijvoorbeeld in de vorm van methanol.

Bij de berekening van de materiaalbalans over de biologische zuivering zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Proces	-AN ¹⁾	+AN	-AN	+AN
	-STR	-STR	+STR	+STR
CZV ²⁾ /o.s.	2,0	1,5	1,8	1,3
% CZV verademd, d.w.z. omgezet in CO ₂ + H ₂ O	62	45	60	40
methanol ³⁾ toevoeging (kg/1000 kg influent)	0	1,5	0	0

1) + of - betekent met of zonder
AN = vergisten
STR = ammoniakstrippen

2) CZV = chemische zuurstofverbruik

3) methanol wordt voor 100% verademd; O₂-verbruik van methanol 1,5 kg/kg

Percentage in effluent na scheiding/ontwatering:

d.s. (= o.s. + as)	60	70	60	70
as	86	80	84	80
N-Kj	25	33	28	34
P ₂ O ₅	39	39	89	89

Concentraties aan K₂O en Cl in effluent en slib zijn hetzelfde.

Bovenstaande informatie is grotendeels verstrekt door Ten Have van de RAAD (persoonlijke mededeling) en ontleend aan proefresultaten van het varkensproefbedrijf te Sterksel, van de RAAD (Arnhem) en van de Landbouwhogeschool (Wageningen) [36].

Verdere aannamen:

- Beluchttingsrendement 1,6 kg O₂/kWh.
- Energieverbruik van de slibontwatering met decanteercentrifuge 1,5 kWh/m³ nat slib.

5.3.7 Ontzouting

Op basis van door TNO uitgevoerd onderzoek naar de ontzouting van mechanisch gescheiden varkensdrijfmest door middel van omgekeerde osmose [37] zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Verhouding permeaat (= schone vloeistof): concentraat (= brijn) = 3:1.
- Scheidingsrendement voor P (P₂O₅) 98%, Cu 99% en alle overige componenten 95%.

Voor het verbruik aan elektrische energie is een waarde van 5,8 kWh/m³ permeaat aangehouden.

5.3.8 Droging

Ontwaterde mestkoek en spuislib afkomstig van de biologische zuivering worden samengevoegd en gedroogd tot een droge stofgehalte van 70%. De droging kan bijvoorbeeld in een trommeldroger plaatsvinden. Stankbestrijding is hierbij noodzakelijk.

Volgens de literatuur [38] bedraagt de benodigde thermische energie 750 kcal/kg verdampt water en de elektrische energie 20 kWh/m³ ontwaterd slib [36].

5.3.9 Verbranding

Voor de berekening van de energiebalans is verondersteld dat de afgescheiden en ontwaterde mest-slibkoek in een wervelbedoven wordt verbrand.

De procesparameters zijn:

temperatuur van het bed	: 820 °C
rookgastemperatuur	: 900 °C
luchttemperatuur	: 400 °C (verkregen door warmteuitwisseling met de rookgassen)
luchtvermaat	: 20%
warmteverliezen ovenwand	: 5% van de totale energie-invoer.

Hulpenergie wordt geleverd in de vorm van aardgas. De benodigde elektrische energie, nodig voor onder andere blower en ventilator, is getaxeerd op 3% van de invoer aan thermische energie.

Verondersteld is, tenslotte, dat de te verbranden organische stof de volgende chemische samenstelling heeft: 48,4% C, 7,0% H, 7,5% N, 33,2% O, 1,0% S en 2,9% P. Deze samenstelling van de organische stof komt gemiddeld overeen met die van zuiveringsslib. De bovenste verbrandingswaarde bedraagt 21 MG/kg.

5.4 Materiaalbalans

Op basis van de in de vorige paragrafen beschreven uitgangspunten zijn voor de mestverwerkingsprocessen, zoals die in de figuren 13 en 14 zijn weergegeven, materiaalbalansen opgesteld. Deze balansen zijn voor het proces zonder ammoniakstrippen vermeld in bijlage 5 (zonder vergisten) en bijlage 6 (met vergisten) en voor het proces met ammoniakstrippen in bijlage 7 (zonder vergisten) en bijlage 8 (met vergisten).

Zoals eerder is opgemerkt is in eerste instantie voor een optie gekozen, waarbij de uit het proces vrijkomende mestkoek en het spuislib na ontwatering gezamenlijk worden gedroogd tot een droge stofgehalte van 70%. De materiaalbalans van het droogproces is in tabel V gegeven.

In verband met een latere beschouwing over het grondstoffenaspect elders in dit rapport zijn in tabel VI de belangrijkste reststoffen uit de mestverwerkingsprocessen zonder en met vergisten vermeld. De gegevens voor de tabel zijn ontleend aan bijlagen 5 t/m 8 en aan tabel V.

Tabel V Materiaalbalans met betrekking tot het drogen van mest en spuislib

Mestverwerking	mestkoek (kg)	spuislib (kg)	totaal		te verdampen water (kg)
			nat (kg)	gedroogd (kg) ¹⁾	
zonder strippen zonder vergisten	10116	1040	11156	3766	7390
zonder strippen met vergisten	6372	830	7202	2240	4962
met strippen zonder vergisten	4326	3630	7956	3386	4570
met strippen met vergisten	3250	2185	5435	2388	3047

1) Na droging tot 70% droge stof.

Tabel VI. Hoeveelheid reststoffen in kg/h (varkensdrijfmest)

Omschrijving	Mestverwerking (capaciteit 37 m ³ vdm/uur)									
	zonder ammoniakstrippen					met ammoniakstrippen				
	zonder vergisten		met vergisten		zonder vergisten ¹⁾			met vergisten		
	gedroogd produkt	brijn	gedroogd produkt	brijn	gedroogd produkt	brijn	NH ₄ - zout	gedroogd produkt	brijn	NH ₄ - zout
totaal	3766	8197	2240	8093	3386	10674	1155	2388	10928	1362
droge stof	2636	297	1568	368	2370	1034	-	1672	970	-
organische stof	1985	82	1064	92	1267	453	-	758	209	-
N	161	5	122	8	99	17	134	78	12	158
P ₂ O ₅	181	7	177	10	172	16	-	172	16	-
K ₂ O	55	87	32	109	26	115	-	22	119	-

1) (NH₄)₂ SO₄, 45 gewichtsprocenten.

Als gevolg van de verwerking treedt een reductie aan organische stof op. Deze is uiteraard het grootst bij de processen met vergisting. Verder is er verlies aan stikstof; dit is het grootst bij de de processen zonder ammoniakstrippen. Het verlies aan stikstof is bij het proces zonder ammoniakstrippen groter wanneer vergisten worden toegepast. Bij het proces met ammoniakstrippen zijn de stikstofverliezen in beide gevallen gelijk. De verliezen aan P_2O_5 en K_2O zijn zeer gering; bij alle processen zijn de hoeveelheden P_2O_5 en K_2O vrijwel gelijk.

5.5 Energiebalans

Gebruikmakend van de in paragraaf 5.3 gegeven uitgangspunten is het energieverbruik van de diverse processtappen berekend. De waarden zijn in bijlagen 5 t/m 8 vermeld. Het energieverbruik voor het ontwateren van het spuislib uit de biologische zuivering en het drogen van ontwaterde mestkoek en spuislib is in tabel VII vermeld.

Tabel VII Materiaalbalans met betrekking tot het drogen van mest en spuislib

Mestverwerking	Elektrische energie t.b.v.			Thermische energie t.b.v. droging mestkoek + slib (kWh)
	ontwatering van spuislib (kWh)	droging mestkoek + slib (kWh)	totaal (kWh)	
zonder strippen zonder vergisten	49	248	297	6466
zonder strippen met vergisten	48	147	195	4342
met strippen zonder vergisten	65	223	288	3999
met strippen met vergisten	65	157	222	2665

Ten behoeve van een latere beschouwing over de energieaspecten zijn de energieverbruiken per processtap afgerond en samengevat in tabel VIII. Tevens is in deze tabel de energieproduktie bij vergisten vermeld, waarbij onderscheid is gemaakt tussen het al dan niet toepassen van een aan de vergisting gekoppelde warmte/krachtinstallatie.

Tabel VIII. Energieverbruik in kWh per uur bij grootschalige verwerking van varkensdrijfmest (37 m³/uur)
(in afgeronde getallen)

Omschrijving	zonder NH ₃ -stripping				met NH ₃ -stripping			
	zonder vergisting		met vergisting		zonder vergisting		met vergisting	
	(t)	(e)	(t)	(e)	(t)	(e)	(t)	(e)
Vergisten	0	0	910	40	0	0	910	40
Conditionering, scheiding en ontwatering van de mest	0	35	0	30	0	45	0	45
Ammoniakstrippen	0	0	0	0	1020	90	0 ^{*)}	90
Aerobe nazuivering	0	370	0	290	0	200	0	35
Ontzouting	0	135	0	135	0	170	0	175
Ontwatering spuislib en droging mestkoek + slib	6470	300	4340	195	4000	290	2670	220
Totaal benodigd	6470	840	5250	690	5020	795	3580	605
Beschikbaar	0	0	4770	0	0	0	4770	0
Door Nutsbedrijven te leveren	6470	840	480	690	5020	795	0	605
Indien warmte-krachtkoppeling wordt toegepast:								
Beschikbaar	0	0	2620	1430	0	0	2620	1430
Door Nutsbedrijven te leveren	6470	840	2630	0	0	0	960	0
Leverantie aan derden	0	0	0	740	0	0	0	825

*) Mest was ten behoeve van vergisten reeds opgewarmd.

Uit de tabel blijkt, dat de energiebehoefte voor mestverwerkingsprocessen met vergisting lager is dan bij de vergelijkbare processen zonder vergisten. Dit effect is het grootst bij het proces met NH₃-stripping. Tevens blijkt dat de hoeveelheid energie die bij de vergisting wordt opgewekt ontoereikend is om de energiebehoefte van het verwerkingsproces geheel te dekken. Bij vergisten moet, als warmte/krachtkoppeling wordt toegepast, thermische

energie van het Nutsbedrijf worden betrokken, terwijl er een overschot aan elektrische energie ontstaan. Bij gebruik van warmte-krachtkoppeling moet meer thermische energie worden ingekocht dan wanneer deze koppeling niet wordt toegepast. Daartegenover staat dat dan geen elektrische energie behoeft te worden ingekocht.

Voor de in dit hoofdstuk beschreven mestverwerkingsprocessen met en zonder toepassing van vergisting is de energiebalans voor het verbranden van de natte mest-slibkoek berekend (verbranden als alternatief voor drogen). De belangrijkste resultaten zijn opgenomen in tabel IX.

Tabel IX Energiebalans bij verbranding van mest-slibkoek, afkomstig van de verwerking van varkensdrijfmest (37 m³/h)

Omschrijving	zonder NH ₃ -stripping		met NH ₃ -stripping	
	zonder vergisting	met vergisting	zonder vergisting	met vergisting
brandstofsamenstelling				
op droge stof % C	36,4	32,2	25,8	21,9
% H	5,3	4,7	3,7	3,2
% O	25,0	22,1	17,8	15,0
% S	0,8	0,7	0,5	0,5
% N	5,6	5,0	4,0	3,4
% P	2,2	1,9	1,6	1,3
% d.s.	23,6	21,8	29,8	30,8
% as op droog	24,7	33,4	46,5	54,7
H _b (kJ/kg d.s.)	15.813	13.986	11.235	9.513
mest-slibkoek (kg/h)	11.156	7.202	7.956	5.435
aardgas (Nm ³ /h)	711	635	510	414
lucht (Nm ³ /h)	19.357	12.831	12.866	8.839
droge rookgassen (Nm ³ /h)	18.444	12.129	12.244	8.369
natte rookgassen (Nm ³ /h)	31.921	21.134	21.115	14.411
mest-slibkoek (kW)	11.600	6.100	7.400	4.400
aardgas (kW)	7.000	6.300	5.000	4.100
totaal thermisch vermogen (MW)	18,6	12,4	12,4	8,5
nuttige energie ^{*)} (kW)	7.034	4.659	4.642	3.159
elektrische energie (kW)	558	372	372	255

^{*)} Indien de rookgassen na de luchtverhitter verder worden afgekoeld tot 200 °C.

In tabel X is het energieverbruik voor ontwatering en verbranding van de mest-slibkoek vermeld.

Tabel X Energieverbruik (kWh/uur) bij ontwatering en verbranding van mest en slib.

Omschrijving	zonder NH ₃ -stripping				met NH ₃ -stripping			
	zonder vergisting		met vergisting		zonder vergisting		met vergisting	
	(t) ³⁾	(e)	(t)	(e)	(t)	(e)	(t)	(e)
ontwatering spuislib ¹⁾		49		48		65		65
verbranding mest-slibkoek ²⁾		558		372		372		255
invoer via aardgas	7000		6300		5000		4100	
beschikbaar via rookgassen	7034		4659		4642		3159	
netto benodigd		607	1641	420	358	437	941	320
beschikbaar	34	-	-	-	-	-	-	-

1) zie tabel VII, blz. 69

2) zie tabel IX, blz. 71

3) t = thermisch, e = elektrisch

In alle gevallen moet hulpbrandstof worden toegevoegd om de verbranding te onderhouden. Bij de processen zonder vergisting behoeft, zoals te verwachten, minder brandstof te worden toegevoegd. Dit geldt voor de netto thermische energiebehoefte, alhoewel hierbij moet worden bedacht dat de toepasbaarheid van energie uit aardgas (evt. uit biogas) uiteraard een heel andere is dan die uit rookgassen.

De verbranding van mest en slib uit het proces met NH₃-stripping vereist minder energie dan die bij het proces zonder NH₃-stripping. Het thermisch vermogen van de verbrandingsoven is kleiner: 12,4 MW ten opzichte van 18,6 MW ten opzichte van 12,4 MW. Bij de

processen met vergisting is de ovencapaciteit kleiner dan bij de processen zonder vergisting.

Opmerking

Bij de processen zonder NH_3 -stripping zullen tengevolge van de verbranding naar verwachting hogere N-verliezen optreden, wat vermoedelijk zal resulteren in hogere NO_x -emissies.

5.6

Samenvatting

De voorgaande analyse van de verwerking van varkensdrijfmest met en zonder (grootschalige) vergisting en droging van de mest-slibkoek heeft tot de volgende resultaten geleid:

Op basis van de materiaالبالانس:

- Bij verwerking van varkensdrijfmest met vergisten is het verlies aan organische stof hoger dan bij verwerking zonder vergisten (47-55% versus 4-20%).
- Bij verwerking met vergisten verdwijnt er meer stikstof dan bij verwerking zonder vergisten, indien geen NH_3 -stripping wordt toegepast. Bij verwerking met vergisten wordt er dus minder stikstof in de restprodukten teruggevonden dan bij verwerking zonder vergisten (49% versus 62%). De vraag blijft gerechtvaardigd of deze verschillen significant zijn, gezien alle onzekerheden. Bij het proces met NH_3 -stripping zijn de N-verliezen nagenoeg gelijk, onafhankelijk van het feit of al dan niet wordt vergist.
- Vergisten heeft geen invloed op de verwijdering van P (P_2O_5) en K (K_2O).
- Voor de biologische stikstofverwijdering is methanol nodig bij het proces met vergisten zonder NH_3 -strippen, ervan uitgaande dat alle mest wordt vergist.

Op basis van de energiebalans:

- Bij verwerking met vergisten is het energieverbruik van het gehele mestverwerkingssysteem lager (thermisch 19-20%, elek-

trisch 18-27%). Ook hier is voorzichtigheid ten aanzien van de betrouwbaarheid van de getallen in absolute zin geboden.

- Bij verwerking met vergisten is de hoeveelheid geproduceerde energie niet voldoende om de energiebehoefte van het hele mestverwerkingssysteem te dekken. Er moet altijd, dus ook bij toepassing van warmte-krachtkoppeling, thermische en/of elektrische energie worden ingekocht.
- Bij verwerking met vergisten is in geval van verbranding netto meer energie nodig.

5.7 Vergisting van runderdrijfmest.

5.7.1 Algemeen

In de vorige paragrafen is de centrale vergisting en de verdere verwerking van varkensdrijfmest besproken. Omdat volgens de LEI studie [6] runderdrijfmest eveneens in belangrijke mate bijdraagt aan het probleem van de mestoverschotten, is deze mestsoort mede in de onderhavige studie opgenomen. Op basis van de samenstelling van runderdrijfmest wordt een vergelijking gemaakt met varkensdrijfmest, waarbij globaal de consequenties voor het mestvergistings- en verwerkingsproces worden aangegeven. Door gebrek aan voldoende kwantitatieve gegevens draagt deze vergelijking een indicatief karakter.

In tabel XI is de gemiddelde samenstelling van de beide mestsoorten vermeld. Er blijkt onder andere uit, dat het droge stof gehalte van runderdrijfmest wat hoger is. Daar het gehalte aan organische stof vrijwel gelijk is betekent dit, dat het gehalte aan anorganische bestanddelen (minerale as) in runderdrijfmest hoger is. Daarvan is het gehalte aan stikstof en fosfaat (P_2O_5) aanmerkelijk lager (globaal een factor 2) en dat van kali (K_2O) iets hoger.

Tabel XI. Gemiddelde samenstelling van varkens- en runderdrijfmest.
(zie bijlage 4 voor uitgebreide specificatie)

Omschrijving	Eenheid	Varkensdrijfmest	Runderdrijfmest
droge stof (= indamprest)	kg/m ³	80	95
as (=gloeirest)	"	22	35
organische stof	"	58	60
N-Kj (Kjeldahl)	"	7,2	4,4
NH ₄ -N	"	4,5	2,6
P ₂ O ₅	"	5,1	2,0
K ₂ O	"	4,0	5,5

5.7.2 Vergisting van runderdrijfmest

Uit [34] blijkt, dat de produktie aan biogas per kg toegevoegde organische stof bij runderdrijfmest lager is dan bij varkensdrijfmest (0,20 - 0,25 t.o.v. 0,30 - 0,40 m³ biogas/kg o.s.). Door de voorvergisting in de pens van runderen en de grotere fractie onverteerbaar materiaal (o.a. lignine) is runderdrijfmest minder geschikt voor vergisten dan varkensdrijfmest. Bij een mestverwerkingscapaciteit van 37 m³/h (uitgangspunt, zie blz. 61) komt dit neer op een biogasproduktie van 488 m³/h. Onder de aanname, dat het biogas bij de vergisting van runderdrijfmest ook voor 2/3 deel¹⁾ uit methaan bestaat, kan een bruto energieproduktie van 3244 kW worden berekend. Deze waarde is ruim 30% lager dan de berekende energieproduktie bij vergisten van varkensdrijfmest.

Bij de vergisting van runderdrijfmest is de optimale verblijftijd in de vergistingsreactor 20 dagen in plaats van 15 dagen. Dit betekent dat de inhoud van de vergistingsruimte ruim 30% gro-

1) Er zijn echter aanwijzingen dat het gehalte lager is, (zie tabel I, blz. 29).

ter zal worden. Dit heeft uiteraard gevolgen voor de investerings- en bedrijfskosten (groter warmteverlies) van het vergistingsproces, die in deze evaluatie buiten beschouwing zijn gelaten.

De literatuur vermeldt weinig gegevens over de samenstelling van vergiste rundermest. Uit vergistingsexperimenten met runderdrijfmest is gebleken dat tengevolge van de vergisting het gehalte aan droge stof met 14% afneemt, terwijl het gehalte aan ammoniumstikstof ($\text{NH}_4\text{-N}$) met ca. 8% toeneemt (steeds betrokken op het oorspronkelijke gehalte). De afbraakpercentages van droge stof en organische stof zijn aanzienlijk lager dan bij varkensdrijfmest. Omgerekend naar de onbehandelde "standaard" runderdrijfmest (zie tabel XI, blz. 75), zal de vergiste runderdrijfmest ongeveer de volgende samenstelling hebben: droge stof 82 kg/m^3 , as 35 kg/m^3 , organische stof 47 kg/m^3 , Kjeldahl-N $4,4 \text{ kg/m}^3$, $\text{NH}_4\text{-N}$ $2,8 \text{ kg/m}^3$, P_2O_5 $2,0 \text{ kg/m}^3$ en K_2O $5,5 \text{ kg/m}^3$.

5.7.3 Scheiding van runderdrijfmest

Uit de literatuur zijn geen gegevens bekend over de mechanische scheiding van vergiste runderdrijfmest. Over mechanische scheiding van onbehandelde runderdrijfmest is iets meer bekend, althans op boerderijschaal [39]. Gezien het feit dat rundermest in het algemeen meer vezelig materiaal bevat, zal bij de scheiding in vergelijking met varkensdrijfmest waarschijnlijk per m^3 mest meer mestkoek (op gewichtsbasis ca. 20%) worden geproduceerd. Om dezelfde reden is het aannemelijk dat de mestkoek na ontwatering een hoger droge stofgehalte heeft (b.v. 30 à 35% in plaats van 20 à 25%). Over de verdeling van de diverse componenten over mestkoek en filtraat zijn vrijwel geen gegevens bekend. Uit de cijfers van het LEI-rapport blijkt, dat voor de scheiding van runderdrijfmest met een zeefbandpers dezelfde scheidingsrendementen zijn gebruikt als voor varkensdrijfmest. Deze laatste cijfers zijn afkomstig van het varkensproefbedrijf van de NCB in Sterksel. Dit zou betekenen dat de fosfor (P_2O_5) voor het grootste deel ($\geq 90\%$) in de mestkoek terechtkomt, de stikstof (Kj-N) gelijk over mestkoek en filtraat wordt verdeeld, terwijl de kali (K_2O) in hoofdzaak (voor ca. 75%) in het filtraat terecht komt.

Behoudens de voornoemde hogere produktie aan mestkoek en het hogere droge stofgehalte van de koek is het vooralsnog niet aan-nemelijk te veronderstellen dat zich ten opzichte van varkens-drijfmest grote verschillen in scheidingsrendementen zullen voor-doen.

5.7.4 Ammoniakstrippen van runderdrijfmest

Evenals bij varkensdrijfmest kan de in de runderdrijfmest aan-wezige ammoniak, na beïnvloeding van het $\text{NH}_4 \rightleftharpoons \text{NH}_3$ evenwicht, door middel van strippen met b.v. lucht worden verwijderd. Of dit proces ook bij de verwerking van runderdrijfmest zal worden toe-gepast hangt af van economische factoren. Daar het gehalte aan ammoniumstikstof in runderdrijfmest globaal een factor 2 lager is dan in varkensdrijfmest, zal bij de verwerking aan runderdrijf-mest de produktie aan ammoniumzout (= produkt van het strip-absorptieproces) bij benadering worden gehalveerd. Een alterna-tief voor de ammoniak-verwijdering door middel van strippen is de biologische N-verwijdering via nitrificatie en denitrificatie. Hierbij gaat de meststikstof als gasvormige stikstof "verloren".

5.7.5 Biologische zuivering van runderdrijfmest

Voor zover bekend is er tot op heden geen onderzoek uitgevoerd aan de aerobe biologische zuivering van runderdrijfmest of daar-van afgeleide deelstromen (b.v. het filtraat na scheiding). Over de biologische afbreekbaarheid van het organische materiaal zijn derhalve geen details bekend. Met betrekking tot de biologische stikstofverwijdering door nitrificatie en denitrificatie kan worden opgemerkt dat het filtraat na scheiding van onbehandelde of vergiste runderdrijfmest meer organisch materiaal en minder stikstof bevat. De C/N verhouding is dus hoger dan die van het filtraat van varkensdrijfmest onder vergelijkbare omstandigheden. Indien dezelfde uitgangspunten worden gehanteerd als bij varkens-drijfmest leert een verkennende berekening dat ook in vergiste mest na afscheiding van de mestkoek, waarschijnlijk voldoende organisch materiaal bevat om de stikstof volledig te denitrifi-ceren (m.a.w. om te zetten in stikstofgas).

5.7.6 Ontzouting van runderdrijfmest

Hoewel ook bij deze processtap gegevens ten aanzien van runderdrijfmest ontbreken, mag worden verwacht dat de resultaten vergelijkbaar zullen zijn met die van varkensdrijfmest. De nog resterende mineralen, onder andere kalium, zullen voor 90% en meer in het concentraat (= brijn) van de omgekeerde osmose terechtkomen. Gezien het hogere asgehalte van runderdrijfmest kan worden verwacht, dat de osmotische druk van deze mest hoger is dan die van varkensdrijfmest. Hierdoor is een minder vergaande concentrering mogelijk.

6. TECHNISCHE BELEMMERINGEN EN PERSPECTIEVEN

6.1 Inleiding

Biogasproductie is op zichzelf niet "nieuw". In China, bijvoorbeeld is de techniek reeds vele jaren bekend [51], en thans zijn er ca 7 miljoen kleine biogasinstallaties in gebruik [52].

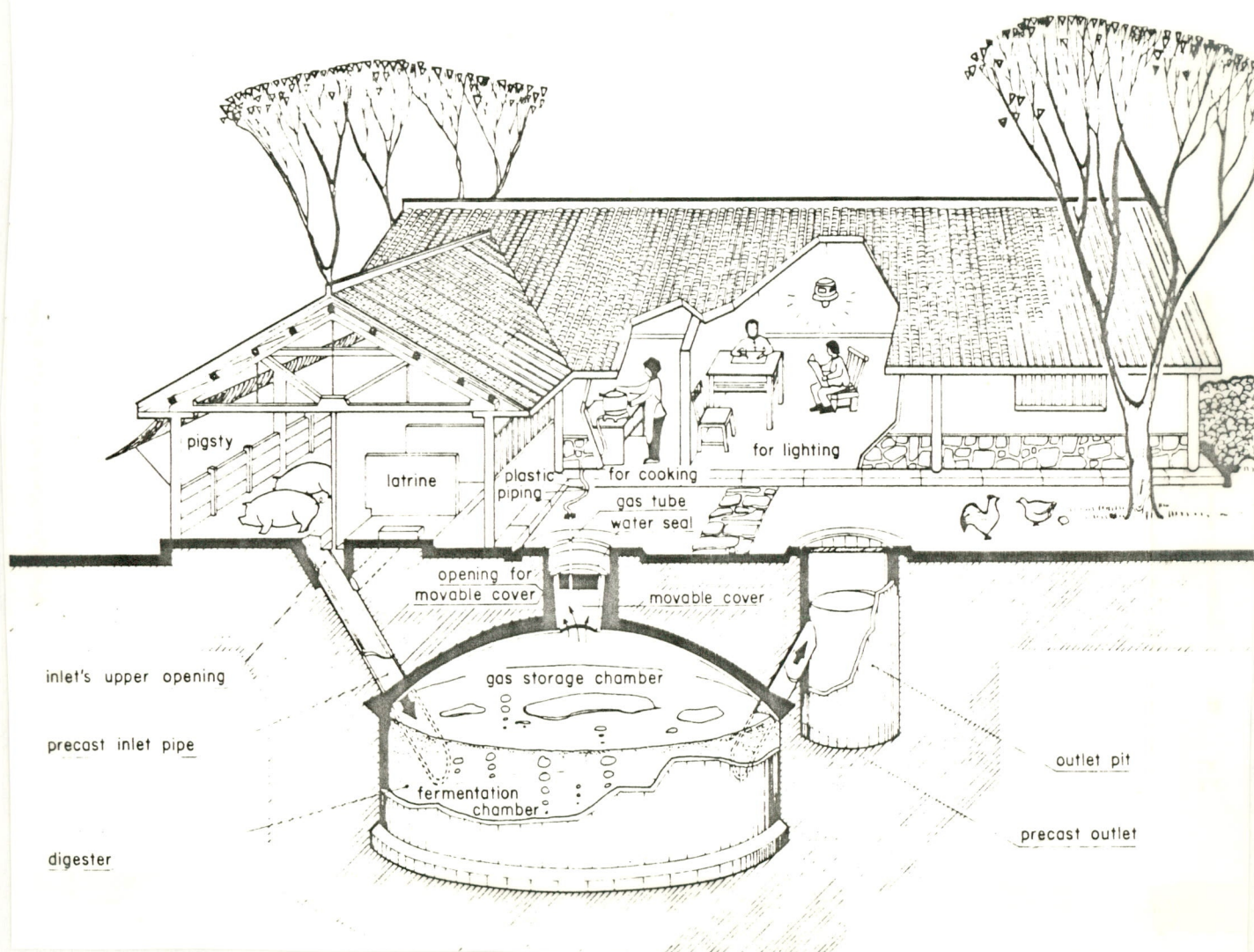


Fig. 15 Voorbeeld van een typische Chinese biogasinstallatie (tankinhoud 6 à 12 m³). De installatie bevindt zich onder de grond, vanwege warmte-isolatie. Het gas wordt direct boven de tank opgeslagen. Het organisch materieel wordt door de varkensstal en de latrine geleverd [51].

Ook in India komen veel van dergelijke installaties voor. Overigens verloopt de toepassing van biogas in ontwikkelingslanden verre van probleemloos [54].

Echter, ook in het hoogontwikkelde Nederland wordt de implementatie van biogasinstallaties aanzienlijk vertraagd door een scala van technische problemen. Maar uiteraard worden in Nederland andere eisen gesteld voor wat betreft rendement, doelmatigheid van bedrijfsvoering, (o.a. warmte/krachtkoppeling), milieu-aspecten, enzovoorts. En het is vooral de vereiste hoge graad van betrouwbaarheid in combinatie met de gewenste lage kostprijs, die problemen heeft veroorzaakt.

In [52] wordt gesteld, dat Nederland in dit opzicht ongunstig afsteekt ten opzichte van andere Europese landen. Het is echter de vraag, in hoeverre dit juist is: De verleiding om mislukkingen te verhullen is aanzienlijk, en er zijn diverse gevallen bekend van - op z'n zachtst gezegd - te rooskleurige presentaties van de gang van zaken aan buitenlandse bezoekers. En het is ook bekend, dat er bijvoorbeeld in Denemarken aanzienlijke problemen zijn [53].

In december 1983 waren in Nederland ca. 25 biogasinstallaties voor mestvergisting in bedrijf [2], alle kleinschalig, met een vergisterinhoud tot enkele honderden m³. Kenmerkend voor de huidige impasse is, dat dit aantal tot op heden (december 1985) nauwelijks is gestegen ([25], van Nes).

In [8] (Hoeksma, IMAG), worden ervaringen met een zevental demoprojecten voor mestvergisting fraai gekarakteriseerd met de eerste conclusie:

- Om in aanmerking te kunnen komen voor de regeling "Steun demonstratieprojecten energiebesparing", moet aan het project een technisch en economisch risico zijn verbonden.

Wat de demonstratieprojecten biogaswinning uit mest betreft, is aan deze eis ruimschoots voldaan.

Anderzijds zijn de mogelijkheden om tot verbeterde installatie en procesvoering te komen nog lang niet uitgeput zodat er, zeker op wat langere termijn, perspectieven zijn.

Op de aard van de technische problemen, en op de mogelijkheden om tot beter werkende installaties te komen, zal in de volgende paragrafen worden ingegaan.

6.2 Technische belemmeringen

Een uitgebreide opsomming van technische problemen bij 17 biogasinstallaties op melkveebedrijven wordt gegeven in [2] (stand van zaken november 1982).

Gesteld wordt, dat slechts ongeveer een kwart van de installaties naar tevredenheid functioneert en dat daardoor sprake is van een negatieve stemming. De gesignaleerde problemen hebben o.a. betrekking op:

- het roeren
Vorming van bezink- en/of drijfslaag komt veel voor, en dit soort problemen is nauwelijks afhankelijk van de gekozen roermethode.
- het verwarmen van de vergister
Een scala van problemen wordt hierbij gesignaleerd, zoals vervuiling, lekkages, verkeerd berekende systemen, en zelfs het ontploffen van de cv-installatie.
- algemene praktijkproblemen
Verstoppingen, condensvorming, verkeerde materiaalkeuze, lekkages, schuimvorming enzovoorts.
- biogasaggregaten
Lekkage, verkeerde bedrading, inadequate beveiliging.

In [8] worden installaties op melkvee-, varkens- en combinatiebedrijven besproken. Ook in dit rapport worden veel technische problemen gesignaleerd. Bij de melkveebedrijven gaat het daarbij o.a. om doseerapparatuur, versnijdende pompen, roer- en verwarmingssystemen, lekkage bij de doorgang van de roerder door de silowand, onjuiste constructie van de lagering. Verder onregelmatig temperatuurverloop tijdens de vergisting, onjuiste dakconstructie en isolatie van de vergister, onvoldoende bescherming van het isolatiemateriaal tegen vocht, slechte mogelijkheden voor reparatie van sommige constructies, meevoeren van mestdeeltjes in het gas door schuimvorming.

Bij de elektriciteitsproduktie worden problemen geconstateerd bij de koppeling van generatoren aan het net. "Onervarenheid van de installateurs met de techniek heeft parten gespeeld bij het installeren". Bij de motoren komt de gevoeligheid voor het agressieve biogas ($H_2S!$) vaak reeds na weinig draaiuren naar voren. Aan enkele onderdelen werd ernstige slijtage geconstateerd. Ook is er sprake van condensatie, zuurvorming, vervuiling door stofdeeltjes, zand, organisch materiaal. Dit leidde tot de installatie van een gaswasser en een schuimseparator. Ook moet speciale smeerolie met een hoog zuurneutraliserend vermogen worden toegepast.

Verder werden in eerste instantie verwarmingsketels gebruikt, die erg gevoelig waren voor vervuiling, waardoor diverse problemen ontstonden. Voor wat betreft varkensbedrijven en gemengde bedrijven worden in [8] globaal hetzelfde type problemen geconstateerd.

Verdere detaillering van problemen hoort niet thuis in deze studie. [2] en [8] geven wat dit betreft voldoende aanknopingspunten. Ook het aanreiken van specifieke remedies is op deze plaats niet relevant. Wat wèl essentieel is, is de constatering dat die remedies in alle gevallen triviaal zijn en dat er geen enkele wezenlijke reden bestaat, waarom een biogasinstallatie niet naar behoren zou kunnen functioneren. Er is hier sprake van een verzameling kinderziekten, die zich tot een epidemie heeft uitgebreid, omdat de medicijn ontbreekt. En die medicijn is geld. Of wat concreter gesteld: Mest is een lastige, complexe grondstof, die als influent een zorgvuldige verwerking vereist. Biogas bevat, behalve het waardevolle methaan een aantal voor apparatuur zeer schadelijke bestanddelen.

De wijze, waarop deze "risicodragende" produkten in vergistingsinstallaties worden behandeld is, bijna zonder uitzondering, als te lichtvaardig te kenschetsen.

Essentieel is echter, dat deze lichtvaardigheid niet primair voortkomt uit ondeskundigheid, maar uit het laten prevaleren van de wens tot rentabiliteit boven die van procesmatige betrouwbaarheid. En dat resulteert dan uiteindelijk toch in financiële fiasco's. Daarmee is dan meteen gezegd, dat de mogelijkheden van biogas in Nederland nog lang niet zijn uitgeput - en dat ze in feite zelfs nog in de kinderschoenen staan.

Mogelijkheden om tot verbetering in de situatie te komen zullen in de volgende paragraaf worden beschreven.

Vooralsnog is het in ieder geval duidelijk, dat onderstaande, in "Boerderij" van 6 mei 1981, [10], aangetroffen cartoon niet uit de lucht is komen vallen.



6.3 Perspectieven van mestvergisting

Uit het voorgaande is het duidelijk dat, in de opvatting van de auteurs, elke verbetering van het vergistingsproces staat of valt met de bereidheid om te investeren in installaties, die voldoen aan de thans geldende kwaliteitsnormen in de chemisch/fysische proces-technologie. Om dit doel te bereiken is méér dan uitsluitend landbouwkundige expertise nodig, en een pleidooi voor een versterkte multidisciplinaire aanpak bij de realisatie van toekomstige experimentele- en demonstratie-installaties is zeker op zijn plaats [55]. Zo kan een versterkte algemene inbreng vanuit vakgebieden als chemische en fysische procestechnologie en werktuigbouwkunde, naast een specifieke inbreng op gebieden als anaërobe zuivering, verbrandingsmotoren, W/K-koppeling, enz. tot aanzienlijke verbetering leiden van de hiervoor beschreven situatie. Bij een dergelijke aanpak zal van de aanvang af het streven naar kostenoptimalisering moeten worden geïntegreerd, onder andere door vereenvoudiging van onderdelen op basis van gedegen kennis van en ervaring met praktijkinstallaties (zie ook opmerkingen van Potma, [55]).

6.3.1 Kleinschalig vergisten

Met inachtnaam van het voorgaande zijn er in de nabije toekomst ontwikkelingen denkbaar, die tot een verbetering van de situatie kunnen leiden. De meeste van die mogelijkheden zijn ter sprake gekomen in de door PEO georganiseerde Workshop Mestvergisting op 29 en 30 november 1984 in Lelystad [55], waarvan de resultaten door Van Nes zijn samengevat [25].

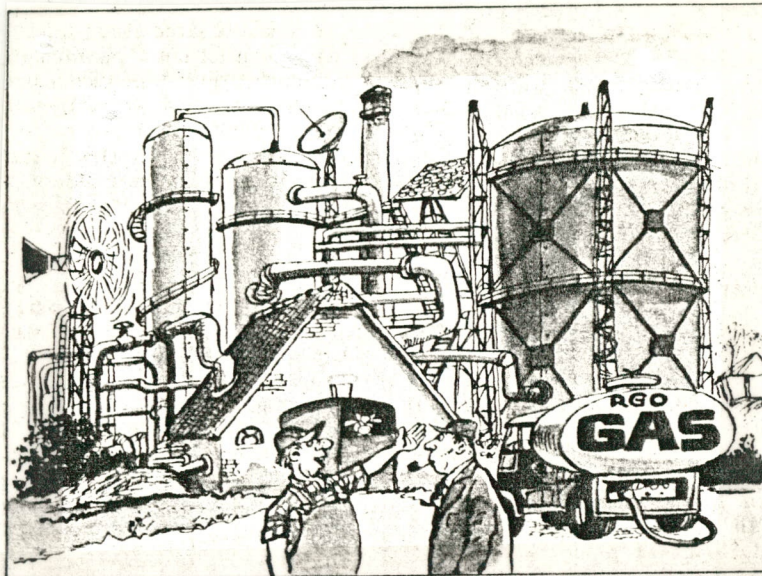
Deze mogelijkheden betreffen o.a.:

- Het verbeteren van de microbiologische aspecten van het vergistingsproces, b.v. op basis van de proefnemingen van Vogels K.U. Nijmegen [26].
- Het verkorten van de verblijftijd - en daarmee van het vergistervolume - door immobilisatie van de micro-organismen op een dragermateriaal (R.U. Groningen).

Of deze twee opties inderdaad voor de praktijk interessant zullen worden is op dit moment nog twijfelachtig. Voortzetting van het wetenschappelijk onderzoek lijkt hier echter wel op zijn plaats.

- De ontwikkeling van psychrofiele vergistingssystemen, die direct onder de stal het gas produceren en opvangen. Daardoor wordt tevens het stalklimaat verbeterd, wat zuivering van de uitlaatlucht overbodig kan maken. Deze gedachte wordt thans door de LH samen met IMAG ontwikkeld. Aan de veiligheidsaspecten zal in dit verband nodige aandacht moeten worden besteed.
- Het benutten van het synergetisch effect van het vergisten van mengsels [27] (bijvoorbeeld mest met slachtafval of frietuurvet). Daarbij zal echter tevens aandacht moeten worden besteed aan de vraag of voor bepaald componenten van zo'n mengsel ook hoogwaardigere toepassingen mogelijk zijn.
- Implementatie van diverse door de Boks en van Nes aangedragen suggesties om tot goedkopere en/of verbeterde constructie van biogasinstallaties te komen [2], zoals de toepassing van geïntegreerde dak- en gasopslagconstructie van de vergister, toepassing van goedkopere materialen en bevordering van zelfbouw (maar dan wel met inachtnaam van het in 6.2 gestelde).
- De door Lenting [9], voorgestelde schaalvergroting en samenwerking van bedrijven, alsmede het verwerven van een beter inzicht in het energieverbruikspatroon van Nederlandse veebedrijven. Het IMAG besteedt hier thans aandacht aan [67].

- Het door geïntegreerde automatisering "farmerproof" maken van installaties. Dit werkt uiteraard kostenverhogend voor de investering, maar de bedrijfszekerheid kan hierdoor zodanig worden vergroot, dat het resultaat toch positief is. Het feit, dat een vergistingsinstallatie door niet-technici moet worden bediend speelt in dit verband een belangrijke rol.



„En dit is nog maar een proefproject...” ¹⁾

Het is duidelijk, dat niet al deze opties tot daadwerkelijke verbeteringen zullen leiden. Maar ondanks dat kunnen enkele daarvan, tesamen met de op langere termijn te verwachten reële stijging van de energieprijzen ²⁾, van grote invloed zijn op de rentabiliteit van toekomstige biogasinstallaties. Daarnaast kunnen - door een integrale analyse van de mogelijke voordelen van mestvergisting op het gebied van milieu en grondstoffen als de onderhavige - positieve neveneffecten aan het licht komen, die de verdere ontwikkeling van mestvergisting positief beïnvloeden. Of al deze aspecten tesamen inderdaad voldoende zullen zijn om mestvergisting op veeteeltbedrijven van de grond te krijgen zal de tijd moeten leren.

1) Boerderij, 63 (1979) 50, 10-15 september, blz. 20.

2) Onder andere tengevolge van de te verwachten toenemende vraag in de derde wereld.

6.3.2 Grootschalig vergisten

Met grootschalig vergisten van drijfmest (als onderdeel van grootschalig verwerken) - men denkt dan aan meerdere parallelle vergistingsinstallaties met een inhoud van 1000 à 5000 m³ per stuk - is in Nederland nog geen enkele ervaring (evenmin trouwens als met de mogelijke daarop volgende stappen van een grootschalig mestverwerkingsproces).

Dàt zich bij procesopschaling vanaf het huidige laboratoriumniveau tot een verwerkingsfabriek van bijvoorbeeld 500.000 m³/jr [11] problemen zullen voordoen is zeker. Welke dat zijn zal nog moeten blijken - hoewel op grond van de vele deelonderzoekingen op semi-technische en pilotplantschaal wel al indicaties over knelpunten bestaan.

Een belangrijke les, die uit de gang van zaken bij kleinschalig vergisten kan worden geleerd is, dat de te snelle industriële implementatie tot tegenvallers heeft geleid. En daardoor kan, misschien ten onrechte, de hele techniek in discrediet raken. Stapsgewijze schaalvergroting, continu begeleid met laboratoriumonderzoek, is een noodzakelijk voorwaarde voor succes. Tenslotte moet nog worden opgemerkt, dat transport over afstanden van meer dan enkele km ten behoeve van grootschalig vergisten alléén niet rendabel is. In paragraaf 9.4, blz 125, wordt hier nader op ingegaan.

7. NIET-TECHNISCHE BELEMMERINGEN EN IMPULSEN¹⁾

Veranderingen komen voort uit behoeften. Die behoeften vormen de motor van nieuwe ontwikkelingen. Maar anderzijds ondervindt elke verandering van nature weerstand.

De introductie van mestvergisting is een voorbeeld van zo'n verandering. Voorbeelden van technische belemmeringen en de (aanzienlijke) gevolgen daarvan op mestvergisting zijn in het vorige hoofdstuk beschreven.

Daarnaast, maar wel nauw daarmee samenhangend, zijn er in het niet-technische vlak zowel belemmeringen als impulsen, die de ontwikkeling van mestvergisting beïnvloeden.

In dit hoofdstuk zal getracht worden, het krachtenspel van belemmeringen en impulsen bij de introductie van mestvergisting te analyseren, of althans te inventariseren. Daarbij zal waar nodig onderscheid worden gemaakt tussen klein- en grootschalig vergisten. Omdat echter een aantal overwegingen voor beide categorieën geldt, zullen deze steeds als eerste worden behandeld.

7.1 Niet-technische belemmeringen

7.1.1 Klein en grootschalig vergisten

Een belemmering, die niet alleen voor vergisten geldt, maar ook voor andere alternatieve bronnen, is de relatief lage prijs van aardgas in Nederland. Ook andere fossiele energiedragers, zoals propaan en LPG zijn in Nederland goedkoper dan bijvoorbeeld in Duitsland. De economische afweging valt daardoor al snel in het voordeel van aardgas uit en alternatieven komen daardoor niet "vanzelf" van de grond maar alleen door krachtige overheidssteun. Daarbij moet dan worden opgemerkt, dat het dezelfde overheid is, die enerzijds verantwoordelijk is voor de aardgasprijs, en anderzijds voor de mate waarin de ontwikkeling van nieuwe bronnen financieel wordt ondersteund [68].

Een volgende belemmering betreft de vergoeding, die het elektriciteitsbedrijf geeft voor de aan hen geleverde electriciteit. In [9] wordt hiervoor nog f 0,11 per kWh aangenomen, bij inkoop-

1) Economische aspecten worden in hoofdstuk 8 t/m 10 behandeld.

prijzen van f 0,30 overdag en f 0,25 's nachts. Hoewel incidenteel ook wel hogere vergoedingen worden toegekend, is er nog geenszins sprake van een doorbraak.

Een belemmering voor vergisten vormt verder het feit, dat vergiste mest dunner is en lichter van kleur dan onvergiste. Dit leidt tot een negatief oordeel over vergiste mest bij diverse boeren, en het speelt waarschijnlijk ook een rol bij het feit, dat mestbanken enige guldens minder per m³ betalen voor vergiste mest dan voor onvergiste. Dat dit onterecht is blijkt wel uit 9.2.2, blz. 111, waarin wordt aangetoond, dat het verlies aan organische stof voor f 0,60 per m³ mest met een groenbemester kan worden gecompenseerd [33]. In dit verband moet ook worden opgemerkt, dat tussen viscositeit en kwaliteit van de mest geen directe relatie bestaat. Mest is namelijk thixotroop (de viscositeit hangt af van de deformatie); door roeren alléén kan onvergiste mest even dun gemaakt worden als vergiste.

7.1.2 Niet-technische belemmeringen, kleinschalig vergisten

Een probleem, dat zich specifiek bij kleinschalig vergisten voordoet is het feit dat deze techniek bedrijfsvreemde activiteiten met zich meebrengt. Een boer heeft in het algemeen weinig inzicht in procesapparatuur, W/K-installaties, enzovoorts en daardoor worden gemakkelijk fouten gemaakt. Daar komt dan nog bij, dat ook voor begeleidende instanties het onderwerp vaak nieuw was.

In het vorige hoofdstuk (6.2) zijn de technische belemmeringen behandeld. Daarbij speelde het te snel grijpen naar goedkope oplossingen een wezenlijke rol. Een belangrijke psychologische achtergrond voor deze gang van zaken zou de geringe bereidheid kunnen zijn, om het verwerken van een afvalstof - mest - serieus te nemen. De houding die "men" (onbewust) aanneemt tegenover "afval" is anders dan die tegenover een "grondstof", zoals bij-

voorbeeld aardolie, en dit kan diepgaande gevolgen hebben bij beslissingen over de kwaliteit van te selecteren apparatuur. Deze overweging geldt niet alleen voor ontwerpers, maar ook voor instanties, die de financiën ter beschikking moeten stellen. Ook bij de bedrijfsvoering kan dit punt een rol spelen ¹⁾.

In de economische sfeer speelt de beperkte mogelijkheid om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen een rol, (o.a. [9]). Onderzoek naar de optimale grootte van de gasopslag behoort daarom deel uit te maken van de berekening van een installatie. Een andere economische belemmering betreft de minimum bedrijfsgrootte. Uit figuur 16 en 17 blijkt, dat het overgrote deel van bedrijven te klein is voor rendabele exploitatie van een vergistingsinstallatie. In vele gevallen zou het echter mogelijk moeten zijn, door samenwerking van enkele bedrijven vergistingsprojecten over de drempel te helpen. Een financiële aanmoediging van overheidswege voor zo'n samenwerking is in dit verband van groot belang. Het wantrouwen in de mestkwaliteit van naburige boeren, onder andere vanwege het risico van ziektekiemen, kan hierbij echter een negatieve rol spelen.

Als juridische problematiek moet worden genoemd, dat het niet zonder meer is toegestaan, warmte, gas of elektriciteit ten behoeve van anderen dan zichzelf op te wekken. Provinciale verordeningen kunnen daarbij in de weg staan. Wanneer zo'n levering plaatsvindt over openbare grond, en/of wanneer daarbij van het openbare net gebruik wordt gemaakt kunnen extra moeilijkheden ontstaan.

Verder moet de installatie voldoen aan de criteria van het bestemmingsplan en moet een bouwvergunning worden verkregen. Ook dient de installatie te voldoen aan de criteria van de veiligheids- en de milieuwetgeving.

En tenslotte moet in in dit verband de Hinderwet worden genoemd, o.a. in verband met het lawaai van de W/K-installatie. Dit probleem is echter door adequate isolatie te ondervangen.

1) De vraag, of deze achtergrond ook bij andere soorten afvalverwerking een rol speelt, is in dit verband relevant.

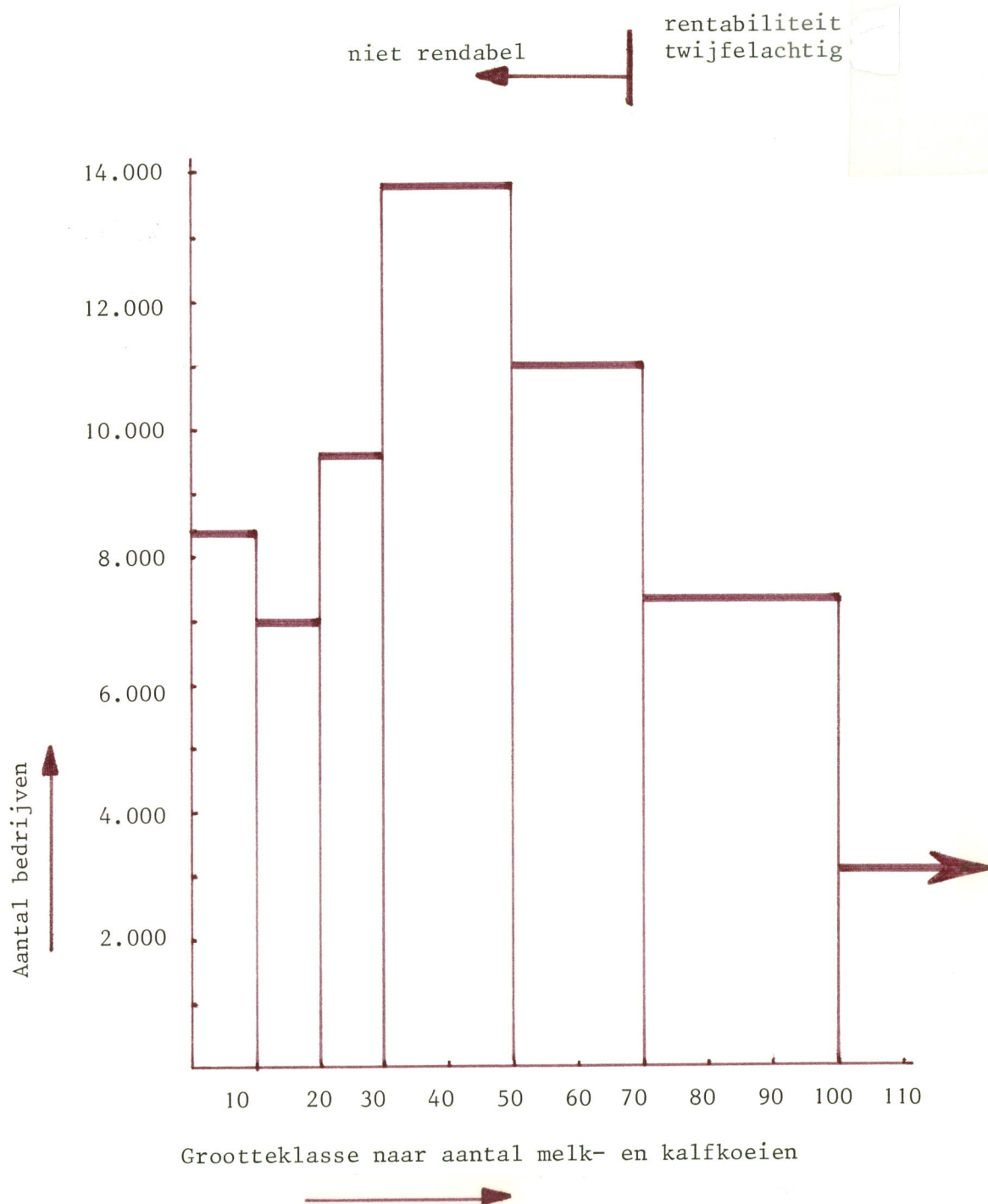


Fig. 16 Aantal melkveebedrijven, naar grootte ingedeeld (Landbouwtelling CBS, mei 1984), alsmede de rentabiliteit van biogasinstallaties.

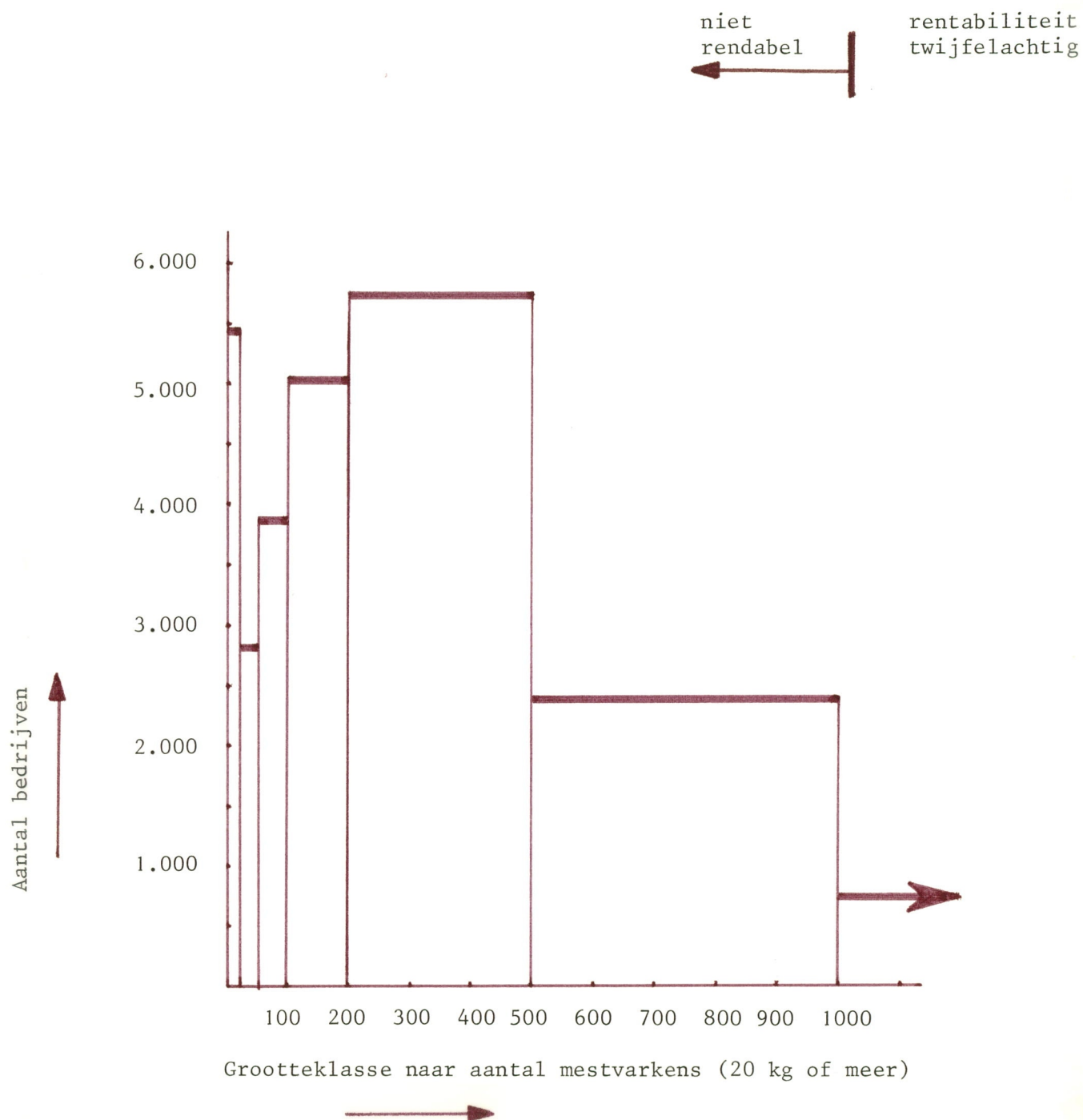


Fig. 17 Aantal mestvarkensbedrijven, naar grootte ingedeeld. (Landbouwtelling CBS, mei 1984), alsmede de rentabiliteit van biogasinstallaties.

7.1.3 Niet-technische belemmeringen; grootschalig vergisten

Hoewel grootschalig vergisten in Nederland (en bijna overal elders) nog van de grond moet komen laat het zich nu reeds aanzien, dat zich vele niet-technische belemmeringen zullen voordoen, die een geduchte bedreiging vormen voor implementatie op grote schaal. Echter, juist omdat grootschalig vergisten, zij het indirect, een bijdrage kan leveren aan het oplossen van het overschottenprobleem (en kleinschalig vergisten redelijkerwijs niet) is het belangrijk deze problemen nu reeds te onderkennen en waar mogelijk te ondervangen.

Een eerste probleem is in dit verband dat van inzameling en transport. Hiervoor is, ondanks het feit dat het om een laagwaardige stof gaat, een zorgvuldig opgebouwde, complexe organisatiestructuur vereist, die hoge kosten met zich meebrengt. Naarmate het aantal leveranciers toeneemt, wordt het risico van verspreiding van ziektekiemen groter, zodat controle hierop noodzakelijk wordt. Daarnaast is ook voor andere aspecten (steekproefgewijze) controle nodig.

Een volgend probleem betreft de afzet van de producten. Hiervoor is een gedegen marktonderzoek nodig [55], vooral omdat bij grootschalig verwerken vele procesgangen kunnen worden gekozen, die steeds resulteren in een weer wat ander produktenpakket. Technologisch is er dus een redelijke mate van flexibiliteit, maar die moet dan ook markttechnisch worden uitgebuit om de gehele operatie tot een succes te maken.

In dit verband is het van groot belang te bevorderen, dat de kunstmestindustrie naar houding ten opzicht van produkten uit dierlijke mest bijstuurt. Tot op heden zijn van die zijde nog geen initiatieven in de richting van verwerking van dierlijke mest gesignaleerd. Maar het is juist deze belangrijke industrietaak, die de concurrentie tussen kunstmest en natuurlijke mest kan verzachten door haar activiteiten naar de richting van dierlijke mest als grondstof voor kunstmestachtige produkten te verschuiven. En ook de mogelijkheid van export van "dierlijke kunstmest" is in dit verband zeer belangrijk. Om deze ontwikkeling te stimuleren zal overheidssteun nodig zijn.

De afzet van gas, elektriciteit en warmte vormt volgens dit onderzoek (hoofdstuk 5) nauwelijks een probleem, omdat vrijwel alle energie uit het biogas in de verwerkingsfabriek kan worden benut. Volgens [11] zou er echter een aanzienlijke hoeveelheid energie over zijn voor levering aan derden. Ervaringen met andere "alternatieve" projecten hebben uitgewezen, dat de met die levering verbonden problemen minstens evenredig met de schaal-grootte toenemen. Zonder volledigheid te willen claimen kunnen in dit verband genoemd worden:

- schadeclaims van nutsbedrijven;
- noodzaak tot instellen van een "wervingskorting";
- problematiek van verplichte of vrijwillige deelname van afnemers;
- kwaliteit van gas en elektriciteit;
- afstemming van vraag en aanbod van gas, elektriciteit en warmte;
- onderhoud, bediening van apparatuur en leidingnet(ten);
- de inpassing van deze optie in een groter geheel van energieplanning [56].

Aan de milieu-effecten van grootschalige mestverwerking wordt in [52] aandacht besteed. De effecten blijken sterk samen te hangen met het gekozen verwerkingsproces (bijvoorbeeld wel of niet NH_3 -strippen, wel of niet drogen of verbranden van de mestkoek, enzovoorts). Ook het mesttransport langs de weg, over rail of water, of via buizen brengt flinke milieurisico's mee.

In feite impliceert de aard van het uitgangsprодукт, dat in alle gevallen drastische maatregelen moeten worden genomen, wil het bedrijf voldoen aan de thans geldende milieunormen. En ook in dit verband is een pleidooi voor het geven van een hogere prioriteit aan kwaliteit dan aan rentabiliteit relevant, omdat anders bij grootschalig vergisten dezelfde "kinderziekten" zullen ontstaan als bij kleinschalig vergisten - alleen met grootschaliger gevolgen.

Maar ondanks alle voorzorgen bestaat bij elke locatiekeuze van zo'n bedrijf de mogelijkheid van weerstand van de naburige bevolking, waardoor de realisering jaren kan worden vertraagd.

7.2 Niet-technische impulsen

7.2.1 Klein- en grootschalig vergisten

Er zijn meer belemmeringen dan impulsen voor mestvergisten. Was dat niet zo, dan zou vergisten nu reeds een algemeen gangbare techniek zijn - en daarmee zou dit rapport (en vele andere rapporten) overbodig worden.

Anderzijds zijn er wel degelijk impulsen. Want als die er niet waren, zou aan deze techniek in 't geheel geen aandacht behoeven te worden besteed.

Daarmee bevindt mestvergisten zich in een positie, die vergelijkbaar is met die van andere alternatieven, zoals zon, wind, waterkracht, aardwarmte: De optie is "in beginsel aantrekkelijk", maar vooral in economisch opzicht slechts marginaal haalbaar. En daarnaast vergt de implementatie op grote schaal een onevenredig grote inspanning, die alleen kan worden verantwoord vanuit de wetenschap, dat de fossiele energievoorraden eindig zijn.

Het is deze wetenschap, die tevens de belangrijke impuls vormt voor de ontwikkeling van vergistingsprocessen. Want schaarste van fossiele brandstoffen leidt tot prijsverhoging, en daarmee worden nu nog onrendabele opties op den duur rendabel. Daarom dienen de huidige experimenten met vergistingsinstallaties vooral als "vingeroefeningen" te worden beschouwd, die pas op langere termijn (als de alternatieven geen "alternatieven" meer zijn) hun vruchten afwerpen. Daaraan ligt dan de veronderstelling ten grondslag, dat de bio-industrie een langer leven beschoren is dan het Groningen gasveld.....

Voorname "onevenredig grote inspanning" houdt tevens in, dat door grootschalige introductie van biogas werkgelegenheid wordt gecreëerd en dus op uitkeringen wordt bespaard. Een verwijzing naar het CE-scenario [57] waarin eveneens een sterke toename van het aantal arbeidsplaatsen mogelijk wordt geacht, onder andere door de overgang op duurzame bronnen, is hier op zijn plaats.

Verder bespaart grootschalige opwekking van biogas een niet-verwaarloosbare hoeveelheid aardgas. In hoofdstuk 1 werd hiervoor een schatting van ruim 700 mln m³/jr berekend als mogelijk maximum.

En, last but not least, de aanwezigheid van een gigantisch mestoverschot in Nederland kan bij het merendeel der gekozen procesketens een belangrijk argument vormen om mestvergiftiging op grote schaal te introduceren, omdat aldus de positieve kant (de mogelijkheid tot energiewinning) van deze situatie zo goed mogelijk wordt benut.

7.2.1 Niet-technische impulsen, kleinschalig vergisten

Een biogasinstallatie, in het bijzonder wanneer deze met een W/K-systeem is uitgerust, levert de boer een zekere mate van onafhankelijkheid op van de externe energievoorziening. Eerder werd weliswaar opgemerkt, dat de afstemming tussen vraag en aanbod niet ideaal is, maar desondanks kan in een crisissituatie zo'n installatie van onschatbare waarde zijn.

Een andere impuls betreft de eerder behandelde stankvermindering, die niet alleen het milieu in algemene zin ten goede komt, maar ook het eigen wooncomfort. Er zijn zelfs gevallen bekend, waarin de boer dat aspect nog hoger aanslaat dan de produktie van biogas.

Eerder (7.1.2) werd als belemmering het feit genoemd, dat vergisten voor een boer een bedrijfvreemde activiteit is. Voor iemand, die creatief is ingesteld kan dit punt echter juist een impuls vormen. Al zijn aan die creativiteit, die meestal gepaard gaat met een slechts beperkte mate van deskundigheid, ook weer risico's verbonden.

Een laatste positief punt in dit verband is het subsidiebeleid. In hoofdstuk 8 en 9 wordt daar nader op ingegaan. Hier kan echter worden vastgesteld, dat de individuele ondernemer een aanzienlijke bijdrage van de overheid krijgt voor een installatie en in dit stadium is dat ook dringend noodzakelijk, want zonder deze subsidie zou in Nederland nu geen enkele biogasinstallatie bestaan.

7.2.2 Niet-technische impulsen, grootschalig vergisten

De belangrijkste impuls voor grootschalig mestvergisten is, dat daardoor, zij het indirect, een bijdrage wordt geleverd aan de vermindering van het overschottenprobleem. Zoals eerder uiteengezet (voorwoord, hoofdstuk 5) lost vergisten dit probleem niet rechtstreeks op, maar worden volgende processtappen er positief door beïnvloed. Aan vergisten kan daarom in dit verband een positieve waarde worden toegekend, die verder reikt dan uitsluitend de produktie van biogas, omdat door vergisten en verdere verwerking kunstmestvervangende produkten kunnen worden gemaakt. En aldus draagt grootschalig vergisten bij tot het herstel van de kringloop "veevoer - mestvoedingsstof voor planten - planten als voedsel" [11], die nu verbroken is doordat de relatie tussen het vee en het land niet meer bestaat.

Een impuls voor grootschalig ten opzichte van kleinschalig vergisten is, dat schaalvergroting rentabiliteitsverhoging met zich meebrengt, zowel door een gunstiger verhouding van investeringen ten opzichte van opbrengsten als door de mogelijkheid, een grotere mate van deskundigheid in te zetten bij de bedrijfsvoering. De eerder genoemde hogere transportkosten staan daar als nadeel tegenover.

Tenslotte moet als impuls in dit verband nogmaals de nationale kennis op het gebied van anaerobe zuivering van afvalwater worden aangehaald waar, in het bijzonder bij grootschalige bedrijfsvoering, ook bij mestvergisting van kan worden geprofiteerd.

8. ENIGE UITGANGSPUNTEN VOOR EEN INTEGRALE EVALUATIE VAN MESTVERGISTING

8.1 Inleiding.

Bij deze studie ligt het accent op de integrale kwantificering van alle relevante gevolgen van mestvergisting. Tot nu toe is mestvergisting in economische zin alleen geëvalueerd middels een bedrijfseconomische kosten-baten analyse [2,3,4,5,9]. Vanuit de optiek van de investeerder (de boer) werd daarbij gekeken naar de rentabiliteit van de biogasinstallatie. Met andere woorden: de kosten van het opwekken van biogas werden vergeleken met de opbrengsten in de zin van verminderde energiekosten (zie 2.3).

Secundaire gevolgen van mestvergisting (o.a. mogelijke hogere of lagere bemestingswaarde, mogelijke stankvermindering) werden in voorgaande studies wel genoemd, maar niet in de kosten-baten analyse meegenomen.

In deze studie wordt gebracht dit wèl te doen. Dit uitgangspunt houdt dus in, dat vergisting niet meer alleen vanuit het standpunt van de boer wordt geëvalueerd. Omdat bepaalde gevolgen van mestvergisting boven het belang van de individuele boer uitstijgen, is hier gekozen voor een integrale maatschappelijke kosten-baten analyse. De boer wordt daarbij niet primair als ondernemer, maar eerder als een deel van de maatschappij beschouwd.

Blijkt mestvergisting vanuit dit bredere standpunt gezien rendabel, dan is het een maatschappelijk belang, dat mest wordt vergist. De maatschappij kan dit bevorderen door vergisten van mest voor de boer rendabel te maken, dan wel door mestvergisten af te dwingen. (Dit laatste is in Nederlandse verhoudingen overigens een weinig realistische optie).

Een dergelijke accentverschuiving bij het evalueren van mestvergisting is tamelijk ingrijpend. Vandaar dat in dit hoofdstuk aandacht aan de uitgangspunten van zo'n evaluatie wordt besteed.

8.2 Evaluatiemethode.

Aan evaluatiemethoden is, ook vanuit de diverse ministeries, de nodige aandacht besteed [41, 42]. Dit heeft tot nu toe echter niet geleid tot een aanbeveling voor het gebruik van bepaalde methoden.

Uiteraard is bij deze studie de methode te prevaleren, waarbij alle relevante effecten van mestvergisting in financiële zin worden vertaald. Daardoor worden alle effecten onder één "noemer" (nl. geld) gebracht, zodat integrale afweging mogelijk wordt. In deze studie wordt daar dan ook naar gestreefd - hoewel zal blijken, dat deze doelstelling niet voor alle aspecten haalbaar is.

Theoretisch gezien zou de lijn van de bedrijfseconomische kosten-batenanalyse doorgetrokken kunnen worden in de maatschappelijke kosten-batenanalyse. Aangevuld op, en analoog aan, bovengenoemde kosten en baten op energiegebied, kunnen dan de kosten en baten van andere effecten, zoals die van milieu en grondstoffen, in beschouwing worden genomen. Voor wat betreft het effect op het milieu kan dan de extra schade (kosten), danwel de verminderde schade (baten), worden gehanteerd. Bij het effect op grondstoffen kan de vermeerderde, danwel verminderde produktopbrengst (op gras- of bouwland) als kosten-, respectievelijk batenpost worden opgenomen. Daarbij moet goed in het oog worden gehouden, dat het uitsluitend gaat om de vergelijking van het vergisten t.o.v. niet-vergisten van mest. Alle andere parameters dienen bij die vergelijking zo goed mogelijk constant te worden gehouden.

Aan de praktische uitvoerbaarheid van deze methodiek zijn echter enige problemen verbonden.

Zo zijn milieuproblemen meestal zodanig omvattend en de totale effecten nog dermate onbekend, dat geldelijke waardering van die effecten nagenoeg onmogelijk is. Een voorbeeld hiervan is het probleem van de zure depositie. De gevolgen daarvan zijn talrijk en omvangrijk en nog lang niet exact bekend. Kwantificering van die gevolgen is dan ook, zeker binnen het kader van deze studie, niet mogelijk.

Aan de grondstoffenkant is het vooral de onbekendheid met de effecten, die een geldelijke waardering daarvan in de weg staat. Zo is het verschil tussen de bemestingswaarde van vergiste en onvergiste mest op bouwland nog steeds een discussiepunt en ook de verschillen in verdere verwerkingsprocessen van vergiste, respectievelijk onvergiste mest zijn nog lang niet alle bekend. Daarom is in deze studie, bij effecten waarvoor kosten-baten analyse ontoereikend was, een andere methode gehanteerd, die omschreven zou kunnen worden als de schaduwprojectmethode. Daarbij wordt het verschil, dat ontstaat door mest wèl, resp. niet te vergisten, gekwantificeerd door een "project", dat dit verschil zo goed mogelijk elimineert. Een voorbeeld daarvan is de stank-reductie bij de boerderij. Onvergiste mest stinkt meer dan vergiste. Stank van onvergiste mest kan worden verminderd door het afdekken van de mestsilos. Bij vergiste mest is zo'n afdekking niet nodig (behalve om inregenen en ammoniakemissie te voorkomen). De kosten van dat afdekken worden daarom als baten aan mestvergisten toegekend.

Deze schaduwprojectmethode is praktisch gezien wellicht een goede oplossing; vanuit theoretisch oogpunt kleven er enkele bezwaren aan. Het invoeren van zo'n denkbeeldig project is namelijk alleen acceptabel als daarbij tevens wordt aangenomen, dat de maatschappij er minimaal de kosten van dat schaduwproject voor over heeft om de negatieve effecten (van onvergiste mest t.o.v. vergiste) te elimineren. De (maatschappelijke) baten van dat schaduwproject zijn dan groter of gelijk aan de (maatschappelijke) kosten daarvan. De vraag, hoeveel die baten dan groter zijn dan de kosten, is daarmee dus nog niet beantwoord.

Een praktische oplossing van dit probleem wordt aangedragen uit de besliskundige hoek. Daarbij worden de kosten van het schaduwproject vermenigvuldigd met een factor die de verwachting weergeeft dat de maatschappelijke kosten-baten analyse inderdaad positief uitvalt. Die factor zou moeten worden bepaald door deskundigen op het betreffende gebied.

Duidelijk is echter dat, zeker in dit geval, het vaststellen van zo'n factor een arbitraire zaak blijft. In dit onderzoek wordt daarom van deze methode geen gebruik gemaakt (wat dus in feite impliceert dat deze factor gelijk aan 1 wordt genomen.....).

Met inachtname van voornoemde beperkingen is daarmee in principe de te volgen evaluatiemethode van mestvergistings rond. Samenvattend en in volgorde van prioriteit komt deze op het volgende neer:

- . Kosten-baten analyse van de primaire effecten.

Dit houdt in de afweging tussen de vaste- en variabele kosten van de vergistingsinstallatie enerzijds en de opbrengsten in de vorm van biogas anderzijds.

- . Kosten-baten analyse van de secundaire effecten.

De effecten van vergisten, die niet betrekking hebben op energiewinning (dus buiten de "traditionele" benadering omgaan) worden rechtstreeks financieel gekwantificeerd.

- . Schaduwprojectmethode van de secundaire effecten.

Indien rechtstreekse kwantificering van de effecten van vergisten t.o.v. niet vergisten onmogelijk is, worden de kosten van een (denkbeeldig) project opgevoerd, dat het verschil zo goed mogelijk elimineert.

Bij de uitvoering van dit project wordt derhalve voor de energetische aspecten de kosten-baten analyse toegepast, voor de overige aspecten waar mogelijk eveneens de kosten-baten analyse, en anders de schaduwprojectmethode. Een onvermijdelijk gevolg van deze aanpak is, dat aan de uiteindelijk verkregen cijfers geen absolute waarde mag worden toegekend. Echter, binnen het kader van beschikbare mogelijkheden, geven zij een zo goed mogelijk beeld van de integrale financiële gevolgen van vergisten t.o.v. niet-vergisten.

In de volgende paragrafen zal nog aandacht worden besteed aan enkele specifieke aspecten van de evaluatie.

8.3 De rol van de mestoverschotten in het kader van de evaluatie.

In deze evaluatie speelt de maatschappelijke erkenning, dat het

mestoverschottenprobleem opgelost dient te worden een wezenlijke rol. De maatregelen die onlangs door de minister van Landbouw en Visserij zijn genomen ter voorkoming van vergroting van het probleem, en de Meststoffenwet, die in 1986 operationeel wordt onderschrijven dit, evenals de Wet Bodembescherming. Het feit dat het overschotprobleem opgelost wordt is daarom uitgangspunt van deze studie. Daaruit volgt, dat er in deze studie van moet worden uitgegaan, dat onvergiste, respectievelijk vergiste mest verder bewerkt (of getransporteerd) wordt tot de milieuschade maatschappelijk acceptabel is, of tot de mest verwerkt is, tot een "verkoopbaar" en "loosbaar" produkt.

Door het regionale karakter van het mestoverschottenprobleem, heeft bovengenoemd uitgangspunt (dat het mestoverschottenprobleem opgelost moet worden) consequenties voor de opzet van deze studie.

Met name zal, bij de kwantificering in hoofdstuk 9, worden uitgegaan van een model van een kleinschalige vergistingsinstallatie (100 gve) in een tekortgebied en van een grootschalige verwerkingsinstallatie (20.000 gve) in een overschotgebied. Daarnaast zal "grootschalig vergisten als enige processtap" kort worden behandeld.

Een nadere argumentatie voor deze opzet volgt uit tabel XII, waarin de principiële mogelijkheden zijn samengevat, in relatie tot de centrale vraagstelling "wel of niet vergisten".

Deze tabel bevat tevens de argumentatie, waarom in dit rapport de vraagstelling "wél of niet vergisten" bij bepaalde opties wél en bij andere niet is onderzocht.

8.4 Verdere afbakeningen ten behoeve van de evaluatie.

In deze paragraaf komt nog een aantal zaken aan bod, van belang voor de uitvoering van de maatschappelijke evaluatie. Het betreft:

- . het gebruik van mest (of uit mest verkregen produkten);
- . de mestsoort;
- . de behandeling van onverheidssubsidies;
- . secundaire economische effecten;

8.4.1 Het gebruik van mest.

Mest, in vergiste of onvergiste, verwerkte of niet-verwerkte vorm, wordt gebruikt voor bemesting van grond. De bemestingswaarde van mest hangt zowel af van de intrinsieke mesteigenschappen als van het gebruiksdoel van de grond zelf. Daarbij wordt vooral onderscheid gemaakt tussen gras- en bouwland. Dat houdt in, dat bij het kwantificeren van de bemestingseffecten veronderstellingen gemaakt moeten worden ten aanzien van de verhouding gras- en bouwland, dat bemest moet worden. Voor deze studie is daarbij uitgegaan van een 50/50 verhouding (zie ook 10.2.3, blz. 131).

8.4.2 Mestsoort

In 1.3, blz. 28 is reeds aangegeven dat, mede gelet op de kwantiteiten, uitsluitend aandacht zal worden gegeven aan rundveedrijfmest en varkensdrijfmest. Verder worden mengsels van mest (en van mest met andere stoffen) buiten beschouwing gelaten.

8.4.3 Behandeling overheidssubsidies en -heffingen

Bij mestvergistingsinstallaties zijn drie subsidievormen en één heffing van belang.

a) De algemene WIR-premie¹⁾ en de WIR-kleinschaligheidstoeslag (KST)

De algemene WIR-premie geldt in principe voor elke investering, terwijl de KST van toepassing is voor bedrijven met een beperkte totale investeringsactiviteit op jaarbasis. Het zijn subsidies die de maatschappelijke waarde van de betreffende investeringen weergeven. Het uitgangspunt daarbij is dat investeren de economische motor is die, naast de voor de investeerder geldende bedrijfseconomische waarde, een zekere meerwaarde heeft, zoals het genereren van verdere economische groei, o.a. in de vorm van werkgelegenheid, zowel samenhangend met de investering zelf als met de toeleverantie ten behoeve

1) WIR: Wet op de Investeringsrekening.

daarvan. Die waarde wordt vanuit de maatschappij (lees: de politiek) gewaardeerd door de WIR-premies.

Vanuit deze optiek is het daarom verdedigbaar deze WIR-premies in een maatschappelijke evaluatie te betrekken (zie ook punt d).

b) De WIR-Energietoeslag (WIR-ET)

De WIR-ET is eveneens te zien als een vorm van maatschappelijke waardering en wel de waardering voor activiteiten op het gebied van energiebesparing en/of energiediversificatie. Nu wordt in deze studie een poging ondernomen de integrale (maatschappelijke) gevolgen van mestvergisting op energie, milieu en grondstoffen te kwantificeren. Daarin is de waardering van de ontwikkeling van nieuwe bronnen verdisconteerd. Omdat een andere vorm van maatschappelijke waardering daarvan niet voorhanden is kan de WIR-ET daarvoor als benadering dienen. Daar staat echter tegenover, dat de WIR-ET waarschijnlijk een tijdelijk karakter heeft.

Omdat echter ook deze studie uitgaat van een momentopname van de huidige situatie, zal in de berekeningen de WIR-ET als baat worden opgevoerd.

c) De WIR-Milieutoeslag (WIR-MT)

De WIR-MT wordt bij biogasinstallaties toegekend vanwege de stankvermindering door vergisting. Stankvermindering wordt in deze studie, bij kleinschalige vergisting, echter al op een andere wijze (maatschappelijk) geëvalueerd, zodat het opvoeren van de WIR-MT als baat een dubbeltelling zou inhouden. De WIR-MT wordt in dat geval daarom buiten beschouwing gelaten. Bij grootschalige vergisting wordt stankvermindering echter niet expliciet financieel gewaardeerd, zodat de WIR-MT daar wèl als baat kan worden opgevoerd.

d) De BTW

Met "overheidsheffingen" wordt hier de BTW bedoeld. Deze zal in de evaluatie geen rol spelen. Ten eerste is het wel of niet

BTW-plichtig zijn een wisselende zaak voor een boer. Er is in dit opzicht geen eenduidigheid. Verder is het macro-economisch gezien eigenlijk een vestzak-broekzakprobleem. Er is sprake van geldoverheveling van de één (de boer) naar de ander (de overheid). Uiteraard is er wel sprake van een ander (maatschappelijk) gebruik van het geld, als het in handen van de overheid komt, maar dat is in dit verband niet relevant.

Terecht kan opgemerkt worden dat dit ook voor de WIR-premies geldt. Het essentiële verschil is echter, dat de WIR-premies een maatschappelijke waardering inhouden voor een bepaalde activiteit. Dat geldt niet voor de BTW, die slechts een middel is om de overheid inkomen te verschaffen.

8.4.4 Secundaire economische effecten

Er is nog een aantal secundaire economisch-maatschappelijke effecten, dat in deze studie niet in beschouwing genomen wordt, maar dat wel van invloed kan zijn op de interpretatie van de eindresultaten.

Ten eerste moet er rekening gehouden worden met de concurrenten van biogas, en wel vooral de conventionele energiedragers. Zo zal de opkomst van biogas voornamelijk ten koste gaan van het gebruik van aardgas. Ook aardgas heeft (positieve) maatschappelijke effecten. De inkomsten uit aardgas van o.a. de overheid zijn aanzienlijk, en de overheid kan die ten nutte van de maatschappij aanwenden.¹⁾ Door gebruik van biogas wordt op conventionele energiedragers bespaard. Deze kunnen daardoor op andere wijze worden gebruikt, b.v. voor export, of als strategische reserve. In deze studie wordt aangenomen, dat het maatschappelijke nut van deze "andere wijze van gebruik" gelijkwaardig is met het conventionele gebruik.²⁾

1) De kostprijs van 1 m³ aardgas ligt in de orde van 3 à 10 ct/m³, o.a. afhankelijk van de plaats en methode van winning, samenstelling bij winning, transportkosten (bij de verbruiker, excl. belastingen enz.).

2) Deze basisfilosofie ligt impliciet ten grondslag aan elke macro-economische beschouwing, waarbij niet de feitelijke kostprijs maar de verkoopprijs van aardgas wordt opgevoerd.

Een soortgelijk probleem doet zich voor bij verwerking van mest tot een soort kunstmest. Dat produkt wordt dan een concurrent van "gewone" kunstmest. Produktie van gewone kunstmest heeft ook maatschappelijke effecten. Aan de positieve kant bijvoorbeeld de werkgelegenheid, maar aan de negatieve kant het enorme energiegebruik (het totale energiegebruik in de kunstmestindustrie bedroeg in 1982 12,5% van het totale industriële energiegebruik). In deze studie wordt verondersteld dat de maatschappelijke baten en kosten van kunstmestproduktie in evenwicht zijn.

Verder wordt in deze studie verondersteld, dat het maatschappelijk nut van de diverse produkten (b.v. vlees, vervoer) gelijk is aan de opbrengstprijis. Dat is ook reëel gezien het feit dat de "maatschappij" (consument of producent) bereid is die prijs te betalen ter verkrijging van dat produkt.

8.5 Totaalbeeld

In tabel XIII wordt een totaalbeeld gegeven van de diverse (mogelijke) effecten van vergisten. Daarbij wordt tevens aangegeven, welke daarvan bij de financiële evaluatie in beschouwing genomen worden. De (milieu-)effecten van overbemesting worden in dit verband niet meegenomen, omdat dit in de nabije toekomst door de wetgever onmogelijk wordt gemaakt. De feitelijke kwantificering van voornoemde effecten zal in hoofdstuk 9 plaatsvinden, voor installaties van respectievelijk 100 en 20.000 gve; in hoofdstuk 10 zal tenslotte een indruk worden gegeven van de financiële gevolgen van mestvergisting bij opschaling op nationaal niveau.

9. FINANCIËLE EVALUATIE STANDAARDEENHEDEN (100 en 20.000 GVE)

9.1 Inleiding.

In dit hoofdstuk wordt de in hoofdstuk 8 beschreven evaluatiemethode toegepast op een:

- Kleinschalige vergistingsinstallatie ten behoeve van:
 - . een mestvarkensbedrijf met ± 1000 varkensplaatsen;
 - . een melkveebedrijf met ± 100 melkkoeien.
- Grootschalige vergistingsinstallatie ten behoeve van:
 - . verwerking van ca. 275.000 m³ varkensdrijfmest per jaar;Een berekening voor grootschalige verwerking van runderdrijfmest is thans nog niet mogelijk, door gebrek aan betrouwbare gegevens.

Bij de berekeningen is verondersteld dat kleinschalige vergisting zal plaatsvinden in tekortgebieden en grootschalige vergisting en verwerking in overschotgebieden.

Bij de evaluatie zullen de (kwantificeerbare) effecten, zoals deze beschreven zijn in tabel XIII (blz. 107) de revue passeren.

9.2 Kleinschalig vergisten in een tekortgebied.

In verband met de aanzienlijke verschillen tussen het effect van vergisting op resp. varkensdrijfmest en runderdrijfmest zullen deze twee mestsoorten apart worden geëvalueerd.

Om de verschillen goed tot uiting te laten komen is in beide gevallen uitgegaan van een (ongeveer) gelijke hoeveelheid voor vergisting beschikbare mest. Per jaar bedraagt deze ca. 1500 m³. Het is de mestproduktie van een mestvarkensbedrijf met 1000 varkensplaatsen, respectievelijk van een melkveebedrijf met 100 melkkoeien. Bij dit laatste wordt ervan uitgegaan, dat de koeien netto ruim een kwartaal per jaar op het weiland doorbrengen, en dat de mest van het jongvee ook mee kan worden vergist [5].

De diverse kosten en baten van mestvergisting zullen gestandaardiseerd worden per m³ aardgasequivalent (aeq). Daarmee wordt mede tot uitdrukking gebracht, dat het primaire doel van vergisten

biogasproductie is, en dat andere effecten een secundair karakter bezitten.

De volgende punten zullen worden geëvalueerd:

- energieopwekkingskosten } energie & WIR-premies
- WIR-premies
- bemestingswaarde op grasland } grondstoffen
- bemestingswaarde op bouwland
- stank bij verspreiding
- stank bij boerderij } milieu
- stikstofvervluchtiging

9.2.1 Energie en WIR-premies

a) Energie

Een vergistingsinstallatie produceert biogas. Biogas is vergelijkbaar met aardgas, zowel qua vorm als qua gebruiksmogelijkheid. De verbrandingswaarde wordt teruggerekend naar aardgasequivalent (aeg).

Het is daarom een logische keuze de winst of het verlies van biogaswinning uit te drukken in de vorm van bespaard aardgasgebruik^{1,2)}.

De baten van vergisting (gespecificeerd naar biogaswinning) worden dus gewaardeerd met behulp van de prijs van aardgas. De waardering van de kosten ligt aanzienlijk gecompliceerder, omdat die sterk afhankelijk is van de vooronderstellingen.

Ten aanzien van één van de vereiste vooronderstellingen, nl. die betrekking heeft op de prijs van de vergistingsinstallatie, enige flexibiliteit aangebracht. De mogelijkheid be-

1) Dit is minder vanzelfsprekend dan het op het eerste gezicht lijkt. In andere studies op dit gebied o.a. [2,3,5,9] is de benadering nl. niet eenduidig gericht op vergisting, maar op vergisten in combinatie met warmte/krachtkoppeling. Dat betekent dat de daar gevonden rentabiliteit voor een deel te verklaren is uit biogaswinning en voor een deel uit warmtekrachtkoppeling. Omdat echter warmte/krachtkoppeling ook zonder biogaswinning mogelijk is, is hier voor bovengenoemde aanpak gekozen.

2) Een alternatief, waarbij biogas er veel gunstiger uitspringt, is overigens vergelijking met huisbrandolie of propaan [2,9].

staat, dat die prijs in de toekomst met ca. 30% kan afnemen [2]. Daarom is uitgegaan van twee scenario's:

- Scenario A: Hierbij wordt uitgegaan van (een extrapolatie en afronding van) het huidige prijspeil, zoals gehanteerd in [9] (Lenting).
- Scenario B: De verwachting, gesteld in [2] (de Boks en van Nes), dat een prijsreductie van ca. 30% mogelijk is, wordt hierbij als uitgangspunt genomen.

Bij de diverse berekeningen wordt uitgegaan van een netto, nuttig te besteden, biogasproduktie van 14.500 m³ aeq./jr bij het mestvarkensbedrijf en van 9.250 m³ aeq./jr. bij het melkveebedrijf (zie bijlage 9).

In bijlage 10 worden de jaarlijkse kosten, uitgesplitst naar investerings- en overige kosten, gespecificeerd. Tabel XIV geeft de resultaten kort weer.

Tabel XIV. Kosten vergistingsinstallatie in guldens per m³ aeq.

	Varkensdrijfmest		Runderdrijfmest	
	Scenario A	Scenario B	Scenario A	Scenario B
Investeringskosten	0,77	0,56	1,30	0,94
Overige kosten	0,36	0,29	0,59	0,47

b) WIR-premies

De bij deze evaluatie betrokken WIR-premies zijn de basispremie, de kleinschaligheidstoelage (KST) en de energietoelage (ET). De eerste twee worden in deze evaluatie betrokken om de maatschappelijke waarde van de investeringsdaad "an sich" aan te geven. De laatstgenoemde geeft de waardering van de maatschappij ten aanzien van energiebesparing en -diversificatie aan (zie 8.4.3 blz. 104).

In bijlage 11 worden de diverse WIR-premies berekend. Tabel XV geeft daarvan het resultaat weer.

Tabel XV. WIR-premies in guldens per m³ aeq.

	Varkensdrijfmest		Runderdrijfmest	
	Scenario A	Scenario B	Scenario A	Scenario B
WIR-basis }				
WIR-KST }	0,13	0,10	0,23	0,16
WIR-ET	0,08	0,06	0,13	0,09

9.2.2 Grondstoffen.

Tabel XVI laat zien, hoe de meststoffenstelling door vergisten verandert. Die verandering betreft vooral afname van organische stof en toename van stikstof in N-NH₄ vorm. Deze stikstofvorm wordt gemakkelijker opgenomen door gewassen, maar vervluchtigt tevens sneller.

Wat hier niet tot uiting komt, is het in [28, 29] aangehaalde effect van vergisting op de fosfaatwerking. Na de vergisting zal de fosfaat in de mest beter oplosbaar zijn.

Tabel XVI. Grondstofinhoud van jaarlijkse mestproductie (in 10³ kg).

	varkensdrijfmest (10 ³ kg)		runderdrijfmest (10 ³ kg)	
	onvergist	vergist	onvergist	vergist
Totaal	1.500	1.461	1.500	1.481
H ₂ O	1.380	1.380	1.357	1.357
Droge stof	120	81	143	124
As	33	33	53	53
Organische stof	87	48	90	71
N-totaal	10,78	10,78	6,6	6,6
N-NH ₄	6,73	7,87	3,9	4,2
P ₂ O ₅	7,62	7,62	3	3
K ₂ O	5,96	5,96	8,3	8,3

a) Bemestingswaarde op grasland

Grasland heeft veel behoefte aan stikstof. Bij natuurlijke bemesting zal het kali-gehalte eerder een beperkende norm zijn dan stikstof. Een hogere stikstof-kali-verhouding kan dan ook kunstmestbesparend zijn.

Het totale stikstofgehalte in de mest neemt door vergisting niet toe, maar wel het N-NH_4 -aandeel daarvan.

Omdat deze vorm van stikstof sneller opneembaar is, resulteert dit in een snellere groei van de eerste grassnede [29]. De volgende grassneden zullen echter, vergeleken met bemesting met onvergiste mest, iets achterblijven, zodat op wat langere termijn de grasgroei ongeveer gelijk zal zijn.

Indien echter optimaal gereageerd wordt op die betere eerste grassnede (snellere behoeving, de koeien sneller van weide laten wisselen), kan men financieel profijt trekken van dit hogere N-NH_4 -gehalte. Omdat hetzelfde effect (de hogere eerste grassnede) ook met kunstmest kan worden bereikt, wordt dit effect gewaardeerd tegen kunstmestpariteit.

Maximaal betreft dit, zoals uit tabel XVI blijkt, 1140 kg/jr bij varkensdrijfmest en 300 kg/jr bij runderdrijfmest. Het is echter niet te verwachten, dat het maximale haalbaar is. Dat wordt mede veroorzaakt door het feit, dat een deel van de "gewonnen" stikstof zal vervluchtigen. Verondersteld wordt daarom, dat effectief 75% van het maximale realiseerbaar is. Tegen een prijs van fl. 1,60/kg N betekent dit respectievelijk fl. 1368,- en fl. 360,- op jaarbasis. Per m^3 aeq betekent dit voor varkensdrijfmest een mogelijke winst van fl. 0,09 en voor runderdrijfmest van fl. 0,04.

Omdat er in dit voorbeeld van uitgegaan wordt, dat de helft van de mest op grasland en de andere helft op bouwland afgezet wordt, mag in de totaalbalans van vergisting slechts de helft van deze bedragen meegenomen worden.

b) Bemestingswaarde op bouwland

Harde feiten met betrekking tot dit onderwerp zijn nauwelijks bekend (zie 4.2, blz. 51). De meningen variëren van een klein positief effect tot een negatief effect van gebruik van ver-

giste in plaats van onvergiste mest.

De betere oplosbaarheid van fosfaat wordt als positief punt gewaardeerd [29]. Negatief is de afname van gemakkelijk afbreekbare stoffen.

In deze evaluatie zal het eerstgenoemde (positieve) effect niet gewaardeerd worden, omdat dit naar verwachting marginaal is.

Hoewel het tweede effect omstreden is, zal dat toch kwantitatief in de beoordeling worden meegenomen. Per kg organische stof wordt daarbij een prijs van f 0,03 ingezet [33]. Dit zijn de kosten, nodig voor de teelt van een groenbemester die dat effect zou compenseren. Bij het mestvarkensbedrijf gaat 39.000 kg organische stof verloren, terwijl het verlies bij het veeteeltbedrijf 19.000 kilo is. Per m³ aeq betekent dit een verlies van resp. f 0,08 en f 0,06.

Ook hier wordt, omdat slechts de helft van de mest op bouwland terechtkomt, de helft van deze waarden bij de totale evaluatie ingezet.

9.2.3 Milieu

a) Stank bij verspreiding

Vergiste mest heeft een aanzienlijk minder irritante geur dan onvergiste. De stank van onvergiste mest bij het uitrijden is echter ook te voorkomen door injecteren. De kosten daarvan zijn ca. f 3,-- per m³ mest.

Om tot een met vergiste mest vergelijkbare stank te komen wordt in deze studie verondersteld, dat 80%¹⁾ van de onvergiste mest geïnjecteerd moet worden. Dit houdt per m³ aeq een bedrag in van f 0,25 bij varkensdrijfmest en een bedrag van f 0,39 bij runderdrijfmest.

1) Dit getal komt als volgt tot stand. De geuremissie van vergiste mest is ca. 25% van die van onvergiste (zie 3.4), zodat de stankreductie dus ca. 75% bedraagt. 100% injecteren beperkt de stank met meer dan 90%, indien de stank gemeten wordt d.m.v. de NH₃ concentratie boven het perceel [49]. Om door injecteren tot een stankreductie van eveneens 75% te komen moet men dus $\frac{75}{90} \times 100 \approx 80\%$ injecteren.

b) Stank bij de boerderij

Bij runderdrijfmest speelt dit punt geen rol van betekenis. Onvergiste runderdrijfmest krijgt bij opslag nl. een korst, die stankverminderend werkt.

Varkensdrijfmest krijgt die korst echter niet. Afdekking van de onvergiste mest is dan ook noodzakelijk. De goedkoopste manier is met behulp van polystyreenplaten. Door vergisten kan deze aanschaf dus worden vermeden (hoewel de ammoniakemissie dan wel iets toeneemt). Deze platen kosten ongeveer f 10,-- per m² en worden afgeschreven in 10 jaar [46]. Hierbij wordt verondersteld, dat de afdekkingsomvang 350 m² is. Op jaarbasis kost dit f 442,--. Per m³ aeq kost dit voor varkensdrijfmest dus f 0,03.

Zowel bij onvergiste als bij vergiste mest is overigens een eenvoudige overkapping tegen inregenen gewenst.

c) Vervluchtiging stikstof bij uitrijden

De ammoniakuitworp is evenredig met de ammoniakconcentratie in de mest [40]. Uit tabel XVI, blz. 111, blijkt dat het ammoniakgehalte (N-NH₄) bij vergisting van varkensdrijfmest met 17% toeneemt en bij vergisting van runderdrijfmest met 8%.

Om te komen tot een reductie van 17% van de uitstoot wordt in deze studie verondersteld dat, bij varkensdrijfmest, injecteren van 19%¹⁾ van de vergiste mest noodzakelijk is. Voor runderdrijfmest is dat percentage 9%. Terugrekening naar m³ aeq geeft dit uiteindelijk een bedrag van f 0,06 voor varkensdrijfmest en een bedrag van f 0,04 voor runderdrijfmest.

1) injecteren beperkt de NH₃ concentratie boven het te bemesten perceel tot ± 10% [49].

9.2.4 Totaalbalans kleinschalige mestvergisting.Tabel XVII. Totaalbalans van kosten en baten voor een mestvarkensbedrijf met ± 1000 varkensplaatsen.

<u>Baten van mestvergisting</u> per m ³ aeq			<u>Kosten van mestvergisting</u> per m ³ aeq		
Omschrijving	Bedrag		Omschrijving	Bedrag	
	A ¹⁾	B		A	B
Bespaard aardgas	0,56	0,56	Investeringskosten	0,77	0,56
WIR-basis & WIR-KST (maatsch. waardering invest.aktiviteit)	0,13	0,10	Overige kosten van biogasinstal- latie	0,36	0,29
WIR-ET (maatsch. waarde- ring energiebesparing en -diversificatie)	0,08	0,06			
Hogere bemestingswaarde vergiste mest op grasland	0,05	0,05	Verminderde bemes- tingswaarde op bouwland	0,04	0,04
Vermindering stank bij uitrijden	0,25	0,25	Verhoging ammoniak- uitworp	0,06	0,06
Vermindering stank bij boerderij	0,03	0,03			
Totale baten per m ³ aeq	1,10	1,05	Totale kosten per m ³ aeq	1,23	0,95

- 1) Scenario A gaat uit van de huidige prijs van een biogasinstallatie;
Scenario B gaat uit van een verwachte prijsdaling van $\pm 30\%$.

Tabel XVIII. Totaalbalans van kosten en baten voor een melkveebedrijf
met ± 100 melkkoeien.

<u>Baten</u> van mestvergisting per m ³ aeq			<u>Kosten</u> van mestvergisting per m ³ aeq		
Omschrijving	Bedrag		Omschrijving	Bedrag	
	A	B		A	B
Bespaard aardgas	0,56	0,56	Investeringskosten	1,30	0,93
WIR-basis & WIR-KST (maatsch. waardering ring invest.aktiviteit)	0,23	0,16	Overige kosten van biogasinstal- latie	0,59	0,47
WIR-ET (maatsch. waarde energiebesparing en -diversificatie)	0,13	0,09			
Hogere bemestingswaarde vergiste mest op grasland	0,02	0,02	Verminderde bemes- tingswaarde op bouwland	0,03	0,03
Vermindering stank bij uitrijden	0,39	0,39	Verhoging ammoniak- uitworp	0,04	0,04
Vermindering stank bij boerderij	-	-			
Totale baten per m ³ aeq	1,33	1,22	Totale kosten per m ³ aeq	1,96	1,47

Uit de tabellen XVII en XVIII kan uiteindelijk tabel XIX worden afgeleid,
die de maatschappelijke winsten c.q. verliezen laat zien voor de voorbeeld-
bedrijven, zowel in m³ aeq als in een totaalbedrag per jaar.

Tabel XIX. Maatschappelijke baten van mestvergisting.

	Varkensdrijfmest (1000 varkens)		Runderdrijfmest (100 melkkoeien)	
	guldens per m ³ aeq	guldens per jaar	guldens per m ³ aeq	guldens per jaar
Scenario A	- 0,13	- 1.885,--	- 0,63	- 5.828,--
Scenario B	+ 0,10	+ 1.450,--	- 0,25	- 2.313,--

9.3 Grootschalig vergisten van varkensdrijfmest in een overschotgebied

De effecten, die in deze paragraaf geëvalueerd worden, wijken af van die in de vorige. Het verschil in verwerkbaarheid tussen vergiste en onvergiste mest is nu wél een te evalueren effect. Daartegenover staat dat de milieueffecten moeilijker te kwantificeren zijn. De evaluatie zal beperkt blijven tot vergisting van varkensdrijfmest, omdat de vereiste gegevens voor runderdrijfmest nog niet voorhanden zijn.

9.3.1 Energie en WIR-premie

a) Energie

De vereiste omvang van de vergister is 13.500 m³ (hoofdstuk 5); de verwerkingscapaciteit bedraagt 37 m³/uur.

Investeringskosten en "running costs" van de biogasinstallatie zijn afgeleid uit [11] en uit verdere gegevens, verstrekt door ir. J.A.A.J. van Aspert.

De jaarlijkse kosten tengevolge van de investeringen worden geschat op f 1.755.000,--; de overige jaarlijkse kosten op f 710.000,-- (zie bijlage 12). De uitgangspunten voor de berekening van de biogasproduktie zijn gelijk aan die van de evaluatie van kleinschalige vergisting, met dien verstande dat het benuttingspercentage nu op 100 wordt gesteld. De biogasproduktie per uur is dan 560 m³ aeq. Op jaarbasis is dat, uitgaande van een bezettingsgraad van 85%, 4.170.000 m³. Daarvan is 795.000 m³ nodig voor verwarming van de te vergisten mest, zodat het proces netto 3.375.000 m³ aeq oplevert.

Dit alles resulteert dan uiteindelijk in investeringskosten van f 0,52 per m³ aeq en overige kosten van f 0,21 per m³ aeq. Het valt op, dat deze bedragen slechts iets lager liggen dan die van kleinschalig vergisten in het "goedkope" scenario (f 0,56 respectievelijk f 0,29).

Bij kleinschalig vergisten is echter geen rekening gehouden met grondkosten, infrastructuur enz. De boer "heeft dat allemaal al". En de arbeidskosten van f 1000,-, die bij kleinschalig vergisten zijn opgevoerd (bijlage 7), betreffen uitsluitend de begeleiding van de boer. Voor de boer zelf zijn in't geheel geen arbeidskosten opgevoerd.

Bij grootschalig vergisten zijn al deze kosten op normale bedrijfseconomische basis in rekening gebracht.

b) WIR-premies

De WIR-basispremie en de WIR-ET worden in deze evaluatie als baten beschouwd om dezelfde redenen als bij kleinschalig vergisten. De WIR-MT wordt bij grootschalig vergisten eveneens als baat beschouwd, omdat vergisten tot stankreductie leidt (zowel in als buiten de fabriek), die in de berekeningen niet op andere wijze tot uiting komt. De WIR-basispremie bedraagt f 220.000,- op jaarbasis, dus f 0,07 per m³ aeq. Voor de WIR-ET zijn deze bedragen resp. f 175.000,- en f 0,05, voor de WIR-MT f 265.000,- en f 0,08.

9.3.2 Grondstoffen

De aspecten die onder de noemer grondstoffen aan bod komen zijn de bemestingswaarde en de verdere verwerkbaarheid van de mest.

a) Bemestingswaarde

Bij centrale verwerking van mest, waarvan vergisting een onderdeel kan zijn, zal het uiteindelijk resultaat in het algemeen bestaan uit een gedroogd, kunstmestachtig produkt en brijn. Het kunstmestachtige karakter van het produkt biedt de mogelijkheid, de waarde ervan te vergelijken met dat van conventionele kunstmest.

Het produkt kan dus tegen kunstmestpariteit gewaardeerd worden. In deze studie wordt echter alleen het verschil tussen het eindprodukt van mestverwerking met, respectievelijk zonder vergisting tegen kunstmestpariteit gewaardeerd, zodat er geen uitspraak gedaan wordt over de absolute waarde van de respectievelijke eindprodukten.

De evaluatie van de bemestingswaarde is gebaseerd op tabel VI, blz. 68.

Een belangrijke vraag is in dit verband wat er met de brijn gebeurt. Die brijn bevat een aanzienlijk deel van het kali, een beperkt deel van de stikstof en het fosfaat.

In principe is indamping van de brijn tot een concentraat mogelijk. Dat kan dan toegevoegd worden aan het gedroogde produkt. De bemestingswaarde daarvan stijgt meer bij processen met dan bij processen zonder vergisten. (Na toevoeging van de brijn aan de gedroogde mestkoek is de totale hoeveelheid P en K in beide gevallen gelijk).

Indampen is echter kostbaar, en uit hoofde van de te winnen mineralen niet rendabel. Anderzijds zou door lozen van de brijn een milieuprobleem ontstaan. Omdat met de brijn bij processen met vergisten meer mineralen worden afgevoerd, zou in dat geval een nadeel voor vergisten ontstaan.

Opties zonder lozen worden hieronder behandeld. Opties met lozen impliceren een milieuprobleem en worden daarom in de volgende paragraaf (9.3.3) beschreven.

De prijzen, die bij de evaluatie gehanteerd worden, zijn ontleend aan [33]:

- 1 kg N	f 1,60
- 1 kg P_2O_5	f 1,40
- 1 kg K_2O	f 0,72
- 1 kg organische stof	f 0,03

De verschillen tussen het wel of niet vergisten van mest worden, behalve vanuit de opties wel of niet indampen van de brijn, ook vanuit de opties wel of niet ammoniakstrippen be-

licht (zie hoofdstuk 5). De resultaten zijn samengevat in tabel XX. In de onderste rij van deze tabel zijn de bedragen omgerekend in guldens per m³ aeq, op basis van een netto productie van 450 m³ aeq/uur.

Tabel XX. Het effect van vergisten ten opzichte van niet-vergisten op de hoeveelheid reststoffen na verwerking¹⁾.

	Zonder ammoniakstrippen kg/uur, (f/uur)		Met ammoniakstrippen kg/uur, (f/uur)		
	Gedroogd produkt + brijnconcentraat	Gedroogd produkt zonder brijn	Gedroogd produkt + brijnconcentraat	Gedroogd produkt zonder brijn	NH ₄ - zout
Org. stof	- 931 (-27,90)	- 941 (-28,25)	- 753 (-22,60)	-509 (-15,25)	
N	- 36 (-57,60)	- 39 (-62,40)	- 26 (-41,60)	- 21 (-33,60)	24 (-)
P ₂ O ₅	0 (-)	- 4 (-5,60)	0 (-)	0 (-)	
K ₂ O	0 (-)	- 23 (-16,55)	0 (-)	- 4 (-2,90)	
Totaal:					
- f/uur	(-85,50)	(-112,80)	(-64,20)	(-51,75)	
- f/m ³ aeq	-0,19	-0,25	-0,14	-0,12	

Vooralsnog ziet het er niet naar uit dat het NH₄-zout nuttig kan worden gebruikt. Daarom wordt de waarde daarvan nihil verondersteld.

b) Verwerkbaarheid mest

Over de kosten van de verschillende verwerkingsstappen is vrij weinig bekend. Alleen ten aanzien van het scheidingsproces zijn financiële gegevens voorhanden.

Voor de diverse verwerkingsstappen wordt in deze studie verondersteld dat de kosten, met uitzondering van de energiekosten en de kosten van toevoeging van grondstoffen, identiek zijn in geval van wel, resp. niet vergisten. In de praktijk zullen die verschillen waarschijnlijk marginaal zijn.

1) Als de stofstroom bij vergisten groter is, is het teken positief.

Uit hoofdstuk 5 blijkt, dat bij het scheiden bij processen met vergisten minder ijzerchloride en minder polyelektroliet toegevoegd wordt dan bij processen zonder vergisten. De volgende tabel, afgeleid uit de bijlagen 5 t/m 8, geeft die verschillen aan. Bij de berekening van de financiële gevolgen is uitgegaan van een prijs van f 0,30 per kg ijzerchloride (40%) en van f 10,- per kg polyelektroliet.

Tabel XXI. Het effect van vergisten ten opzichte van niet-vergisten¹⁾ op de toevoeging van grondstoffen bij het scheidingsproces¹⁾.

	Zonder ammoniakstrippen		Met ammoniakstrippen	
	kg/m ³ mest	f/m ³ mest	kg/m ³ mest	f/m ³ mest
IJzerchloride	- 1,7	- 0,51	-	-
Polyelektroliet	- 0,19	- 1,90	- 0,03	- 0,30
Totaal: - f/m ³ mest		- 2,41		- 0,30
- f/uur		- 89,-		- 11,-

Het bedrag van f 2,41 prijsvoordeel bij scheiding van vergiste mest ten opzichte van niet-vergiste (zonder ammoniakstrippen) stemt goed overeen met de f 2,26 van blz. 40 uit [11], ontleend aan scheidingsproeven in het proefbedrijf Sterksel.

Verder vereist het proces met vergisten en zonder ammoniakstrippen toevoeging van methanol (zie 5.3.6, blz. 64) bij de biologische zuivering. Dat is 1,5 kg per 1000 kg influent. Het totale influent is 32,166 kg per uur. Dat houdt, uitgaande van een prijs van 600,-- per ton methanol, een kostenpost in van f 29,--per uur.

Voor het overige worden de toe te voegen grondstoffen bij verwerken van vergiste, resp. onvergiste mest gelijk verondersteld.

De energiekosten²⁾ verschillen echter ook bij verwerking van vergiste resp. niet-vergiste mest (tabel VIII, blz. 70).

1) Als de stofstroom bij vergisten groter is, is het teken positief.

2) Formeel zou dit aspect onder de vorige paragraaf moeten vallen. Om het onderwerp "Verwerkbaarheid mest" niet op te splitsen over diverse paragrafen, worden de energiekosten echter hier behandeld.

Voor de doorberekening van de consequenties hiervan¹⁾ wordt verondersteld dat een kWh thermisch f 0,055 kost en een kWh elektrisch f 0,15. Aldus ontstaat het volgende beeld (tabel XXII).

Tabel XXII. Het effect van vergisten ten opzichte van niet-vergisten op de energie, nodig voor verdere verwerking²⁾.

	Zonder ammoniakstrippen		Met ammoniakstrippen	
	kWh/uur	f/uur	kWh/uur	f/uur
Thermisch	- 2130	- 117,-	- 2350	- 129,-
Elektrisch	- 150	- 23,-	- 190	- 29,-
Totaal		- 140,-		- 158,-

Per m³ aeq³⁾ levert de betere verwerkbaarheid van vergiste mest dus een voordeel op ten opzichte van verwerking van onvergiste mest van:

$$\text{- bij niet ammoniakstrippen } \frac{140,- + 89,-/-29,-}{450} = 0,44$$

$$\text{- bij wel ammoniakstrippen } \frac{158,- + 11,-}{450} = 0,38$$

9.3.3 Milieu

Het verschil in milieueffecten (excl. het brijnprobleem) tussen vergisten en niet vergisten bij grootschalige verwerking is voorts nog niet erg duidelijk. Voorlopig wordt verondersteld, dat door toekenning van de WIR-MT aan de vergistingsinstallatie dit aspect adequaat is ingevuld (9.3.1,b, blz. 117).

1) Excl. het thermische gebruik bij het vergistingsproces zelf. Dat is nl. al onder de paragraaf "Energie" verrekend.

2) Als de hoeveelheid benodigde energie bij vergisten groter is, is het teken positief. Verder is verondersteld dat de kosten voor het indampen van de brijn, bij processen met, resp. zonder vergisten, gelijk zijn, of dat de brijn in beide gevallen geloosd wordt.

3) Per uur wordt netto 450 m³ aeq geproduceerd.

Lozing van brijn geeft waarschijnlijk milieuproblemen. Misschien zijn echter de concentraties aan mineralen zo laag, dat lozing vanuit maatschappelijk oogpunt niet schadelijk is. De maatschappelijke kosten ervan zijn dan nihil.

Als lozing wel schadelijk is voor het milieu ontstaat er een verschil tussen vergisten en niet vergisten. De brijn, voortkomend uit het proces met vergisten, heeft een hogere mineralenconcentratie dan de brijn die ontstaat uit een vergelijkbaar proces zonder vergisten. Daardoor wordt vergisten in dat opzicht schadelijker voor het milieu dan niet vergisten. Dit aspect wordt pro memorie meegenomen.¹⁾

9.3.4 Totaalbalans gevolgen wel, resp. niet vergisten bij grootschalige verwerking van varkensdrijfmest.

In tabel XXIII, blz. 124 worden, op basis van het voorgaande, de totale kosten en baten van mestvergisting bij grootschalige verwerking samengevat.

1) Kwantificering via een schaduwproject is problematisch, omdat het voor de hand liggende schaduwproject indampen is. Daar ontstaat weer de eerste optie, nl. indampen van het brijn en toevoeging van het concentraat aan het gedroogd produkt.

Tabel XXIII. Totaalbalans van kosten en baten van vergisting voor een centrale mestverwerkingsfabriek met een jaarlijkse verwerkingscapaciteit van $\pm 321.500 \text{ m}^3$ varkensdrijfmest.

Baten van mestvergisting fl/m^3 aeq					Kosten van mestvergisting fl/m^3 aeq				
	Geen ammoniak-strippen		Ammoniak strippen			Geen ammoniak-strippen		Ammoniak strippen	
	niet lozen brijn	wel lozen brijn	niet lozen brijn	wel lozen brijn		niet lozen brijn	wel lozen brijn	niet lozen brijn	wel lozen brijn
Gaswinning	0,56	0,56	0,56	0,56	Investeringskosten	0,52	0,52	0,52	0,52
WIR-basis	0,07	0,07	0,07	0,07	Overige jaarlijkse kosten	0,21	0,21	0,21	0,21
WIR-ET	0,05	0,05	0,05	0,05					
WIR-MT	0,08	0,08	0,08	0,08					
Vermindering benodigde toevoegingen	0,44	0,44	0,38	0,38	Vermindering bemestingswaarde	0,19	0,25	0,14	0,12
					Lozen brijn	0	p.m	0	p.m
Totale baten per m^3 aeq	1,20	1,20	1,14	1,14	Totale kosten per m^3 aeq	0,92	0,98	0,87	0,85

Dit resulteert, afgezien van de p.m. post, in een overzicht van baten van het vergisten en verder verwerken van varkensdrijfmest volgens tabel XXIV.

Tabel XXIV. Maatschappelijke baten van mestvergisting bij
centrale verwerking van varkensdrijfmest.

	per m ³ aeq	per jaar
<u>Niet</u> ammoniakstrippen <u>Niet</u> lozen brijn	0,28	945.000,-
<u>Niet</u> ammoniakstrippen <u>Wel</u> lozen brijn	0,22	743.000,-
<u>Wel</u> ammoniakstrippen <u>Niet</u> lozen brijn	0,27	911.000,-
<u>Wel</u> ammoniakstrippen <u>Wel</u> lozen brijn	0,29	979.000,-

9.4 Grootschalig vergisten zonder verdere verwerking

Deze evaluatie is gebaseerd op veronderstellingen uit de vorige twee paragrafen. De jaarlijkse investerings- en overige kosten zijn hetzelfde als bij grootschalige verwerking (tabel XXIII, blz. 124 althans voor het vergistingsdeel). De milieu- en grondstofeffecten zijn hetzelfde als bij kleinschalig vergisten. Maar omdat bij kleinschalig vergisten 80% gasbenutting wordt verondersteld en grootschalig 100%, zijn de waarden uit tabel XVII, blz. 115, met $\frac{80}{100}$ vermenigvuldigd. Een uitzondering hierop vormt het effect van verminderde stank rond de boerderij. Dit aspect is bij grootschalige vergisting niet van toepassing. Tabel XXV geeft van dit alles een totaalbeeld. Daarbij is geen rekening gehouden met transportkosten.

Tabel XXV. Totaalbalans van kosten en baten van een vergistingsinstallatie met een jaarlijkse verwerkingscapaciteit van $\pm 321.500 \text{ m}^3$ varkensdrijfmest exclusief transportkosten.

Baten van mestvergisting fl/m ³ aeq.		Kosten van mestvergisting fl/m ³ aeq.	
Gaswinning	0,56	Investeringskosten	0,52
WIR-basis	0,07	Overige kosten	0,21
WIR-ET	0,06		
Hogere bemestingswaarde vergiste mest op grasland	0,04	Verminderde bemestingswaarde vergiste mest op bouwland	0,03
Verminderde stank bij uitrijden	0,20	Verminderde ammoniakuitworp	0,04
Totale baten per m ³ aeq	0,93	Totale kosten per m ³ aeq	0,80

De "winst" is dus f 0,13 per m³ aeq. Per m³ mest is dat dan f 2,-, exclusief transport en eventuele extra vereiste opslagcapaciteit. Als slechts een deel van de transportkosten aan vergisting toegerekend wordt, biedt dit gegeven perspectief.

De baten/kostenverhouding kan in dit geval mogelijk nog verder verhoogd worden, indien transport via pijpleiding gaat plaatsvinden. Het verpompen van vergiste mest in plaats van onvergiste kan daarbij extra voordelen opleveren, omdat de viscositeit van vergiste mest lager is. Dit leidt tot verlaging van het benodigde pompvermogen. Echter, omdat verpompen op onvergiste mest hetzelfde viscositeitsverlagende effect kan hebben als roeren, geldt dit voordeel waarschijnlijk alleen in het eerste deel van het tracé.

Bovendien kan de gewonnen energie ingezet worden in de pompinstallaties. Dit alles is echter (nog) niet onderzocht, zodat een eenduidig effect van transporteren op de baten/kostenverhouding van groot-schalig vergisten niet vastligt.

Overigens wordt hier niet ingegaan op de keuzemogelijkheden van transporteren via weg, rail, water of via pijpleidingen. De optimalisering van een nationaal mesttransportsysteem is echter wel van groot belang, gezien de te verwachten sterke toename. Bij zo'n optimalisatie zouden zowel kosten- als milieuaspecten kunnen worden betrokken.

De genomen transportmethode zal, voor zover thans kan worden overzien, de keuze tussen wél of niet vergisten, echter nauwelijks beïnvloeden.

10. MESTVERGISTEN OP NATIONAAL NIVEAU

10.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het vorige hoofdstuk "opgeschaald" naar nationaal niveau. Daarbij wordt in principe uitgegaan van de veronderstelling, dat de mestoverschotten verwerkt worden. Schattingen van de omvang van de mestoverschotten variëren van 18 tot 35 miljoen ton/jr. Vooralsnog lijkt het fosfaatgehalte de norm te gaan worden voor bepaling van het overschot. Het mestoverschot is dan ongeveer 27 miljoen ton/jr. [58]. De mest, die niet verwerkt wordt op centraal niveau, is in principe beschikbaar voor kleinschalige vergisting. Of die mest wel of niet vergist zou moeten worden hangt daarbij af van de maatschappelijke rentabiliteit.

10.2 Kleinschalige vergisting op nationaal niveau

10.2.1 Kritische bedrijfsgrootte

Om de nationale betekenis van kleinschalig vergisten in te schatten moet bekend zijn, bij welke bedrijven, of althans bij welke bedrijfsomvang kleinschalig vergisten rendabel is. Daartoe is een kritische bedrijfsgrootte bepaald. Dit is de bedrijfsgrootte, waarbij kosten en baten van vergisten in evenwicht zijn. Een kleinere omvang betekent verlies, een grotere winst. Onder andere in [2], [3] en [9] zijn dergelijke berekeningen uitgevoerd¹⁾.

De kritische bedrijfsgrootte is als volgt berekend. Zowel de kosten van vergisten (dat zijn de jaarlijkse investerings- en overige kosten, de verminderde bemestingswaarde op bouwland en de verhoogde ammoniakuitworp bij vergisting) als de opbrengsten (WIR-premies, hogere bemestingswaarde op grasland en stankvermindering) worden op basis van de vooronderstellingen in hoofdstuk 9

1) Bij de kritische bedrijfsgrootte is het rendement exact nul. Dat houdt in, dat van bedrijven van een omvang vlak boven de kritische bedrijfsgrootte slechts een minimaal rendement van vergisting kan worden verwacht. Bij allocatie van (beperkte) financiële middelen, zullen deze minder rendabele projecten minder snel gerealiseerd worden. In die zin is kritische bedrijfsgrootte een relatief begrip.

uitgedrukt per mestvarken danwel per melk- en kalfkoe. Hierdoor zijn voor alle bedrijfsgrootten zowel kosten als baten bekend. De bedrijfsgrootte, waarbij kosten gelijk zijn aan opbrengsten, is de kritische bedrijfsgrootte (zie bijlagen 13 en 14 voor een grafische presentatie). Voor wat betreft de investeringskosten is uitgegaan van een viertal vergistergrootten met bijbehorende investeringsbedragen (gebaseerd op [9], zie 9.2.1, blz. 109). Investeringsbedragen voor hiervan afwijkende vergistingsinstallaties worden via lineaire extrapolatie verkregen. Figuur 18 toont het resultaat.

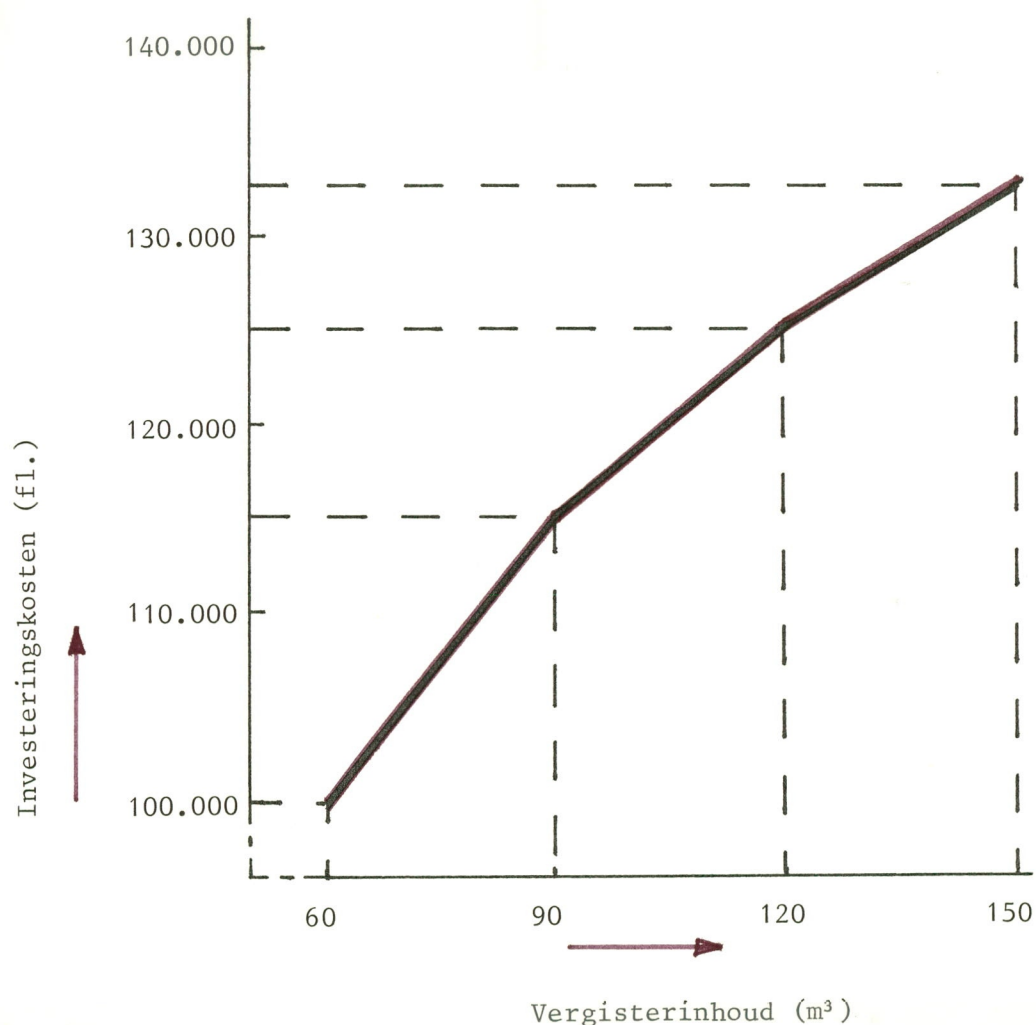


Fig. 18 Het verband tussen vergisterinhoud en investeringskosten (excl. BTW).

Indien ook nu weer rekening gehouden wordt met een mogelijke verlaging van de investeringskosten met 30%, dan ontstaat het in tabel XXVI geschetste beeld.

Tabel XXVI Kritische bedrijfsgrootten

	Aantal mestvarkens (20 kg en meer) (19,4 m ³ gas/m ³ mest)	Aantal melk- en kalkoeien (13,2 m ³ gas/m ³ mest)
Huidige investeringskosten	1230	200
Lage investeringskosten (30% gedaald)	830	140

10.2.2 Nationale betekenis kleinschalig vergisten

De tabellen XXVII en XXVIII geven de verdeling weer van het aantal bedrijven naar bedrijfsgrootte voor respectievelijk bedrijven met mestvarkens en bedrijven met melk- en kalkoeien.

Tabel XXVII Bedrijven naar aantal mestvarkens (20 kg en meer) per bedrijf in 1984

Grootte-klasse	Aantal bedrijven	Aantal mestvarkens (x 1000)
1- 20	5469	36
20- 50	2822	94
50- 100	3874	281
100- 200	5040	717
200- 500	5739	1826
500-1000	2395	1613
1000 en meer	755	1164
totaal	26094	5730

Tabel XXVIII Bedrijven naar aantal melk- en kalkoeien per bedrijf in 1984

Grootte-klasse	Aantal bedrijven	Aantal melk- en kalkoeien (x 1000)
1- 10	8427	28
10- 20	6984	103
20- 30	9604	238
30- 50	13789	545
50- 70	11035	648
70-100	7333	595
100-150	2543	295
150-200	377	63
200-250	96	21
250 en meer	45	14
totaal	60233	2549

Bron : Landbouwtelling CBS, mei 1984 (zie ook fig. 16 en 17).

Ten aanzien van de mestvarkens ontbreken echter gedetailleerdere cijfers op het gebied van de grotere bedrijven. Enige schattingen waren daarom noodzakelijk (bijlage 15). Uitgaande van de huidige investeringskosten komen ca. 500 mestvarkensbedrijven en ca. 140 melkveebedrijven in aanmerking voor vergisting. In totaal gaat het daarbij om ca. 900.000 mestvarkens en 35.000 melk- en kalfkoeien. Dat levert een netto¹⁾ jaarlijkse biogasproduktie op van ruim 16 mln.m³ aeq. De hiervoor benodigde investering bedraagt ca. f 88 mln. De maatschappelijke winst ligt dan in de orde van f 3 mln per jaar (rendement 3,4%).

Zijn de investeringskosten 30% lager, dan ontstaat een beeld dat vrij sterk van het vorige verschilt. De kritische bedrijfsgrootte is dan van dien aard, dat voor ca. 1200 mestvarkensbedrijven (ca. 1,6 miljoen mestvarkens) en voor ca. 750 melkveebedrijven (ca. 130.000 koeien) vergisten in maatschappelijke zin rendabel zal zijn. Dat resulteert dan in een netto biogasproduktie van ca. 35 miljoen m³ aeq bij een investering van f 180 mln, en een maatschappelijke winst van ca. f 7 mln per jaar (rendement 3,9%).

10.2.3 Mogelijkheden tot uitbreiding van het potentieel

De potentieelschatting in de vorige paragraaf is gebaseerd op de CBS-statistieken. Deze geven de bedrijven aan naar aantal mestvarkens, respectievelijk naar aantal melk- en kalfkoeien. Vele bedrijven bezitten echter meerdere veesoorten, bijvoorbeeld runderen, kippen, varkens enz. Dat geeft dan een hogere mestproduktie per bedrijf, wat zou kunnen inhouden dat het bedrijf door vergisting van meerdere mestsoorten de kritische bedrijfsgrootte overschrijdt. Dat leidt tot een hoger aantal bedrijven dat in aanmerking komt voor biogasproduktie.

1) Netto wil zeggen: biogasproduktie minus het verbruik voor verwarming van de vergister minus het verlies wegens ongelijke afstemming van vraag en aanbod.

Uit de CBS statistieken blijkt dat er ongeveer 2700 bedrijven zijn met een ongeveer gelijkwaardige activiteit op het gebied van rundvee en varkens; 1000 bedrijven daarvan hebben meer dan 200 mestvarkens, terwijl er ca. 280 meer dan 50 melk- en kalfkoeien bezitten¹⁾.

Bovendien zijn er ruim 1800 bedrijven met rundvee als hoofdactiviteit, die daarnaast nog 200 à 500 mestvarkens bezitten; ruim 200 van dat type bedrijven bezitten zelfs 500 à 1000 mestvarkens²⁾. Ook dit gegeven zal door de mogelijkheid van gecombineerde vergisting van de respectievelijke mestsoorten van invloed zijn op het potentieel. Hoeveel die invloed is, valt moeilijk in te schatten door het ontbreken van relevante gegevens. Gezien de aantallen bedrijven, waarom het gaat lijkt een toename met 50% van het potentieel een redelijke indicatie.

Het potentieel kan verder worden verhoogd door samenwerking tussen bedrijven. Zeker in die gebieden, waar de afstanden tussen de diverse bedrijven beperkt is, lijkt dit een aanvaardbare optie. Twee of meer boeren kunnen dan volstaan met één vergistingsinstallatie. Daarbij is transport van mest wel noodzakelijk. Om een idee te geven van een mogelijke uitbreiding van het potentieel als gevolg van zo'n samenwerking wordt van een aantal vooronderstellingen uitgegaan. Onder meer is verondersteld, dat gemiddeld drie, qua omvang ongeveer gelijkwaardige, bedrijven zullen samenwerken³⁾. Bij de mestvarkensbedrijven waar het vergistingsproces niet plaatsvindt, zal ook de stankvermindering rond het bedrijf niet gerealiseerd worden; dit positieve effect van vergisting wordt daarom slechts voor een derde meegenomen. De gehanteerde transportkosten zijn aan [6] ontleend. Zij zijn gebaseerd op transporttarieven van de stichting Brabantse Mestbank en bedragen f 2,80 per m³ mest, voor een afstand van maximaal 5 km.

1) Het aantal bedrijven naar grootteklasse van het aantal mestvarkens en het aantal melk- en kalfkoeien is niet af te leiden uit de statistieken.

2) Er zijn slechts weinig mestvarkensbedrijven, die tevens in het bezit zijn van een redelijk aantal melk- en kalfkoeien.

3) Hierdoor moeten twee bedrijven hun mest transporteren.

Dit alles leidt ertoe dat de gezamenlijke omvang van de samenwerkende bedrijven, bij het huidige investeringsprijsniveau, een kritische grens heeft van 1650 mestvarkens, respectievelijk van 315 melk- en kalfkoeien. Ongeveer 2200 mestvarkensbedrijven (1,6 miljoen varkens) en 2400 melkveebedrijven (300.000 runderen) komen dan, boven het geschatte potentieel van individuele bedrijven, in aanmerking voor vergisting. Dat levert dan ongeveer 50 miljoen m³ aeq aan biogas extra op, bij investeringen van 250 miljoen gulden met een maatschappelijk rendement van ca. 2%. Zijn de investeringskosten 30% lager, dan breidt het potentieel zich uit met ongeveer 3600 mestvarkensbedrijven en een kleine 10.000 melkveebedrijven¹⁾. De totale extra netto gasproduktie is daarbij ruim 100 miljoen m³ aeq. De totale extra investering bedraagt f 750 mln en de extra maatschappelijke winst f 15 mln.

Door de mogelijkheid van meer dan één mestproducerende bedrijfsactiviteit kan, evenals bij het potentieel van individuele bedrijven, dit extra potentieel hoger uitvallen.

Deze potentieeltoename heeft echter vooralsnog een theoretisch karakter. Een kleinschalige vergistingsinstallatie ten behoeve van meerdere bedrijven levert namelijk een aantal praktische problemen op. Die problemen liggen in de sfeer van lokatiekeuze, risico, biogasaanwending, verdeelsleutels van kosten en opbrengst, verantwoordelijkheid etc. Het lijkt daarom weinig realistisch om te veronderstellen, dat op korte termijn dergelijke combinaties vaak zullen worden verwezenlijkt.

10.2.3 Overige kanttekeningen

Er zijn nog een drietal punten, die ten aanzien van het nationale belang van kleinschalig vergisten de aandacht verdienen. Dat betreft de grondstoffeneffecten van vergisten, de te vervangen brandstof en de toepassing van warmte/krachtkoppeling.

Er is bij de evaluatie verondersteld, dat de helft van de mest naar grasland gaat en de helft naar bouwland. In Nederland is er

1) De "gezamenlijke" kritische bedrijfsgrootte is dan 1130 bij mestvarkensbedrijven en 200 bij melkveebedrijven.

ongeveer 1,2 miljoen ha grasland en ruim 0,7 miljoen ha bouwland. Daarom zou gesteld kunnen worden, dat het effect van het gebruik van vergiste mest op grasland zwaarder zou moeten wegen dan dat op bouwland. Daar staat echter een tweetal argumenten tegenover. Ten eerste vindt bemesting van grasland al gedeeltelijk via de natuurlijke weg plaats, omdat koeien op weidegronden grazen. Op die, reeds bemeste, gronden kan men niet de maximale hoeveelheid vergiste mest kwijt. Ten tweede is het meeste grasland in bezit van rundveebedrijven. De bemesting zal dus voor een overgroot deel plaatsvinden met rundveemest. Echter, de positieve stikstofwerking van vergisten is bij runderdrijfmest juist kleiner dan bij varkensdrijfmest.

Uiteindelijk heeft dit aspect weinig invloed op het totaalresultaat. De verdeling van bedrijven, die voor vergisting in aanmerking komen, over mestvarkens- en melkveebedrijven kan hierdoor iets wijzigen.

Een volgend aandachtspunt betreft de te vervangen brandstof. In deze studie wordt biogas "teruggerekend" naar aardgas. Dit komt namelijk qua karakter het meest overeen met biogas en wordt dan ook vanuit maatschappelijk oogpunt gezien als "de te vervangen energiedrager". Echter, afgelegen bedrijven beschikken niet altijd over aardgas, zodat ze duurdere energiedragers moeten gebruiken. In dat geval is vergisten eerder rendabel. Zo gebruiken de studies [2], [5] en [9] huisbrandolie, wat een relatief dure energiedrager is, als referentiebrandstof voor hun bedrijfs-economische berekeningen. Als het vervangen van een dure (olie) door een goedkope (gas) energiedrager maatschappelijke waarde heeft, dan zou hier rekening mee gehouden moeten worden. Dit zou de kritische bedrijfsgrootte verlagen. Van de veehouderijbedrijven, die in het bezit zijn van verwarmde bedrijfsruimten, is 50% aangesloten op aardgas. Dit percentage zal in de toekomst waarschijnlijk verder stijgen. Ongeveer 23% gebruikt propaan, 19% huisbrandolie en 8% een andere brandstof (CBS, landbouwtelling mei 1984). Hoewel aardgas dus verreweg de belangrijkste energiedrager is, is de invloed van duurdere energiedragers nog aanzienlijk.

Een laatste opmerking betreft warmte/krachtkoppeling. Deze studie is uitgegaan van de stelling, dat de maatschappelijke beoordeling van warmte/krachtkoppeling los moet staan van die van vergisting. Warmte/krachtkoppeling alleen lijkt immers gezien de energievraag op sommige bedrijven, zeker de omvangrijkere, ook een redelijke optie. Vergisting verandert echter de energievraag, zowel qua structuur als qua omvang. Dit kan van invloed zijn op het rendement van warmte/krachtkoppeling. Indien uitgegaan wordt van de stelling, dat dit extra rendement op conto van vergisten geschreven moet worden, kan dit het potentieel van bedrijven, waarbij vergisting rendabel is, verhogen.

10.3 Grootschalig verwerken op nationaal niveau

In deze studie is grootschalig vergisten vrijwel alleen in samenhang met grootschalig verwerken van mest bestudeerd. Opschalen van de resultaten hangt dan ook geheel samen met de vraag, welk deel van de jaarlijkse mesthoeveelheid zal worden verwerkt. Dit is zowel een bedrijfseconomisch als een politiek probleem, dat buiten het kader van deze studie valt.

Wat uit deze studie echter wel volgt is dat, als er grootschalig verwerkt gaat worden, vergisten een rendabele processtap is. Althans wanneer de mestkoek niet wordt verbrand. Die rentabiliteit volgt niet zo zeer uit de verbrandingswaarde van het gewonnen biogas, als wel uit het feit, dat verder verwerken van vergiste mest aanzienlijk goedkoper zal zijn dan verwerken van onvergiste mest. Voor een enkele verwerkingsinstallatie, die $\pm 275.000 \text{ m}^3$ mest jaarlijks kan verwerken varieert de maatschappelijke winst van vergisten, afhankelijk van de gekozen verwerkingsstappen, van f 0,75 mln tot f 1 mln per jaar.

De schattingen van de mestoverschotten variëren tussen de 18 en 35 miljoen ton/jr. Als al deze overschotten verwerkt zouden worden (en als verondersteld wordt, dat runderdrijfmest eenzelfde resultaat oplevert als varkensdrijfmest danwel dat de overschotten alleen uit varkensdrijfmest bestaan) dan zou dat kunnen

betekenen, dat er 60 à 90 mestverwerkingsbedrijven van het voorbeeldtype worden opgezet. Dit brengt dan een maatschappelijke winst van vergisten met zich mee van f 45 mln tot f 88 mln per jaar, en een netto biogasproduktie variërend van 200 tot 300 mln m³ aeq/jr. (bij investeringen van f 1,1 miljard tot f 1,7 miljard).

10.4 Grootschalig vergisten op nationaal niveau

Uit 9.4 (blz.125) blijkt, dat grootschalig vergisten als enige processtap minder rendabel is dan vergisten als eerste stap in een grootschalig verwerkingsproces van de mest. Daarom wordt in deze globale berekeningen de optie "grootschalig vergisten zonder verdere verwerking" verder niet meegenomen.

Uiteraard kan desondanks, op basis van andere overwegingen dan die van de maatschappelijke kosten/batenanalyse, grootschalig vergisten als enige stap in bepaalde gevallen een goede keuze zijn.

10.5 De totale maatschappelijke baten van mestvergisting

Tabel XXIX, blz. 137, geeft de resultaten schematisch weer. Het zal duidelijk zijn dat de hier gepresenteerde cijfers, gezien de vele vooronderstellingen, slechts een indicatieve waarde bezitten. Wel blijkt echter, dat grootschalige vergisting in combinatie met mestverwerking een aanzienlijk omvangrijker potentieel biedt dan kleinschalige vergisting. Het netto potentieel aan biogasproduktie bij kleinschalige vergisting bedraagt op basis van de in dit rapport aangehouden vooronderstellingen, hooguit 0,52% van het binnenlandse aardgasverbruik. Daarvan wordt dan echter 0,39% gerealiseerd door samenwerking van bedrijven en het ligt in de verwachting, dat zo'n samenwerking extra problemen gaat opleveren.

Grootschalig vergisten bij verwerken kan 0,58% van het binnenlands aardgasverbruik opleveren, zodat er naar schatting een totaal biogaspotentieel bestaat van 1,1% van het totaal binnenlands aardgasverbruik (bij een penetratiegraad van 100%).

Tabel XXIX Totale maatschappelijke baten van mestvergisting.

	Kleinschalig vergisten				Grootschalig vergisten bij verwerken ²⁾	Totaal
	Individueel	Samenwerking	Gemengde bedrijven ¹⁾	Totaal bedrijven kleinschalig	75 bedrijven van 20.000 gve	
Aantal mestvarkensbedrijven	500	2200	1350	4050	-	
Aantal melkveebedrijven	140	2400	1270	3810	-	
Investeringskosten (mln.gld.)	88	250	169	507	1400	1907
Hoeveelheid biogas (mln.m ³ aeq/jr)	16	50	33	99	250	349
Maatschappelijke winst (mln.gld/jr)	3	5	4	12	67	79
Aantal mestvarkensbedrijven	1200	3600	2400	7200	-	
Aantal melkveebedrijven	750	10000	5375	16125	-	
Investeringskosten (mln.gld.)	180	750	465	1395	1400	2795
Hoeveelheid biogas (mln. m ³ aeq/jr)	35	100	68	203	250	453
Maatschappelijke winst (mln.gld/jr)	7	15	11	33	67	100

1) Geschat door middel van 50% van beide voortgaande kolommen

2) Dit zijn gemiddelden.

CONCLUSIES

Op basis van de in het voorgaande gepresenteerde gegevens en de uitgevoerde evaluaties kan een aantal conclusies worden getrokken. Deze conclusies hebben primair betrekking op varkensdrijfmest; in grote lijnen gelden ze echter ook voor runderdrijfmest.

Omdat mestvergisting - en zeker mestverwerking - voor een deel nog aan het begin van een verdere ontwikkeling en verbetering staan, moeten deze conclusies vooral als een momentopname worden beschouwd. Daar bovendien de inzichten van de diverse externe deskundigen vaak niet eensluidend zijn en zelfs tegenstrijdigheden bevatten, is een aantal conclusies met de nodige voorzichtigheid geformuleerd.

Omdat bij deze studie alléén de vraag "vergisten of niet vergisten" centraal staat, is de verwerking van de drijfmest in dit verband niet uitputtend behandeld.

a. Kleinschalig vergisten

1. De belangrijkste baten van mestvergisting komen voort uit de produktie van biogas. Aan bedrijfseconomische rentabiliteitseisen kan daarbij op dit moment worden voldaan bij goed lopende installaties van voldoende omvang (minstens 100 à 200 gve¹⁾).
2. De rentabiliteit van biogasproduktie uit mest kan worden verbeterd door secundaire positieve effecten op het gebied van milieu en grondstoffen. Zo geeft gebruik van vergiste mest in plaats van onvergiste stankvermindering bij de boerderij en op het land bij het uitrijden. En door gebruik van vergiste mest in plaats van onvergiste op grasland is besparing aan kunstmest mogelijk. De ammoniakemissie neemt dan echter toe.

Verder bevat vergiste mest een kleinere hoeveelheid gemakkelijk afbreekbare organische stof dan onvergiste. Vergiste mest heeft daarom op bouwland waarschijnlijk een iets lagere bemestingswaarde. De fosfaatwerking neemt waarschijnlijk echter iets toe.

1) grootvee-eenheden

3. Aan de stankvermindering bij het uitrijden van mest, tengevolge van kleinschalige vergisten, kan een aanzienlijke maatschappelijke waarde worden toegekend. De overige effecten van mestvergisten op milieu en grondstoffen zijn klein.
4. Het aantal varkens- en runderbedrijven dat op grond van maatschappelijke rentabiliteitscriteria in aanmerking komt voor kleinschalig vergisten bedraagt ruim 3.000 ¹⁾.
Bij samenvoeging van de mest van twee of drie bedrijven per installatie wordt dit aantal geschat op bijna 8.000 bedrijven. De benodigde investeringen liggen dan in de orde van f 0,5 mld; de gasopbrengst ligt in de orde van 100 mln m³ aeq/jaar ²⁾. De maatschappelijke baten bedragen dan f 12 mln/jaar.
5. Bij een 30% lagere investering voor de individuele biogasinstallaties wordt het aantal bedrijven, dat voor kleinschalig vergisten in aanmerking komt drastisch verhoogd, nl. tot bijna 10.000, en door samenwerking van twee of drie kleinere bedrijven tot ca. 23.000.
De benodigde investeringen bedragen in het laatste geval f 1,4 mld; de gasopbrengst wordt ruim 200 mln/m³ aeq/jr en de maatschappelijke baten f 33 mln/jr.
6. In de nabije toekomst zijn verbeteringen aan installaties mogelijk, die kunnen resulteren in een verdere verhoging van de rentabiliteit; de verwachtingen hierover zijn echter niet al te positief.
7. Het vergisten van drijfmest in combinatie met andere organische afvalstoffen kan de rentabiliteit verder verhogen. In dit verband is het van belang, dat voor de betreffende afvalstoffen geen andere, hoogwaardiger toepassing voorhanden is, dat een adequate afzet wordt gevonden voor de produkten uit het vergistingsproces en dat voornoemde toevoeging niet of nauwelijks kostenverhogend werkt.

1) Aantallen bedrijven steeds bij een penetratiegraad van 100%.

2) aeq : aardgas-equivalent.

b. Grootschalig vergisten (als enige processtap)

8. Bij grootschalig vergisten in een centrale installatie zonder verdere verwerking van de vergiste mest is een bescheiden winst te behalen, die echter niet opweegt tegen transportkosten van meer dan enkele kilometers (tenzij het transport toch al om andere redenen moet plaatsvinden).
9. Bij grootschalig vergisten zijn de conclusies 1, 2, 3, 6 en 7 in grote lijnen eveneens van toepassing.
10. De belangrijkste voordelen van grootschalig vergisten ten opzichte van kleinschalig zijn:
 - de mogelijkheden tot professioneel beheer,
 - de mogelijkheden tot professioneler gasbenutting,
 - het schaaleffect.Dit alles leidt tot lagere kosten van de installatie per m³ biogas ten opzichte van kleinschalig vergisten.
11. De belangrijkste nadelen van grootschalig vergisten ten opzichte van kleinschalig zijn:
 - de hogere inzamel-, transport- en organisatiekosten,
 - de verminderde betrokkenheid van de boer,
 - het risico, dat het vergistingsproces reeds tijdens het transport, in een tussenopslag aanvangt (verlies aan biogas),
 - vergrote kans op verspreiding van ziektekiemen.

c. Grootschalig vergisten als onderdeel van centrale mestverwerking

12. Grootschalig vergisten van mest lost het milieuprobleem van de mestoverschotten niet op, maar kan wel een rendabele eerste processtap zijn bij het verwerken van mest tot verkoopbare produkten en loosbaar afvalwater.
13. Door grootschalig vergisten als eerste stap in een verwerkingsproces te kiezen zijn bij daarop volgende processen in totaal zoveel minder energie en hulpstoffen nodig, dat het totale verwerkingsproces (inclusief vergisten) daardoor

waarschijnlijk goedkoper wordt dan bij een vergelijkbare procesketen zonder vergisten¹⁾.

14. Vergisten heeft nòg een aantal gevolgen voor de volgende processtappen. De belangrijkste hiervan zijn:
 - Ammoniakstrippen levert bij vergiste mest meer ammoniak op dan bij onvergiste.
 - Door voorafgaand vergisten wordt aeroob nazuiveren bemoeilijkt voor wat betreft de biologische stikstofverwijdering.
 - Wanneer verbranden van de mestkoek als processtap wordt gekozen, is voorafgaand vergisten vermoedelijk minder zinvol.
15. Door grootschalig vergisten als eerste stap te kiezen in een verwerkingsproces zijn voor sommige volgende stappen misschien minder investeringen nodig¹⁾.
16. Vergisten van een mestoverschot van 20 mln ton/jr in ca. 75 verwerkingsfabrieken vereist voor de vergistingsinstallaties een investering van ca. f 1,4 mld. De totale maatschappelijke baten bedragen dan ca. f 67 mln/jaar.

d. Vergelijking runder- en varkensdrijfmest

17. Zowel bij klein- als grootschalige procesvoering is vergisten van varkensdrijfmest rendabeler dan vergisten van runderdrijfmest, vanwege de hogere gasopbrengst.

¹⁾ Hierbij worden alleen procesketens zonder verbrandingsstap beschouwd.

AANBEVELINGEN

a. Kleinschalig vergisten

1. Bij de verdere ontwikkeling van kleinschalige mestvergisting verdient het aanbeveling, een multidisciplinair team van deskundigen in te stellen, onder andere bestaande uit RAAD, LH, IMAG, TNO en één à twee adviesbureau's, dat tot taak krijgt een aantal probleemaspecten van het proces nader te bestuderen, met inachtnaam van het kostenaspect. Zonder volledigheid te willen claimen kan in dit verband genoemd worden:

- Het principiële reactorontwerp, in het bijzonder voor wat betreft mesofiele vergisting.
- Het vaststellen van de optimale procescondities, op basis van resultaten van uitgevoerd onderzoek.
- De optimale benutting van de energie, mede in verband met de grootte van de gasopslag, levering aan derden, conversie, warmte/krachtkoppeling, etc.
- De mogelijkheden om door low-cost automatisering de optimale procescondities te implementeren en tevens het risico van menselijke fouten te verminderen.
- De wijze waarop het gas voldoende kan worden gezuiverd tegen nog aanvaardbare kosten.

Het advies zal concrete, gedetailleerde aanbevelingen dienen te bevatten over te nemen stappen in de hardware-sfeer (bijvoorbeeld ten aanzien van het optimaliseren van een bestaande installatie of het opzetten van een modelinstallatie volgens een verbeterd concept).

2. Het verdient aanbeveling, experimenteel onderzoek uit te voeren naar het vergisten van mest in combinatie met andere afvalstoffen. Dit onderzoek dient samen te gaan met een marktonderzoek naar de afzetmogelijkheden van de vergiste mengsels. Aan het experimentele onderzoek dient een korte studie vooraf te gaan naar de vraag, welke andere afvalstof-

fen voor vergisting samen met mest in aanmerking zouden kunnen komen. Uitgangspunt dient daarbij te zijn, dat de betreffende afvalstoffen niet op een andere, hoogwaardiger manier kunnen worden toegepast. Een kosten-batenanalyse dient deel uit te maken van deze studie.

3. Hoewel het er niet naar uit ziet, dat op korte termijn grote resultaten zijn te verwachten van experimenten op het gebied van immobiliseren van micro-organismen en van de keuze van andere micro-organismen ter verbetering van het vergistingsproces, verdient het toch aanbeveling om wetenschappelijk onderzoek op dit gebied te continueren.
4. Het verdient aanbeveling, de voorlichting aan boeren over de eigenschappen van vergiste mest te verbeteren. In het bijzonder dient daarbij aandacht te worden besteed aan het wegnemen van een aantal vooroordelen tegen dit nieuwe produkt. Aan deze voorlichting kunnen, behalve de bestaande voorlichtingsdiensten op het gebied van de Landbouw, ook de mestbanken een bijdrage leveren.
In dit verband is het ook van belang, te komen tot standaardisering van methoden van kwaliteitsbepaling van de mest.
5. De problematiek van de vergoeding, die voor teruglevering van elektriciteit, gas en warmte aan het net wordt verleend en die van levering daarvan aan derden verdient (evenals bij andere nieuwe bronnen) de nodige aandacht.
6. Het verdient aanbeveling, onderzoek uit te voeren naar de mogelijkheid tot samenwerking van een aantal kleine bedrijven bij de exploitatie van een vergistingsinstallatie.

b. Grootschalig vergisten (als enige processtap)

7. Voor grootschalig vergisten in een centrale installatie, zonder verdere verwerking van de vergiste mest, is aanbeveling 1 eveneens in grote lijnen van toepassing. Daarbij dient dan ook de afweging tussen mesofiel en thermofiel vergisten in de studie te worden betrokken.

8. Voor grootschalig vergisten zijn de aanbevelingen 2 t/m 5 in grote lijnen eveneens van toepassing.
9. Onderzoek naar de beste methode voor het grootschalig transporteren van de mest verdient hoge prioriteit. Daarbij dient zowel te worden gelet op kosten als op milieurisico's. Vergisten voor, tijdens of na transport zou deel kunnen uitmaken van een dergelijke studie.

c. Grootschalig vergisten als onderdeel van centrale mestverwerking

10. Geïntegreerd onderzoek naar de afzetmogelijkheden van uit mest vervaardigde produkten, in relatie tot de te kiezen verwerkingsketens, verdient hoge prioriteit. In zo'n onderzoek dient allereerst te worden geanalyseerd, welke procesketens (met en zonder vergisten) het meest veelbelovend moeten worden geacht voor wat betreft de technische en economische haalbaarheid en de afzetmogelijkheden, op basis van thans beschikbare gegevens. In deze analyse zal tevens moeten worden nagegaan, welke technische en economische gegevens nog ontbreken en hoe in die lacunes het beste kan worden voorzien.

Tenslotte dient, op basis van de resultaten van marktonderzoek, voor een aantal veelbelovende procesketens een dieptestudie te worden gemaakt, als voorbereiding voor verder experimenteel onderzoek.

REFERENTIES

- [1] Jongebreur, A.A.;
Biogas uit mengmest.
Energiespectrum, februari 1983, blz. 38-48.
- [2] De Boks, P.A. en van Nes, W.J.;
De haalbaarheid van een rendabele biogasinstallatie voor de
middelgrote melkveehouderij. Centrum voor Energiebesparing,
Delft, uitgave Projectbureau Energieonderzoek, december 1983,
38 blz., 13 bijlagen.
- [3] Offermans, H., Tuin, E., De Vries, H. en De Vries, U;
De mogelijkheden van biogas in de landbouw. Serie studenten-
verslagen nr. 26, Milieukundig Studiecentrum Groningen,
augustus 1982, 184 blz.
- [4] Dijkhuizen, R. en Verhek, M.;
Biogas als nieuwe energiebron. Serie studentenverslagen nr. 25,
Milieukundig Studiecentrum Groningen, juli 1982, 117 blz.
- [5] Biogas op veeteeltbedrijven, toepassingsmogelijkheden en pers-
pectieven. Werkgroep "Bedrijfsopzetten biogasinstallaties".
Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen.
publikatie 176, november 1982, 91 blz.
- [6] Wijnands, J.H.M. en Luesink, H.M.;
Een economische analyse van transport en verwerking van mestover-
schotten in Nederland.
Onderzoekverslag no.12, Landbouw Economisch Instituut, Den Haag,
november 1984, 83 blz, 6 bijlagen.
- [7] Ter Rele, R.R.J.;
Ontwikkeling en toetsing van biogasmotoren op veehouderijen
(gecomprimeerde versie);
Instituut voor wegtransportmiddelen TNO, Delft.
Uitgave PEO, Utrecht, september 1984, 33 blz., 4 bijlagen.

- [8] P. Hoeksma;
Biogaswinning en benutting op veebedrijven; praktijkervaringen met demonstratieprojecten voor mestvergisting.
IMAG-rapport, Wageningen, mei 1984, 127 blz., 8 bijlagen.

- [9] F.J.M. Lenting;
Toepasbaarheid van biogas op veeteeltbedrijven bij optimaal gebruik.
Raadgevend Technisch Buro van Heugten b.v., Nijmegen.
Uitgave Projectbureau Energieonderzoek, februari 1984, 80 blz.

- [10] Nieuwe meststoffenwet pakt mestoverschotten aan - Boerderij, 66 (1981) nr. 32 (6 mei), blz. 50-51.

- [11] Eruit halen wat erin zit.... Haalbaarheidsstudie verwerking mestoverschotten. Fase 1.
BRO van Heesewijk b.v., Vugt, en Van Aspert b.v., Uden, november 1984, 61 blz. + bijlage.

- [12] Algemene Energieraad - Energiestudiecentrum.
Klein Vademecum voor de Energie, 1982.
Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1982.

- [13] Stichting Mestbank Gelderland - Jaarverslag 1983 (19 blz.).

- [14] Voorburg, J.H.;
Het verwerken van mestoverschotten.
Landbouwkundig Tijdschrift, 96 (1984) nr. 10, blz. 23-27.

- [15] Een verkenning van de mogelijkheden van centrale verwerking van varkensdrijfmest ter vermindering van mestoverschotten.
Werkgroep "Mestverwerking", IMAG - rapport, januari 1980.

- [16] Mestoverschot groeit schrikbarend snel - Boerderij, 66 (1981) nr. 32 (6 mei), blz. 46-49.

- [17] Fosfaat en koper in de bodem in gebieden met intensieve veehouderij.
Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, serie "Bodembescherming", nr. 9.
Staatsuitgeverij, 1982, IBSN 90 12 04049 3, 159 blz.
- [18] Schomaker, A.H.H.M., Berverloo, W.A. en van Velsen, A.F.M.;
Procestechnologisch onderzoek van het NH_3 luchtstrip/absorptieproces.
Landbouwhogeschool, Vakgroep Waterzuivering ca. 1983.
- [19] Het gegiste-mest project.
Tweede Landbouwprojectgroep.
Rijksuniversiteit Utrecht, november 1983, 28 blz.
- [20] De Boo, M.;
Mest bevordert zure regen.
Intermediair 20 (1984) 35 (31 aug.), blz. 17-21.
- [21] Gaaff, G., Gijsman, A. en Schreuder, H.;
Stikstofbenutting en gasvormige stikstofverliezen na aanwenden van al dan niet vergiste runderdrijfmest.
Rijksuniversiteit Utrecht, afd. Botanische Oecologie, 1984, 82 blz.
- [22] Henkens, Ch. H.;
Biogasbereiding geen oplossing voor het mestoverschotten-probleem.
Landbouwkundig Tijdschrift 96 (1984) nr. 4, blz. 4.
- [23] De la Lande Cremer, L.C.N.;
Persoonlijke mededeling, 24 oktober 1985.
- [24] Zeeman, G., Koster-Treffers, M.E., Halm, H.D. en Lettinga, G.
Anaerobe vergisting van rundermest.
Vakgroep Waterzuivering, Landbouwhogeschool Wageningen. Uitg. PEO, Utrecht, september 1984, 77 blz., bijlage.

- [25] Van Nes, W.J.;
Mestvergisting of mestvergissing in Nederland.
Energiebeheer, januari 1985, blz. 13-17.
- [26] Vogels, G.D.;
Methaangisting, laatste stap in de biologische afbraak.
Natuur en Techniek, november 1983, blz. 822-841.
- [27] Perspectieven biogasproductie uit mest. Werkgroep
"Perspectieven biogasproductie uit mest". PEO, november
1984, 19 blz., bijlagen.
- [28] Henkens, Ch. H.;
Bemestingswaarde van de vergiste mest. Consulentschap voor
Bodemaangelegenheden in de Landbouw, Wageningen, juni 1983,
5 blz.
- [29] v.d. Hoek, K.W.,
Methaangaswinning en -benutting op melkveebedrijven.
Samenvatting van een multidisciplinair onderzoekproject
1980-1983. IMAG-PEO publicatie 203-II, augustus 1984.
- [30] Isensee, E. en Wenzlaff, R.;
Nebenwirkungen der Biogaserzeugung.
Landtechnik, februari 1984, blz. 77-79.
- [31] Liebman, H. (ed);
Gewinnung und Verwertung von Methan aus Klärschlamm und
Mist. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und
Flussbiologie, bd. 3 München, 1956.
- [32] Okken P.A., R.U. Groningen, persoonlijke mededeling,
25 januari 1985.
- [33] Lammers, H.W.;
De plaatsingsmogelijkheden en de waarde van de mest.
Bedrijfsontwikkeling, 15 (1984) juli/augustus 1984, blz.
607-611.

- [34] Van Veen, H.J.
Ontwatering van varkensdrijfmest.
TNO-MT rapport ref.nr. 83-04380, oktober 1983.
- [35] Postma, H.J.W.
Verwijdering en terugwinning van ammonium-stikstof uit
afvalwater door toepassing van het lucht - strip/absorptie -
proces.
I Verkenning van de literatuur.
LH-rapport, augustus 1980.
- [36] Ten Have, P.J.W.
Rijks Agrarische Afvalwater Dienst, Arnhem, persoonlijke
mededeling, mei 1985.
- [37] Van Tongeren, W.G.J.M., Van Veen, H.J.
Onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van omgekeerde
osmose bij de zuivering van varkensdrijfmest.
TNO-rapport ref.nr. 83-015272, maart 1984.
- [38] Slibontwatering tot meer dan 40% droge stof.
STORA-rapport, mei 1979.
- [39] Poelma, H.R.
Het mechanisch scheiden van rundveemest.
Bedrijfsontwikkeling, 15 (1984), juli/augustus, blz. 635-639.
- [40] Voorburg, J.H.
Verwachte ontwikkelingen met betrekking tot de mestopslag
en mestverwerking op veehouderijbedrijven.
Bedrijfsontwikkeling, 15 (1984), juli/augustus, blz. 603-607.
- [41] Evaluatiemethoden, een introductie.
Afdeling Beleidsanalyse van het Ministerie van Financiën.
Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, oktober 1984, 172 blz.,
3 bijlagen.
- [42] Janssen, R.
Evaluatiemethoden ten behoeve van milieubeleid en -beheer.
Rapport van Economisch en Sociaal Instituut der Vrije
Universiteit, mei 1984, 147 blz., 1 bijlage.

- [43] Heijman, W.J.M.;
Mestoverschotten in Nederland; verspreiding als oplossing.
Economisch Statistische Berichten, 70 (1985), 6 februari,
blz. 134-140.
- [44] Koeman, J.H.;
Bevolkingsrisico's, van cadmium.
Bedrijfsontwikkeling 14 (1984) nr. 6.
- [45] Van Velsen, A.F.M.;
Anaerobic digestion of piggery waste.
Proefschrift, LH Wageningen, 1981, 103 blz.
- [46] Poelma, H.R.;
Persoonlijke mededeling, 4 december 1984.
- [47] Wijnands, J.H.M. en Luesink, H.M.
Het aanbod en de potentiële vraag naar dierlijke mest in
Nederland en omringende landen.
Landbouw Economisch Instituut, interne nota no. 298,
september 1984, 40 blz., 6 bijlagen.
- [48] L.C.N. de la Lande Cremer,
persoonlijke mededeling, 14 november 1984.
- [49] Bosma, A.H., Cappon, A. en Klarenbeek, V.J.;
Ontwikkeling van en onderzoek aan een zelfrijdende
mestinjecteur.
IMAG publicatie no. 87, december 1977, 27 blz., 2 bijlagen.
- [50] Belonje, J.L.G.;
Effecten van het storten van mest in zee;
MLV-literatuurrapport no.8
Ministerie van Landbouw en Visserij,
afdeling Documentaire Informatie.
's Gravenhage, september 1984, 25 blz., 5 bijlagen.

- [51] China: Azolla propagation and small-scale biogas technology. Report on an FAO/UNDP study tour to the People's Republic of China, 21 may - 11 june 1978. FAO soils Bulletin 41 Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome 1978.
- [52] Okken, P.A.,
Milieu- en energie-effecten van biogas uit mest en mestoverschot-verwerking. Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde, Rijksuniversiteit Groningen, augustus 1985, 159 blz. 7 bijlagen.
- [53] Demuyne, M., Nyns, E.J., Palz, W.;
Biogas plants in Europe, a practical handbook. Solar Energy R & D in the European Community, serie E, vol.6. Reidel, Dordrecht, 1984.
- [54] Wu Wen;
Rural biomass energy programs in China. Paper presented at 3rd EC Conference Energy from Biomass, Venezia, 25-3-1985 Ed. Elsevier, 1985.
- [55] Hoek, K.W. van der, Kruijdenberg, H.J.M., Voermans, J.A.M.;
Verslag van de Workshop mestvergisting. Stichting Projectbeheerbureau Energieonderzoek, Utrecht, februari 1985 (10 blz. 4 bijlagen).
- [56] Mot. E;
De levensvatbaarheid van aardwarmte in relatie tot andere energiebronnen. Energiespectrum, mei 1982, blz. 120-129.
- [57] Het CE-scenario, "een realistisch alternatief"
Centrum voor Energiebesparing, Delft, december 1982, 230 blz., 4 bijlagen.
- [58] Brief van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten Generaal over de Mestproblematiek, 7 maart 1985, no. 18879, 28 blz., 1 bijlage.

- [59] VAM veredelt stortgas tot aardgas
Milieutechniek (1985) 4, blz. 21.

- [60] Demuyne, M., Nyns, E.J. and Naveau, H.;
Agricultural uses of digested effluents.
Anaerobic Digestion and Carbonate Hydrolysis of Waste,
G.L. Ferrero, M.P. Ferranti and H. Naveau (editors).
EC-Symposium, Luxembourg, 8-19 May 1984, p.409-422.

- [61] De la Lande Cremer, L.C.N.;
brief 620 Cr/TG 26 maart 1985.

- [62] Van Velsen, A.F.M.;
Zuivering van varkensdrijfmest Verslag van het onderzoek
naar een integraal zuiveringssysteem
L.H. Wageningen, Vakgroep Waterzuivering, maart 1985,
26 blz., 2 bijlagen.

- [63] Van Bommel, J.C., Innogas Engineering B.V.,
persoonlijke mededeling, 12 juli 1985.

- [64] Brief Grontmij CT 1522/OHS
d.d. 21 mei 1985.

- [65] v.d. Hoek, K.W.;
Persoonlijke mededeling, 7 juni 1985.

- [66] Menzel, C. en Rietveld, F.A.J.;
De plaats van biogas in de gasvoorziening.
GAS, september 1985, blz. 392-400.

- [67] Voorburg, J.H.;
Brief van 1 oktober 1985, bijlage.

- [68] Mot, E.;
"Rentabiliteit" van Duurzame Energie.
Duurzame Energie, december 1985, wordt gepubliceerd.

BIJLAGE 1 (ref. 2.3, blz. 36)

Vergelijking van de uitgangspunten bij rentabiliteitsberekeningen van kleinschalig vergisten bij melkveebedrijven.

In diverse rapporten ([2], [3], [5], [9]) zijn rentabiliteitsberekeningen uitgevoerd ten aanzien van kleinschalig vergisten. Daarbij zijn ook zgn. kritische bedrijfsgrootten berekend. Dat zijn de bedrijfsgrootten waarbij kosten en baten van vergisten aan elkaar gelijk zijn.

De afwijkingen van de resultaten van die studies onderling en met deze studie zijn te verklaren uit de vooronderstellingen die gemaakt zijn. Het lijkt weinig zinvol al die vooronderstellingen exact te vergelijken, omdat niet alle parameters van belang zijn en het soms om slechts kleine verschillen gaat. Bovendien is in bijlage 10 van [2] reeds aandacht besteed aan zo'n vergelijking van uitgangspunten. Daarom wordt hier alleen ingegaan op de grotere verschillen tussen de vooronderstellingen.

Wat betreft de biogasproductie is er met name een verschil te constateren in de biogasproductie per m^3 mest. Deze varieert van 14 m^3 (deze studie) tot 20 m^3 ([2], [9]). De jaarlijkse te vergisten mestproductie laat een geringere variëteit zien. Dat schommelt per koe tussen de $13,5 \text{ m}^3$ [5] en 16 m^3 [2]. De verbrandingswaarde van biogas in verhouding tot aardgas laat waarden tussen de 0,65 [3] en 0,78 (deze studie) zien.

De investeringskosten liggen relatief het hoogst bij [9]. Deze worden door [2] en [3] ongeveer 15% lager geschat. Wat betreft het terugrekenen van de investeringskosten naar jaarlijkse kosten worden geen significante verschillen geconstateerd. Het bouwkundig deel wordt op 70 à 75 procent geschat en wordt in 20 jaar afgeschreven (behalve voor wat betreft het bouwkundige deel van de aggregaat in [3] en [5], dat in 8 jaar wordt afgeschreven). Het technische deel (25 à 30% wordt in 8 jaar afgeschreven. [2], [9] en deze studie hanteren de annuïteitenmethode; [3] en [5] hanteren vaste afschrijvingen. De rentepercentages laten enige flexibiliteit zien. Soms wordt een nominale rente en soms een reële rente gehanteerd. De verschillen in vooronderstellingen op het gebied van onderhoud en verzekeringskosten hebben nauwelijks invloed op het uiteindelijke resultaat. [9] blijft wat dat betreft aan de lage kant.

Aan de opbrengstenkant veronderstellen alle studies, behalve onderhavige, dat er een TE-installatie wordt aangeschaft. De rentabiliteit van de TE wordt op conto van de vergisting geschreven. Dit verlaagt de kritische bedrijfs grootte aanzienlijk. De kritische bedrijfs grootte is ook sterk afhankelijk van het referentiescenario. HBO is duur ten aanzien van aardgas; [2], [5] en [9] gaan daarvan uit. [3] en deze studie gaan uit van aardgas. Voor zover er een TE-installatie betrokken is bij de evaluatie is de warmte- en elektriciteitsvraag van belang in verband met de energiekosten (-besparing) van de boer. De veronderstelde warmtevraag van de vergister, van het woonhuis en van het tapwater verschillen per studie soms aanzienlijk (verschillen tot 40%). Bij sommatie van de warmtevraag vallen de verschillen echter voor een groot deel weg. De veronderstelde elektriciteitsvraag varieert sterk. [3] constateert een zeer lage vraag; [5] verwacht het dubbele. Verder zijn aan de opbrengstenkant de veronderstelde energieprijzen van belang. [2] hanteert daarbij het CE-prijzen-scenario. De HBO-prijs tussen [5] en [9] verschilt aanzienlijk. [9] hanteert een prijs van f 0,94/liter; [5] f 0,83/liter. Wat de overige energieprijzen betreft zijn er weinig verschillen.

BIJLAGE 2 (ref. 5.1, blz. 54)

Proefinstallatie Mestverwerking Helmond (Stichting VOS).

Bezoek 8 november 1985.

Gesproken met Ir. J.A.A.J. van Aspert.

Proces (zie schema figuur 2.1)

Het mestverwerkingsproces is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- mestaanvoer en -opslag (1)
- vergisten (2)
- (gesloten) tussenopslag van vergiste mest (3)
- conditioneren met behulp van diverse systemen (4a t/m d)
- scheiden met behulp van diverse systemen (5 t/m 8)
- drogen van de mestkoek (9)
- Ontzouten van de mestvloeistof (10a en b)

De diverse onderdelen zijn of worden afzonderlijk beproefd. Voor het onderzoek wordt verse varkensdrijfmest van een naburige varkensmester gebruikt. De varkens worden gevoerd met brokjes en krijgen water via drinknippels toegevoerd (dus geen brijvoeding). Uit enkele analysecijfers van augustus 1985 blijkt dat de mest de volgende samenstelling heeft: droge stof 57-136 g/l, organische stof 38-95 g/l, as 19-41 g/l, CZV 45-154 g/l, $\text{NH}_4\text{-N}$ 4,1-5,5 g/l, organisch N 6,8-8,5 g/l en vluchtige vetzuren 33 g/l. De mest is gemiddeld twee weken oud als ze wordt getransporteerd en vier weken oud als ze wordt vergist. De mest wordt verpompt met een versnijdende pomp en bevat daardoor alleen delen kleiner dan 3 mm.

Bijzonderheden.

Enkele gegevens over de diverse procesonderdelen zijn vermeld in tabel 2.1.

Tabel 2.1. : Informatie over de mestverwerking Helmond.

Procesonderdeel	Resultaat	Ondervonden knelpunten	Opmerking
(2) <u>Vergisting</u> 2 fasen vergister van MBB* proefreactor 4 m ³ Twee compartimenten in één reactor	bruto specifieke gasproductie 0,3-0,4 m ³ CH ₄ /kg organische stof toegevoegd Biogas: 75-82% CH ₄ Verblijftijd: 1 ^e fase 1-1½ dag (verzuring) 2 ^e fase 12½-13 dagen (vergisting)		de bruto specifieke gasproductie in ongeveer gelijk aan die van conventionele (mesofiele) mestvergistingsinstallatie
(3) <u>gesloten opslag</u> vergiste mest	dichte opslag heeft positief effect op de conditionering/ontwatering		
(4a t/m c) <u>conditionering</u> uitsluitend werkt met polyelektrolyet	prijs p.e. f 7/kg; per m ³ mest f 0,40 à f 0,90 p.e. verbruik 57-128 g/m ³		
(5) <u>Scheidingsopties</u> flotatie-indikker (6) vakuüm-filter (7) decanteercentrifuge (8) slibcompactor	ds**koek 12-16% ds koek 33-35% filteraids beproefd - bierborstel - houtzaagsel - vezelfractie papierindustrie toevoeging ongeveer 20% op de droge stof	d.s.gehalte te laag beschikbaarheid van geschikte, goedkope filteraids geeft toch nog relatief hoge kosten	is vervallen
(9) <u>drogen</u> van koek wervelbeddroger met warmterecuperatie via warmtepomp	goed strooibaar droog produkt		-op zeer kleine schaal gedemonstreerd met verkleinde centrifugekoek -nog geen aandacht besteed aan afgasbehandeling
(10 a en b) <u>vloeistofzuivering</u> met behulp van MTC*** membranen ultrafiltraziet omgekeerde osmose	nog onvoldoende		onderzoek voorlopig stopgezet

* MBB = Messerschmitt-Bölkow-Blohm

** ds = droge stofgehalte

*** MTC = Membrane Technology Consultants, Leverancier van membranen.

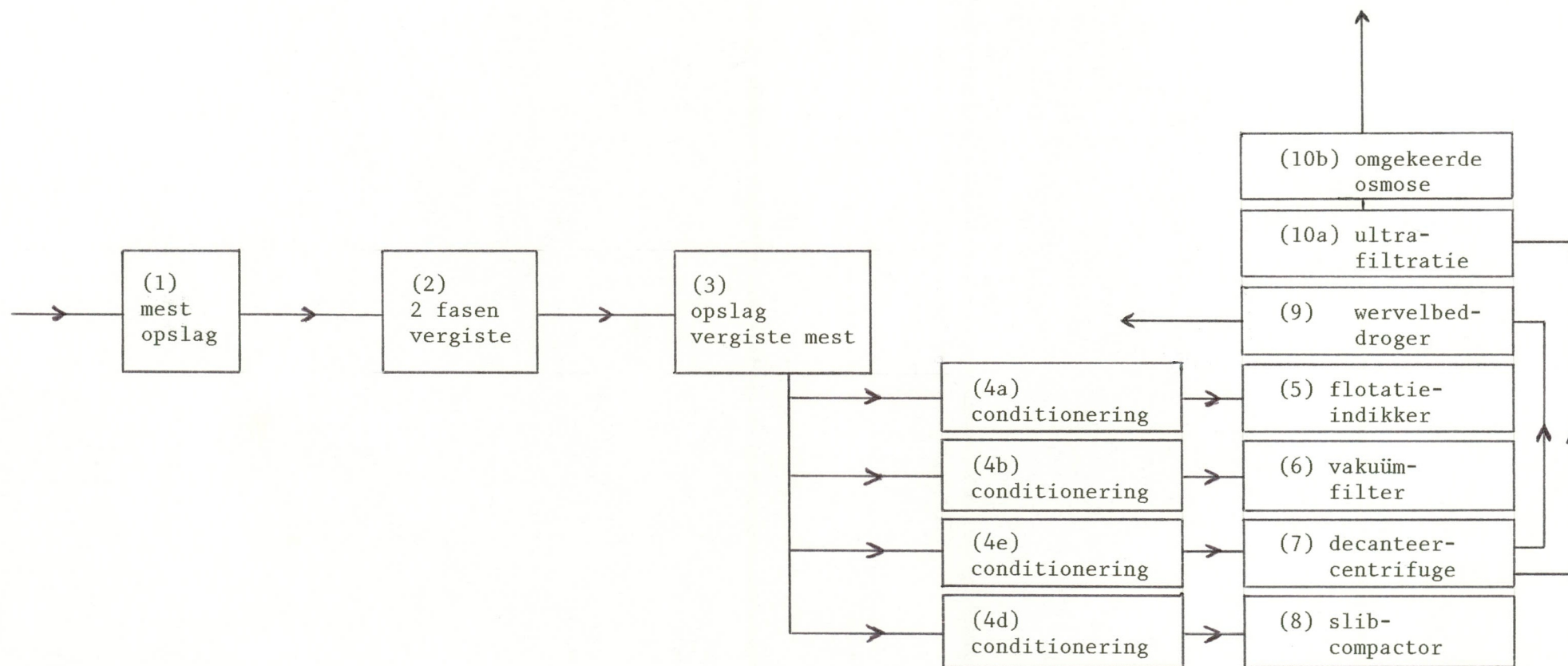


Fig. 2.1 : Schema van de mestverwerking Helmond.

BIJLAGE 3 (ref. 5.1., blz. 55)

Proefinstallatie mestverwerking Sterksel

(Stuurgroep Mestproblematiek Noord-Brabant)

Bezoek 22 november 1985

Gesproken met ir. T.P. Wuite

Proces: fig. 3.1.

In figuur 3.1 is een schema van de proefinstallatie gegeven. De mest wordt op de volgende wijze verwerkt: Via de mestopslag gaat het grootste deel van de mest rechtstreeks naar de conditionering (3) terwijl een klein deel ($\pm 25\%$) eerst wordt vergist (2). Vergisting van de gehele stroom is in deze route niet mogelijk vanwege de minimale C/N-verhouding die bij de biologische zuivering nodig is. Na de conditionering van de mest, waarbij ijzerchloride en vlokmiddel (poly-elektroliet) wordt toegevoegd, wordt de mest op de zeefbandpers (4) gescheiden in een koek ($\pm 25\%$ d.s.) en een filtraat. Dit filtraat wordt in de biologische zuivering (5) geleid waarin onder meer NH_3 -verwijdering door middel van nitrificatie/denitrificatie plaatsvindt. Het effluent van de biologische zuivering wordt na slibverwijdering naar een omgekeerde osmoseinstallatie (6) geleid, waar het wordt gescheiden in een geconcentreerde zoutoplossing en een op oppervlaktewater loosbaar effluent (75% valstroom). Als alternatief voor het omgekeerde osmoseproces worden de mogelijkheden van ontzouting via verdamping bestudeert, waarbij de verdamper zowel vóór als na de biologische zuivering kan worden geplaatst.

Tabel 3.2 : Gegevens en resultaten mestverwerking Sterksel

Procesonderdeel	Fase van onderzoek	Resultaten van onderzoek	Evt. knelpunten	Opmerkingen
2) Vergister: Inhoud: 80 m ³ Hydraulische verblijftijd >40 dg.	toegepast op praktijk-schaal (in Sterksel geen onderzoeksdoel)	20 à 25 m ³ gas/m ³ mest (hoge gasproduktie door lange verblijftijden)		Reeds uitvoering door anderen (LH, IMAG) onderzocht
3) Conditionering: Dose-ring FeCl ₃ (± 750 ppm) en vlokmiddel (pe, 200 ppm) + rijping	Beproefd op labschaal en praktijkschaal; operationeel op praktijkschaal	Zie ontwatering; Rijping erg belangrijk		
4) Zeefbandpersontwatering: max. cap. 2 m ³ /h	Operationeel op praktijkschaal	Droge stof koek 24-27% d.s. filtraat 1,5 à 2% lengte drainagezone erg belangrijk		Droge stof % koek kan met behulp van toevoegingen worden verbeterd.
5) Aerobe biologische zuivering Inhouds 42 m ³ Nitrificatie/denitrificatie, continu Hydraulische verblijftijd 10 à 15 dagen.	Proces op praktijkschaal toepasbaar. In combinatie met 0.0. slibbezinking nader onderzoeken	CZV-verw. rendement 84-92% N-verwijdering 92-96%	Slibbezinking te hoge slibbelasting indien geen slib recirculatie mogelijk is	slibafscheiding o.a. door middel van flotatie wordt bestudeerd
(6) Omgekeerde osmose (0.0.) capaciteit: 2,5 m ³ /dag	Installatie 2,5 m ³ /dag wordt binnenkort besteld	Onderzoek op kleine schaal (0,5 m ³ /dag) flux > 20 l/m ² h retentie ± 95%	Slibdeeltjes in voeding (membraanwerken)	
7) Indampen Voor aerobe zuivering (filtraat), (effluent en na aerobe zuivering	Indampen filtraat op labschaal; indampen effluent op lab- en semitechn. schaal-onderzocht	Condensaat van indamper effluent voldoet aan IMP-eisen* (COP en N)	Stankcomponenten aanwezig	Experimenten op proeffabrieksschaal voor indampen filtraat gepland

* IMP = Indicatief Meerjarenplan

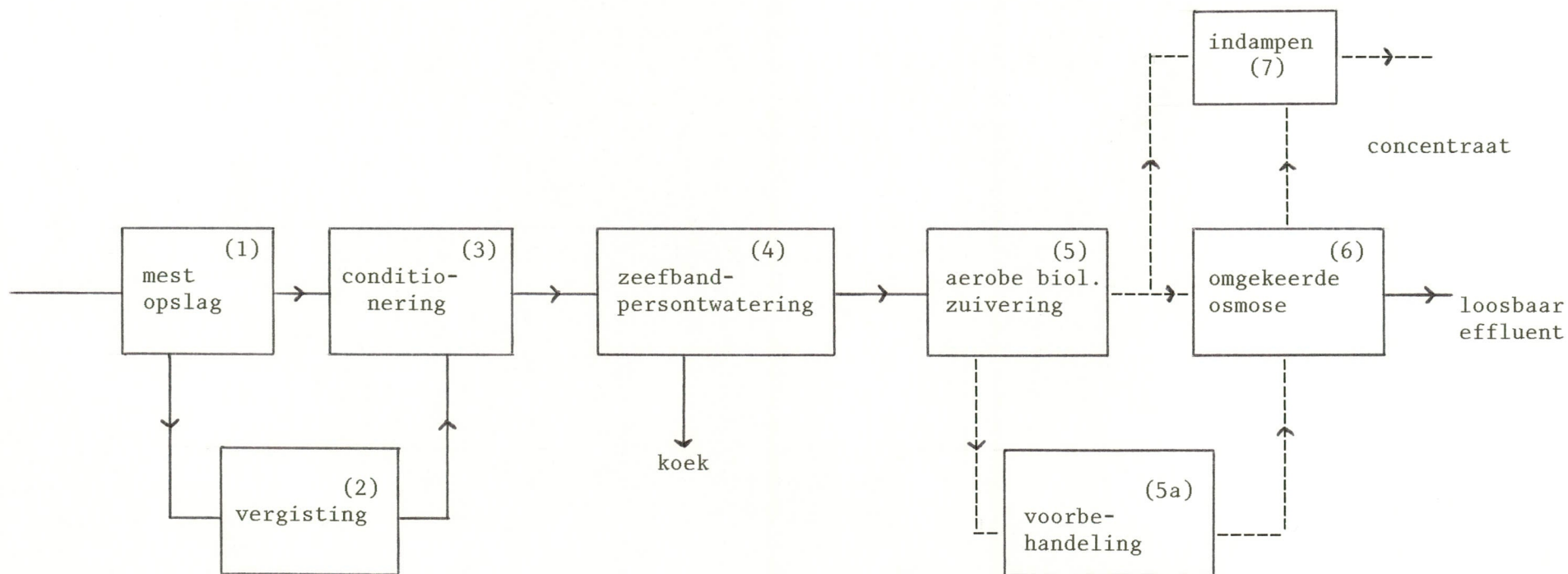


Fig. 3.1 : Schema proefinstallatie mestverwerking Sterksel

BIJLAGE 4 (ref. 5.3.2, blz. 60)

Tabel 4.1 : Samenstelling van dierlijke meststoffen in kg per 1000 kg mest

	ds	os	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Cl	SO ₃	volume gewicht	invloed op pH in kg CaO **)		produktie in kg *) per
												bw	grl.	
<u>Gier</u>														
Rundvee	26	10	4.0	0.2	8.0	0.1	0.2	1.0	4.0	2.0	1.032	- 3	- 2	4000
Varkens	20	5	6.5	0.9	4.5	0.6	0.2	1.0	4.0	1.8	1.010	- 7	- 6	900
<u>Dunne mest</u>														
Rundvee	95	60	4.4	1.8	5.5	2.1	1.0	1.0	3.0	1.8	1.040	- 1	0	10000
Mestvarkens	80	50	5.5	4.7	5.0	5.0	1.5	0.7	1.5	1.6	1.033	+ 1	+ 2	1600
Zeugen (onverdund)	60	40	3.9	3.7	3.9	0.8	1.3	0.7	1.5	1.0	-	- 2	- 2	-
Zeugen (verdund)	10	10	2.0	0.9	2.5	5.2	0.2	0.2	0.5	-	-	-	-	-
Vleeskalveren	20	15	3.0	1.3	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	3000
Kippen	140	90	9.2	8.0	5.0	13.7	1.5	1.0	2.0	2.0	-	+ 4	+ 6	80
<u>Vaste mest</u>														
Rundvee loopstal	240	160	5.5	2.5	6.0	3.0	1.0	1.0	2.0	0.8	0.700	0	+ 1	5500
Rundvee grupstal	215	140	5.5	3.8	3.5	4.0	1.5	1.0	2.0	0.6	0.900	0	+ 1	5000
Varkens	230	160	7.5	9.0	3.5	9.0	2.5	1.0	2.0	1.0	-	+ 2	+ 4	700
Kippen vochtige	322	230	12.5	18.7	9.0	23.5	2.5	2.0	3.5	4.0	-	+19	+21	40
Kippen droge	580	370	21.0	25.0	20.0	45.0	3.5	3.0	8.0	6.0	-	+21	+27	30
Kippen dieppit	530	240	14.3	36.1	19.2	67.0	4.0	3.5	8.7	10.0	-	+50	+53	20
Kippen strooiselmest	530	350	15.8	20.0	11.0	28.6	4.4	3.5	5.4	8.3	-	+11	+14	40
Slachtkuikens	580	460	26.0	24.0	21.5	20.5	6.0	4.0	5.5	9.0	0.465	- 1	+ 4	7
Kalkoenen	450	340	17.4	19.3	16.1	24.6	5.0	5.8	8.0	9.5	-	+ 8	+12	-
Paarden	310	250	5.0	3.0	5.6	3.1	1.8	-	-	-	0.700	-	-	-
Champignonmest	391	203	7.0	7.8	9.6	51.1	2.9	2.6	2.8	13.8	0.500	+41	+43	-
Nertsen	320	180	9.5	33.0	2.5	34.5	2.0	1.0	1.5	9.3	-	+ 9	+11	-

*) Rundvee 180 dagen, overige veesoorten 365 dagen.

Slachtkuikens bij 5,5 toom per jaar, mestkalveren 3 afleveringen per jaar.

**) Bij doelmatige aanwending in voorjaar. Bij herfstaanwending $\pm 0.2 \times \text{N-gehalte}$ meer negatief of minder positief.

Samengesteld februari 1983 door het CAD voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw, naar gegevens van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren.

Tabel 4.2. Zware metalen in dierlijke mest (in mg/kg bij het gemiddelde gehalte aan ds van de mest).

Mestsoort	ds (%)	B	Cd	Co	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Runderdrijfmest n***	9,7 168	3,3 24	0,07 14	0,10 2	4,2 29	<0,01 9	29 5	0,42 9	1,10 9	19,9 8
Varkensdrijfmest n	7,75 163	5 15	0,05 11	0,74 29	50* -	0,004 7	33 29	1,20 7	0,66 7	42* -
Kippedrijfmest n	14,2 237	6,4 5	0,15 11	n.b. 0	12 7	0,009 6	n.b. 0	1,35 6	0,62 6	72,3 13
Kalverdrijfmest n	2,2 45	1,7 3	0,03 5	n.b. 0	2 6	0,001 5	n.b. 0	0,03 5	0,13 5	28,5 5
Stalmest n	21,5 (vele)	4	0,09 5	0,02-3,0 (**)	0,4-0,7 (**)	0,02 5	50-54 (**)	0,70 5	1,32 5	24,0 5
Kippemest n	50 559	n.b. 0	0,51 10	n.b. 0	42,3 7	0,03 5	n.b. 0	3,39 5	2,65 5	1,31 5
Slachtkuikenmest n	58 331	n.b. 0	0,77 10	1,1 1	60 8	0,02 5	205 1	7,93 5	1,64 5	183,4 8
Deeppitmest n	53 78	n.b. 0	0,52 5	n.b. 0	72	0,02 5	n.b. 0	5,19 5	1,51 5	193,3 5

* berekend voor 1984 wegens verlaging Cu-toevoer in het voer.

(**) diverse bronnen.

*** n = aantal onderzochte monsters.

Bron : Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)

BIJLAGE 5 (ref. 5.4, blz. 66)

Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking zonder
ammoniak-strippen, zonder vergisten (varkensmest)

processtroom nummer ¹⁾	1	3	4	5	6	7	8	9	10
medium	mest	p.e./ FeCl ₃			mest- koek		spui- slib	per- meaat	brijn
flow [kg/h]	37000	6155	43155	33039	10116	31913	1040	23716	8197
H ₂ O [kg/h]	34040	6080	40120	32432	7688	31600	832	23700	7900
d.s. [kg/h]	2960	75	3035	607	2428	313	208	16	297
as [kg/h]	814	63	877	263	614	226	37	11	215
o.s. [kg/h]	2146	12	2158	344	1814	87	171	5	82
N _{tot} [kg/h]	266		266	120	146	5	15	0,2	4,8
N-Kj [kg/h]	266		266	120	146	5	15	0,2	4,8
N-NH ₄ [kg/h]	166		166	100	66	0	0	0	0
P ₂ O ₅ [kg/h]	188		188	18	170	7	11	0,1	6,9
K ₂ O [kg/h]	147		147	95	52	92	3	5	87
Cu [kg/h]	3,7		3,7	0,05	3,65	0,02	0,03	0	0,02
Cl [kg/h]	74	41	115	92	23	89	3	4	85
FeCl ₃ [kg/h]		63							
p.e. [kg/h]		12							
O ₂ [kg/h]				596					
CH ₄ [m ³ /h]									
kWh(t) (+)									
kWh (-)									
kWh(e) (+)			35	372		135			
kWh (-)									

1) De nummers corresponderen met de nummers van figuur 13, blz.57

(t) = thermisch; (e) = elektrisch; (+) = toegevoegd; (-) = vrijgekomen.

Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking zonder ammoniakstrippen met vergisten (varkensmest)

processtroom nummer ¹⁾	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
medium	mest	mest	biogas	p.e.		fil- traat	mest- koek		spui- slib	per- meaat	brijn
flow [kg/h]	37000	36038		2500	38538	32166	6372	31288	830	23195	8093
H ₂ O [kg/h]	34040	34040		2495	36535	31565	4970	30901	664	23176	7725
d.s. [kg/h]	2960	1998		5	2003	601	1402	387	166	19	368
as [kg/h]	814	814		0	814	363	451	290	73	14	276
o.s. [kg/h]	2146	1184	962	5	1189	238	951	97	93	5	92
N _{tot} [kg/h]	266	266			266	160	106	8	16	0,4	7,6
N-Kj [kg/h]	266	266			266	160	106	8	16	0,4	7,6
N-NH ₄ [kg/h]	166	194			194	136	58	0	0	0	0
P ₂ O ₅ [kg/h]	188	188			188	28	160	11	17	0,8	10,2
K ₂ O [kg/h]	147	147			147	118	29	115	3	6	109
Cu [kg/h]	3,7	3,7			3,7	0,1	3,6	0,04	0,06	0	0,04
Cl [kg/h]	74	74			74	52	22	51	1	3	48
FeCl ₃ [kg/h]				0							
p.e. [kg/h]				5							
O ₂ [kg/h]						464					
CH ₃ OH [kg/h]						48					
CH ₄ [m ³ /h]			472								
kWh(t) (+)			910								
kWh (-)			4770								
kWh(e) (+)			40		30	290		134			

1) De nummers corresponderen met de nummers van figuur 13, blz. 57.

BIJLAGE 7 (ref.5.4,blz. 66)

Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking met ammoniakstrippen, zonder vergisten (varkensmest)

processtroom nummer ¹⁾	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
medium	mest	kalk- melk				p.e.		mest- koek	fil- traat				zwavel- zuur	ammonium- sulfaat		spui- slib	per- meaat	brijn
flow [kg/h]	37000	9010	46010	16083	29927	2000	18083	4326	13757	43684	43550	134			39648	3630	28974	10674
H ₂ O [kg/h]	34040	8109	42149	14153	27996	1996	16149	2682	13467	41463	41463				38559	2904	28919	9640
d.s. [kg/h]	2960	901	3861	1930	1931	4	1934	1644	290	2221	2087	134			1089	726	55	1034
as [kg/h]	814	901	1715	1158	557	0	1158	986	172	729	729				612	117	31	581
o.s. [kg/h]	2146	0	2146	772	1374	4	776	658	118	1492	1358	134			477	609	24	453
N _{tot} [kg/h]	266		266					53		213	79	134			18	46	1	17
N-Kj [kg/h]	266		266					53		213	79	134			18	46	1	17
N-NH ₄ [kg/h]	166		166					17		149	15	134			0	0	0	0
P ₂ O ₅ [kg/h]	188		188					170		18	18				16	2	0,3	15,7
K ₂ O [kg/h]	147		147					15		132	132				121	11	6	115
Cu [kg/h]	3,7		3,7					3,6		0,1	0,1				0,04	0,06	0	0,04
Cl [kg/h]	74		74					7		67	67				61	6	3	58
CaO [kg/h]	126	682	808					648		160	160				120	40	6	114
O ₂ [kg/h]											319							
CaO [kg/h]		682																
p.e. [kg/h]						3,8												
H ₂ SO ₄ [kg/h] (100%)													386					
H ₂ O [kg/h] (NH ₄) ₂ [kg/h] SO ₄ (45%)													635	1155				
CH ₄ [m ³ /h] kWh(t) (+) kWh (-) kWh(e) (+) (-)										1020								
											87	200			168			

1) De nummers corresponderen met de nummers van figuur 14, blz. 59.

Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking met ammoniakstrippen, met vergisten (varkensmest)

processtroom nummer ¹⁾	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
medium	mest	mest	bio- gas	kalk- melk				p.e.		mest- koek	fil- traat				zwavel- zuur	ammonium- sulfaat		spui- slib	per- meaat	brijn
flow [kg/h]	37000	36038		9010	45048	12083	32965	1450	13533	3250	10283	43248	43090	158			40854	2185	29926	10928
H ₂ O [kg/h]	34040	34040		8109	42149	10633	31516	1447	12080	2015	10065	41581	41581				39833	1748	29875	9958
d.s. [kg/h]	2960	1998		901	2899	1450	1449	3	1453	1235	218	1667	1509	158			1021	437	51	970
as [kg/h]	814	814		901	1715	870	845	0	870	714	156	1001	1001				801	200	40	761
o.s. [kg/h]	2146	1184	962	0	1184	580	604	3	583	521	62	666	508	158			220	237	11	209
Ntot [kg/h]	266	266			266					53		213	55	158			13	25	1	12
N-Kj [kg/h]	266	266			266					53		213	55	158			13	25	1	12
N-NH ₄ [kg/h]	166	194			194					19		175	17	158			0	0	0	0
P ₂ O ₅ [kg/h]	188	188			188					170		18	18				16	2	0,3	15,7
K ₂ O [kg/h]	147	147			147					15		132	132				125	7	6	119
Cu [kg/h]	3,7	3,7			3,7					3,6		0,1	0,1				0,04	0,06	0	0,04
Cl [kg/h]	74	74			74					7		67	67				64	3	3	61
CaO [kg/h]	126	126		682	808					648		160	160				120	40	6	114
O ₂ [kg/h]													55							
CaO [kg/h]				682*																
p.e. [kg/h]								2,9												
H ₂ SO ₄ [kg/h] (100%)															455					
H ₂ O [kg/h] (NH ₄) ₂ [kg/h] SO ₄ (45%)															749	1362				
CH ₄ [m ³ /h]			472																	
kWh(t) (+)			910									0								
kWh (-)			4770																	
kWh(e) (+)			40		45							87	35				173			

* ≡ 901 kg Ca (OH)₂

1) De nummers corresponderen met de nummers van figuur 14, blz. 59.

BIJLAGE 9 (ref. 9.2.1, blz. 110)

Uitgangspunten voor de berekeningen van kleinschalig vergisten

	Varkensdrijfmest	Runderdrijfmest
Jaarlijkse mesthoeveelheid	1500 m ³	1500 m ³
Organisch materiaal per m ³ mest	58 kg	60 kg
Biogaswinning per kg organisch materiaal	0,335 m ³	0,220 m ³
m ³ gas per m ³ mest	19,4	13,2
Methaangehalte biogas/ Methaangehalte aardgas	67/86	67/86
Jaarlijkse biogasproductie in aeq	22.706 m ³	15.426 m ³
Warmtevraag vergister als percentage van de jaarlijkse biogasproductie	20 %	25 %
Benuttingspercentage "restant" biogas	80 %	80 %
Jaarlijkse netto, nuttig te besteden, biogasopbrengst in aeq ¹⁾	14.500 m ³	9.250 m ³

1) afgerond op 250 m³

BIJLAGE 10 (ref.9.2.1, blz. 110)

Jaarlijkse kosten van kleinschalig vergisten

De jaarlijkse kosten zijn onder andere afhankelijk van de vereiste vergister-inhoud.

Tabel 10.1 Veronderstellingen ten aanzien van vergisterinhoud.

	varkensdrijfmest	runderdrijfmest
Jaarlijkse mestproduktie	1500 m ³	1500 m ³
Bezettingsgraad installatie	90 %	90 %
Verblijftijd mest	15 dg.	20 dg.
→ Vereiste vergisterinhoud	70 m ³	95 m ³

Uitgaande van de veronderstelling dat het bouwkundig deel van de investering 71% bedraagt voor de 70 m³ vergister en 72% voor de 95 m³ vergister [3] volgt het in tabel 7.2 geschetste beeld.

Tabel 10.2 Investeringskosten vergistinginstallatie

Vergisterinhoud (m ³)	Scenario	Totaal inv. bedrag (guldens)	Bouwkundig deel	Technisch deel
70	A	105.000,--	74.550,--	30.450,--
	B	75.000,--	53.280,--	21.750,--
95	A	115.000,--	82.800,--	32.200,--
	B	80.000,--	57.600,--	22.400,--

De installatie bestaat uit een vergistingstank (toebehoren) en een gaszak. De mestopslag is hierbij niet inbegrepen, omdat deze ook bij niet-vergisten verondersteld wordt aanwezig te zijn. Ook de ontzwavelinstallatie is niet inbegrepen.

Het bouwkundig deel van de biogasinstallatie zal afgeschreven worden in 20 jaar, het technisch deel in 8 jaar. Aan het technische deel van de investering wordt een bedrag van f 5.000,-- toegevoegd ten behoeve van een ontzwavelingsinstallatie. Deze wordt eveneens in 8 jaar afgeschreven.

De investeringskosten worden op jaarbasis teruggebracht via de annuïteitenmethode. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat het inflatietempo voor alle relevante effecten van mestvergisting identiek is, zodat voor de annuïteitenberekening een reëel percentage gehanteerd kan worden. Dat percentage is afgeleid van de rente op een hypothecaire lening van 8% en een inflatietempo van $3\frac{1}{2}\%$ per jaar, zodat een reëel rentepercentage van $4\frac{1}{2}\%$ resulteert.

De overige jaarlijkse kosten bestaan uit:

- arbeidskosten : de vergistingsinstallatie vergt arbeidskosten ten behoeve van begeleiding; die inzet wordt gewaardeerd tegen f 1.000,-- [3].
- onderhoudskosten : hierbij worden de percentages uit [3] aangehouden, teruggerekend naar de investeringsbedragen excl. BTW en excl. WIR.
: bouwkundig deel: 0,85%;
: technisch deel: 4,25%.
- bedrijfskosten : dit betreft de benodigde elektriciteit voor de biogasinstallatie. Deze worden op f 400,- geschat.
- verzekeringskosten : hiervoor wordt 1,5% van het investeringsbedrag gereserveerd.

Dit alles completeert het kostenbeeld van de biogaswinning, zodat nu een overzicht van de jaarlijkse kosten gegeven kan worden.

Tabel 10.3 Jaarlijkse kosten biogasinstallatie varkensdrijfmest.

	Scenario A		Scenario B	
	f/jr	f/m ³ aeq	f/jr	f/m ³ aeq
Annuïteit bouwkundig deel	5.740,--		4.100,--	
Annuïteit technisch deel	5.388,--		4.066,--	
Jaarlijkse investeringskosten	11.128,--	0,77	8.166,--	0,56
Scenario A Scenario B				
Arbeidskosten	1.000,--	1.000,--		
Onderhouds-				
kosten	2.140,--	1.590,--		
Bedrijfskosten	400,--	400,--		
Verzekerings-				
kosten	1.650,--	1.200,--		
Subtotaal overige jaarlijkse kosten	5.190,--	0,36	4.190,--	0,29
Totaal jaarlijkse kosten	16.318,--	1,13	12.356,--	0,85

Tabel 10.4 Jaarlijkse kosten biogasinstallatie runderdrijfmest.

	Scenario A		Scenario B	
	f/jr	f/m ³ aeq	f/jr	f/m ³ aeq
Annuïteit bouwkundig deel	6.376,--		4.435,--	
Annuïteit technisch deel	5.654,--		4.165,--	
Jaarlijkse investeringskosten	12.030,--	1,30	8.600,--	0,93
Scenario A Scenario B				
Arbeidskosten	1.000,--	1.000,--		
Onderhouds-				
kosten	2.284,--	1.654,--		
Bedrijfskosten	400,--	400,--		
Verzekerings-				
kosten	1.800,--	1.275,--		
Subtotaal overige jaarlijkse kosten	5.484,--	0,59	4.329,--	0,47
Totaal jaarlijkse kosten	17.514,--	1,89	12.929,--	1,40

BIJLAGE 11 (ref.9.2.1, blz. 110)

WIR-premies bij kleinschalig vergisten

De hoogte van de basispremie is 12,5%, die van de energietoeslag (ET) 10%, terwijl die van de kleinschaligheidstoeslag (KST) afhankelijk is van de totale jaarlijkse investeringen van de investeerder. Veronderstellende, dat er verder geen investeringen plaatsvinden, wordt de premie 5% bij scenario A en 5½% bij scenario B.

Omdat de premies over het gehele investeringsbedrag worden toegekend, zal hun terugrekening eveneens naar jaarbasis plaatsvinden met behulp van annuïteiten over een bouwkundig- en over een technisch deel.

Tabel 11.1 Jaarlijkse baten WIR-premies op annuïteitenbasis.

	Varkensdrijfmest				Runderdrijfmest			
	scenario A		scenario B		scenario A		scenario B	
	f/jr	f/m ³ aeq	f/jr	f/m ³ aeq	f/jr	f/m ³ aeq	f/jr	f/m ³ aeq
WIR-basis	1.391,--		1.021,--		1.504,--		1.075,--	
WIR-KST	556,--		408,--		602,--		430,--	
Subtotaal	1.947,--	0,13	1.429,--	0,10	2.106,--	0,23	1.505,--	0,16
WIR-ET	1.113,--	0,08	817,--	0,06	1.203,--	0,13	860,--	0,09
Totaal	3.060,--	0,21	2.246,--	0,16	3.309,--		2.365,--	0,26

BIJLAGE 12 (ref. 9.3.1, blz. 117)

Jaarlijkse kosten bij grootschalig vergisten.

Naar schatting zullen de investeringen¹⁾ voor dergelijke vergistingsinstallaties neerkomen op f 18.400.000,- (excl. WIR, excl. BTW). Dit bedrag is als volgt onder te verdelen:

- [illegible]

Voor onderhoudskosten worden jaarpercentages van het investeringsbedrag aangehouden, nl. 3,5% voor het technische gedeelte en 2,5% voor het bouwkundig deel. De personeelskosten en de algemene kosten worden respectievelijk op f 125.000,- en f 60.000,- geschat [11]. Het disconteringspercentage t.b.v. de annuïteitenberekening is, evenals bij kleinschalig vergisten, 4,5%.

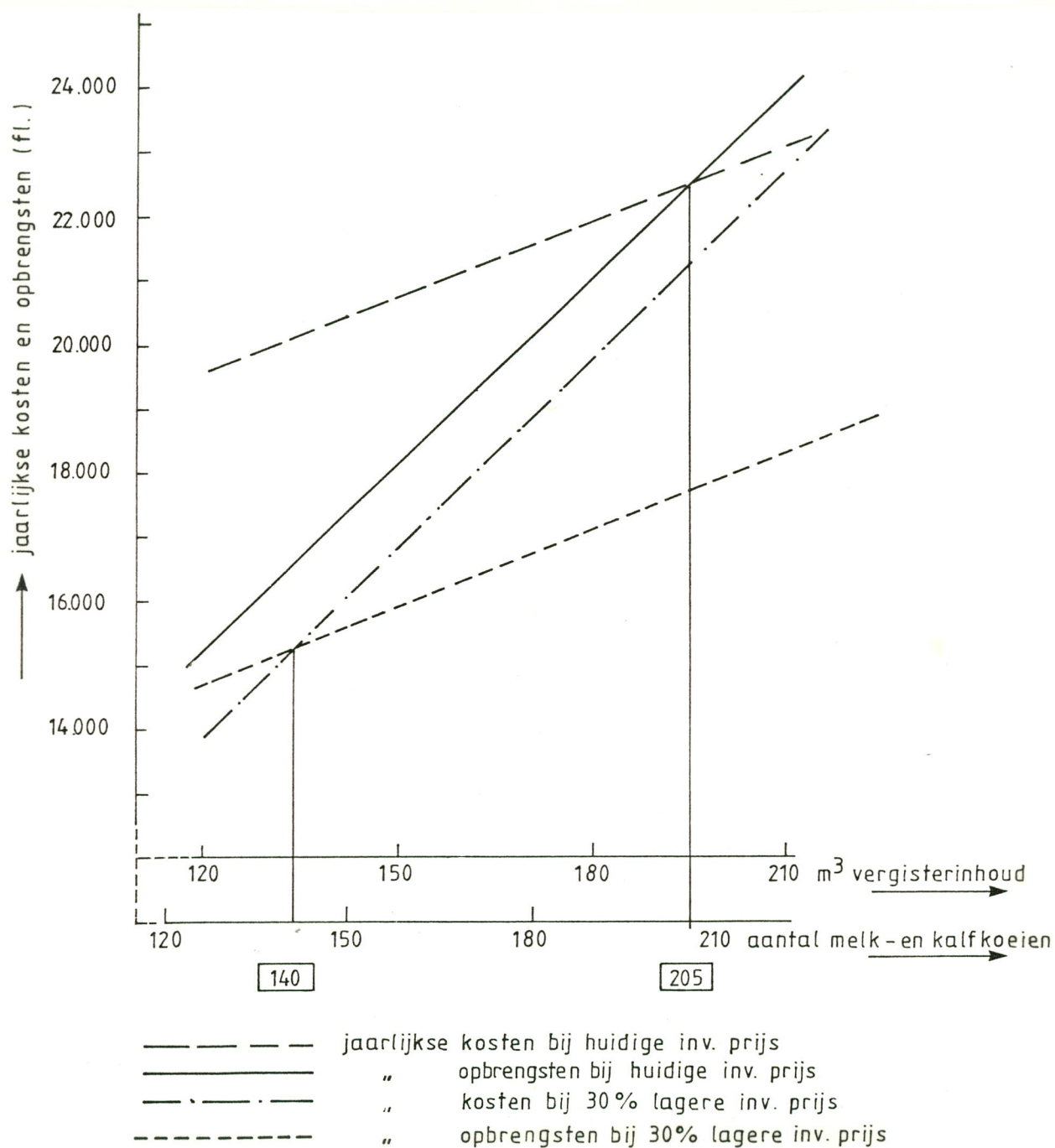
De kosten van biogasproductie per m³ aeq kunnen nu worden berekend.

Tabel 12.1 Jaarlijkse kosten biogasinstallatie varkensdrijfmest (centrale vergisting, 3 tanks à 4500 m³).

	f/jr.	f/m ³ aeq
Annuïteit bouwkundig deel:		
- afschrijvingstermijn 15 jaar,	225.000,-	
- " " 30 jaar,	580.000,-	
Annuïteit technisch deel:		
- afschrijvingstermijn 5 jaar,	295.000,-	
- " " 10 jaar,	655.000,-	
Jaarlijkse investeringskosten	1.755.000,-	0,59
Personeelskosten 125.000,-		
Onderhoudskosten 525.000,-		
Algemene kosten 60.000,-		
Subtotaal overige jaarlijkse kosten	710.000,-	0,24
Totaal jaarlijkse kosten	2.465.000,-	0,83

1) voor een specificatie hiervan, zie [11], blz. 37-40.

BIJLAGE 14 (ref.10.2.1, blz. 129)

Fig. 14.1 Kosten en opbrengsten van vergisten bij melkveebedrijven.

BIJLAGE 15 (ref. 10.2.2, blz. 131)

Uitgangspunten bij de berekeningen van de potentieelschattingen

1 Aantal bedrijven

De grenzen, aangegeven door het CBS, ten aanzien van bedrijfsgroottes vallen (uiteraard) niet samen met kritische bedrijfsgroottes. De kritische grootte valt altijd binnen een bepaalde, door het CBS aangegeven, bedrijfsgrootte-klasse. De verdeling van de van deze klasse bekende gegevens (aantal bedrijven, aantal dieren), in twee gedeelten, namelijk een deel kleiner dan - en een deel groter dan (of gelijk aan) de kritische bedrijfsgrootte moet dan geschat worden. Deze schatting wordt gepresenteerd in de navolgende tabel. De totale potentieelschatting wordt dan verkregen door sommatie van de hieruit resulterende aantallen (bedrijven en dieren) en de aantallen uit grotere bedrijfsklassen. In geval van samenwerkende bedrijven worden de potentiëlen die samenhangen met de individuele bedrijven hiervan afgetrokken, omdat dit als een aanvullende mogelijkheid boven individuele vergisting wordt gezien. Tevens wordt ten aanzien van samenwerking verondersteld dat de kritische bedrijfsgrootte voor bedrijven om deelt e nemen aan een vergistingsproces $1/3$ is van de gezamenlijke kritische bedrijfsgrootte.

Tabel 15.1 Detaillering potentieelschattingen

	INDIVIDUEEL								SAMENWERKEND							
	HUIDIGE INVESTERING				LAGE INVESTERING				HUIDIGE INVESTERING				LAGE INVESTERING			
	mest- varkens	melk- en kalkoeien	mest- varkens	melk- en kalkoeien	mest- varkens	melk- en kalkoeien	mest- varkens	melk- en kalkoeien	mest- varkens	melk- en kalkoeien	mest- varkens	melk- en kalkoeien	mest- varkens	melk- en kalkoeien	mest- varkens	melk- en kalkoeien
Kritische bedrijfsgrootte (1)	1230	200	830	140					550 (<1230)	105 (<200)	375 (<830)	70 (<140)				
CBS-klasse waarbinnen de kritische bedrijfsgrootte valt (2)	>1000	200-250	500-1000	100-150					500-1000	100-150	200-500	70-100				
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Aantal (bedrijven, dieren) in CBS-klasse volgens (2)	755	1164	96	21	2395	1613	2543	295	2395	1613	2543	295	5739	1826	7333	595
Schatting van het aantal (bedrijven, dieren) binnen deze klasse, kleiner dan de kritische bedrijfsgrootte (3)	265	284	-	-	1920	1178	2293	259	479	250	500	50	5039	1103	-	-
Schatting van het aantal (bedrijven, dieren) binnen deze klasse, groter dan de kritische bedrijfsgrootte (4)	490	880	96	21	475	435	250	36	1916	1363	2043	245	1700	723	7333	595
Aantal (bedrijven, dieren) groter dan de bovengrens van deze klasse ³⁾ (5)	-	-	45	14	755	1164	518	96	265	284	377	63	1920	1178	2293	261
Totaal potentieel (4)+(5)	490	880	141	35	1230	1599	768	132	2181	1647	2420	308	3620	1901	9626	856

1) aantal bedrijven

2) aantal dieren (x1000)

3) in geval van samenwerkende bedrijven worden de potentiëlen van de individuen bedrijven hiermee verrekend.

2. Biogasproduktie (netto)

Deze wordt berekend via de formule:

$$(\text{aantal mestvarkens} \times 14,5 \text{ m}^3) + (\text{aantal melk- en kalfkoeien} \times 92,5)$$

3. Investeringskosten

Deze wordt berekend door voor elke grootteklasse (zowel die van het CBS, als die ontstaan is via de afschatting in de tabel) de gemiddelde omvang te berekenen. Bij die gemiddelde omvang worden de investeringskosten bepaald (zie figuur 18, blz. 126). Deze worden vermenigvuldigd met het aantal bedrijven in die grootteklasse en vervolgens gesommeerd over de relevante grootteklasse.

4. Maatschappelijke winst

De berekeningswijze is analoog aan die van de investeringskosten. De maatschappelijke winst per bedrijf is:

Bij huidige investeringskosten:

Runderbedrijven	< 125	- 11085 + 49,79 x aantal runderen
Runderbedrijven	> 125	- 12043 + 58,24 x aantal runderen
Mestvarkensbedrijven	< 1300	- 9586 + 7,746 x aantal varkens
Mestvarkensbedrijven	> 1300	- 11085 + 8,999 x aantal varkens.

Bij 30% lagere investeringskosten:

Runderbedrijven	< 125	- 8415 + 59,76 x aantal runderen
Runderbedrijven	> 125	- 9083 + 65,56 x aantal runderen
Mestvarkensbedrijven	< 1300	- 7368 + 8,859 x aantal varkens
Mestvarkensbedrijven	> 1300	- 8415 + 9,734 x aantal varkens.

Bij gezamenlijke vergisting gaat daar bij melkveebedrijven (20 x aantal runderen) af; bij mestvarkensbedrijven (2,295 x aantal mestvarkens).

De kosten en baten zijn op dezelfde manier berekend als bij de evaluatie van de 100 GVE voorbeelden.

Tabel XIII. Effecten van mestvergisting

Deelgebied	Effectsoort	pos. of neg.	Nadere omschrijving, alleen v.w.b. het onderscheid vergiste-niet vergiste mest.
E N E R G I E	Gasopbrengst	+	Het vergistingsproces levert biogas op.
		+	Er is besparing op andere energiebronnen mogelijk dankzij vergisting.
	Continuïteit	+	Biogas maakt een boer enigszins onafhankelijk van openbare voorzieningen.
		-	Imperfecte zuivering van biogas geeft problemen bij gebruik.
		-	Levering van energie aan derden kan juridische en organisatorische problemen geven.
G R O N D S T O F F E N	Bemestingswaarde van grasland	+	Vergiste mest bevat stikstof, die sneller door het gras wordt opgenomen, waardoor in het beginstadium gras sneller groeit.
		+	Bij verdere verwerking van mest maakt het voor diverse processtappen verschil of vergiste danwel onvergiste mest wordt behandeld.
	Bemestingswaarde van bouwland	-	Vergisting breekt makkelijk verteerbare organische stoffen af. Dat kan de bemestingswaarde voor bouwland verminderen.
		+	Door CO ₂ uit biogas te winnen ontstaat een hoogwaardiger restgas
	CO ₂ -winning	+	Door vergisten neemt de fosfaatwerking van de mest op bouwland toe.
		+	Door vergisten neemt de fosfaatwerking van de mest op bouwland toe.
		-	Bij opslag verliest vergiste mest meer ammoniak dan onvergiste.
		-	Door verandering van de consistentie (dunner, lichter van kleur) <u>lijkt</u> vergiste mest minder waard dan onvergiste.
M I L I E U	Stank bij verspreiding	+	Vergiste mest heeft een minder irritante stank dan gewone mest; de geur verdwijnt ook sneller.
		+	Bovengenoemd argument geldt ook hier. De waardering ligt echter anders.
		+	Vergisten vergroot de rentabiliteit van grootschalige mestverwerking.
		-	Bij vergiste mest vervluchtigt stikstof sneller. Dit vormt een bijdrage aan zure regen.
	CO ₂ -probleem	+	Door besparing van fossiele brandstof komt minder CO ₂ in de kringloop.
		+	Door vergisten wordt de hoeveelheid werkzame ziektekiemen en onkruidzaden verminderd.
		-	Door mengen van mest uit meer bedrijven wordt risico verspreiding ziektekiemen vergroot.
		-	Door mengen van mest uit meer bedrijven wordt risico verspreiding ziektekiemen vergroot.
O V E R I G E	Investeringsactiviteit	+	De investeringsdaad wordt maatschappelijk als positief ervaren.
		-	Bij kleinschalig vergisten voor enkele kleine bedrijven tesamen is meer transport nodig dan bij niet-vergisten.
	Hanteerbaarheid	+	Vergiste mest is dunner en homogener dan onvergiste
		+	Door vergisten als eerste stap te kiezen bij mestverwerking zijn bij volgende processtappen mogelijk minder investeringen nodig.
		+/-	Er treedt een verschuiving van de werkgelegenheid van kunstmestproduktie naar verwerking van natuurlijke mest.
		+/-	De verbeterde maatschappelijke acceptatie van vergiste mest ten opzichte van onvergiste leidt tot verminderde kunstmestproduktie. Dit heeft positieve effecten op energie, milieu, grondstoffen, maar diverse negatieve effecten op de kunstmestindustrie.
		-	Mestvergisten is een bedrijfsvreemde activiteit.

voorbladen
+ voorbew.

voorgee

Tabel XII. Overzicht principiële "verwerkings"opties van mest in relatie tot de vraag "wel of niet vergisten".

	Overschotgebied		Tekortgebied	
	Optie	Onderzocht ten aanzien van wél of niet vergisten?	Optie	Onderzocht ten aanzien van wél of niet vergisten?
grootschalig verwerken/ vergisten	1a uitrijden in eigen gebied	<u>Nee</u> , want deze optie is om milieutechnische redenen niet aanvaardbaar.	2a uitrijden in eigen gebied	<u>Nee</u> . De transportkosten ten behoeve van grootschalig vergisten zijn zeer hoog.
	1b transporteren en uitrijden in tekortgebied	<u>Ja</u> . Reële optie, mede omdat transporteren toch plaats moet vinden.	2b transporteren en uitrijden in tekortgebied	<u>Nee</u> . Zinloze optie.
	1c verwerken	<u>Ja</u> . Reële optie.	2c verwerken	<u>Nee</u> . Zinloze optie; er is immers geen mestprobleem.
kleinschalig verwerken/ vergisten	3a uitrijden in eigen gebied	<u>Nee</u> , want deze optie is om milieutechnische redenen niet aanvaardbaar.	4a uitrijden in eigen gebied	<u>Ja</u> . Reële optie, zie
	3b transporteren en uitrijden in tekortgebied	<u>Ja</u> . Reële optie. Van deze optie is verondersteld, dat zij v.w.b. de vraag "wél of niet vergisten" gelijk is aan optie 4a.	4b transporteren en uitrijden in tekortgebied	<u>Nee</u> . Zinloze optie.
	3c verwerken	<u>Nee</u> ; een kleinschalige verwerkingseenheid wordt niet reëel geacht	4c verwerken	<u>Nee</u> . Zinloze optie zie optie 3c

Samenvattend wordt het uit tabel XII duidelijk, dat slechts vier opties in deze studie dienen te worden betrokken, nl.:

- 1b : Het wél of niet vergisten van mest bij grootschalig transporteren vanuit een overschotgebied naar een tekortgebied (9.4, blz. 125).
- 1c : Het wél of niet vergisten van mest bij grootschalige verwerking in een overschotgebied (9.3, blz. 117).
- 3b : Het wél of niet vergisten van mest bij kleinschalig transport uit een overschotgebied naar een tekortgebied (9.2, blz. 108).
- 4a : Het wél of niet vergisten van mest uit een tekortgebied alvorens de mest aldaar uit te rijden (9.2, blz. 108).

vowblad

Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking met ammoniakstrippen, zonder vergisten (varkensmest)

processtroom nummer ¹⁾	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
medium	mest	kalk- melk				p.e.		mest- koek	fil- traat				zwavel- zuur	ammonium- sulfaat		spui- slib	per- meaat	brijn
flow [kg/h]	37000	9010	46010	16083	29927	2000	18083	4326	13757	43684	43550	134			39648	3630	28974	10674
H ₂ O [kg/h]	34040	8109	42149	14153	27996	1996	16149	2682	13467	41463	41463				38559	2904	28919	9640
d.s. [kg/h]	2960	901	3861	1930	1931	4	1934	1644	290	2221	2087	134			1089	726	55	1034
as [kg/h]	814	901	1715	1158	557	0	1158	986	172	729	729				612	117	31	581
o.s. [kg/h]	2146	0	2146	772	1374	4	776	658	118	1492	1358	134			477	609	24	453
N _{tot} [kg/h]	266		266					53		213	79	134			18	46	1	17
N-Kj [kg/h]	266		266					53		213	79	134			18	46	1	17
N-NH ₄ [kg/h]	166		166					17		149	15	134			0	0	0	0
P ₂ O ₅ [kg/h]	188		188					170		18	18				16	2	0,3	15,7
K ₂ O [kg/h]	147		147					15		132	132				121	11	6	115
Cu [kg/h]	3,7		3,7					3,6		0,1	0,1				0,04	0,06	0	0,04
Cl [kg/h]	74		74					7		67	67				61	6	3	58
CaO [kg/h]	126	682	808					648		160	160				120	40	6	114
O ₂ [kg/h]											319							
CaO [kg/h]		682																
p.e. [kg/h]						3,8												
H ₂ SO ₄ [kg/h] (100%)													386					
H ₂ O [kg/h] (NH ₄) ₂ [kg/h] SO ₄ (45%)													635	1155				
CH ₄ [m ³ /h]																		
kWh(t) (+)										1020								
kWh (-)																		
kWh(e) (+)			45							87	200				168			
(-)																		

1) De nummers corresponderen met de nummers van figuur 14, blz. 59.

Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking met ammoniakstrippen, met vergisten (varkensmest)

processtroom nummer ¹⁾	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
medium	mest	mest	bio- gas	kalk- melk				p.e.		mest- koek	fil- traat				zwavel- zuur	ammonium- sulfaat		spui- slib	per- meaat	brijn
flow [kg/h]	37000	36038		9010	45048	12083	32965	1450	13533	3250	10283	43248	43090	158			40854	2185	29926	10928
H ₂ O [kg/h]	34040	34040		8109	42149	10633	31516	1447	12080	2015	10065	41581	41581				39833	1748	29875	9958
d.s. [kg/h]	2960	1998		901	2899	1450	1449	3	1453	1235	218	1667	1509	158			1021	437	51	970
as [kg/h]	814	814		901	1715	870	845	0	870	714	156	1001	1001				801	200	40	761
o.s. [kg/h]	2146	1184	962	0	1184	580	604	3	583	521	62	666	508	158			220	237	11	209
Ntot [kg/h]	266	266			266					53		213	55	158			13	25	1	12
N-Kj [kg/h]	266	266			266					53		213	55	158			13	25	1	12
N-NH ₄ [kg/h]	166	194			194					19		175	17	158			0	0	0	0
P ₂ O ₅ [kg/h]	188	188			188					170		18	18				16	2	0,3	15,7
K ₂ O [kg/h]	147	147			147					15		132	132				125	7	6	119
Cu [kg/h]	3,7	3,7			3,7					3,6		0,1	0,1				0,04	0,06	0	0,04
Cl [kg/h]	74	74			74					7		67	67				64	3	3	61
CaO [kg/h]	126	126		682	808					648		160	160				120	40	6	114
O ₂ [kg/h]													55							
CaO [kg/h]				682*																
p.e. [kg/h]								2,9												
H ₂ SO ₄ [kg/h] (100%)															455					
H ₂ O [kg/h]															749					
(NH ₄) ₂ [kg/h] SO ₄ (45%)																1362				
CH ₄ [m ³ /h]			472																	
kWh(t) (+)			910									0								
kWh (-)			4770																	
kWh(e) (+)			40		45							87	35				173			

* $\hat{=}$ 901 kg Ca (OH)₂

1) De nummers corresponderen met de nummers van figuur 14, blz. 59.

Tabel XIX. Maatschappelijke baten van mestvergisting.

	Varkensdrijfmest (1000 varkens)		Runderdrijfmest (100 melkkoeien)	
	guldens per m ³ aeq	guldens per jaar	guldens per m ³ aeq	guldens per jaar
Scenario A	- 0,13	- 1.885,--	- 0,63	- 5.828,--
Scenario B	+ 0,10	+ 1.450,--	- 0,25	- 2.313,--

9.3 Grootschalig vergisten van varkensdrijfmest in een overschotgebied

De effecten, die in deze paragraaf geëvalueerd worden, wijken af van die in de vorige. Het verschil in verwerkbaarheid tussen vergiste en onvergiste mest is nu wèl een te evalueren effect. Daartegenover staat dat de milieueffecten moeilijker te kwantificeren zijn. De evaluatie zal beperkt blijven tot vergisting van varkensdrijfmest, omdat de vereiste gegevens voor runderdrijfmest nog niet voorhanden zijn.

9.3.1 Energie en WIR-premie

a) Energie

De vereiste omvang van de vergister is 13.500 m³ (hoofdstuk 5); de verwerkingscapaciteit bedraagt 37 m³/uur.

Investeringskosten en "running costs" van de biogasinstallatie zijn afgeleid uit [11] en uit verdere gegevens, verstrekt door ir. J.A.A.J. van Aspert.

De jaarlijkse kosten tengevolge van de investeringen worden geschat op f 1.755.000,--; de overige jaarlijkse kosten op f 710.000,-- (zie bijlage 12). De uitgangspunten voor de berekening van de biogasproduktie zijn gelijk aan die van de evaluatie van kleinschalige vergisting, met dien verstande dat het benuttingspercentage nu op 100 wordt gesteld. De biogasproduktie per uur is dan 560 m³ aeq. Op jaarbasis is dat, uitgaande van een bezettingsgraad van 85%, 4.170.000 m³. Daarvan is 795.000 m³ nodig voor verwarming van de te vergisten mest, zodat het proces netto 3.375.000 m³ aeq oplevert.

licht (zie hoofdstuk 5). De resultaten zijn samengevat in tabel XX. In de onderste rij van deze tabel zijn de bedragen omgerekend in guldens per m^3 aeq, op basis van een netto productie van 450 m^3 aeq/uur.

Tabel XX. Het effect van vergisten ten opzichte¹⁾ van niet-vergisten op de hoeveelheid reststoffen na verwerking.

	Zonder ammoniakstrippen kg/uur, (f/uur)		Met ammoniakstrippen kg/uur, (f/uur)		
	Gedroogd produkt + brijnconcentraat	Gedroogd produkt zonder brijn	Gedroogd produkt + brijnconcentraat	Gedroogd produkt zonder brijn	NH ₄ - zout
Org. stof	- 931 (-27,90)	- 941 (-28,25)	- 753 (-22,60)	-509 (-15,25)	
N	- 36 (-57,60)	- 39 (-62,40)	- 26 (-41,60)	- 21 (-33,60)	24 (-)
P ₂ O ₅	0 (-)	- 4 (-5,60)	0 (-)	0 (-)	
K ₂ O	0 (-)	- 23 (-16,55)	0 (-)	- 4 (-2,90)	
Totaal:					
- f/uur	(-85,50)	(-112,80)	(-64,20)	(-51,75)	
- f/m ³ aeq	-0,19	-0,25	-0,14	-0,12	

Vooralsnog ziet het er niet naar uit dat het NH₄-zout nuttig kan worden gebruikt. Daarom wordt de waarde daarvan nihil verondersteld.

b) Verwerkbaarheid mest

Over de kosten van de verschillende verwerkingsstappen is vrij weinig bekend. Alleen ten aanzien van het scheidingsproces zijn financiële gegevens voorhanden.

Voor de diverse verwerkingsstappen wordt in deze studie verondersteld dat de kosten, met uitzondering van de energiekosten en de kosten van toevoeging van grondstoffen, identiek zijn in geval van wèl, resp. niet vergisten. In de praktijk zullen die verschillen waarschijnlijk marginaal zijn.

1) Als de stofstroom bij vergisten groter is, is het teken positief.

Tabel XXIII. Totaalbalans van kosten en baten van vergisting voor een centrale mestverwerkingsfabriek met een jaarlijkse verwerkingscapaciteit van $\pm 321.500 \text{ m}^3$ varkensdrijfmest.

Baten van mestvergisting fl/m ³ aeq					Kosten van mestvergisting fl/m ³ aeq				
	Geen ammoniak-strippen		Ammoniak strippen			Geen ammoniak-strippen		Ammoniak strippen	
	niet lozen brijn	wel lozen brijn	niet lozen brijn	wel lozen brijn		niet lozen brijn	wel lozen brijn	niet lozen brijn	wel lozen brijn
Gaswinning	0,56	0,56	0,56	0,56	Investeringskosten	0,52	0,52	0,52	0,52
WIR-basis	0,07	0,07	0,07	0,07					
WIR-ET	0,05	0,05	0,05	0,05	Overige jaarlijkse kosten	0,21	0,21	0,21	0,21
WIR-MT	0,08	0,08	0,08	0,08					
Vermindering benodigde toevoegingen	0,44	0,44	0,38	0,38	Vermindering bemestingswaarde	0,19	0,25	0,14	0,12
					Lozen brijn	0	p.m	0	p.m
Totale baten per m ³ aeq	1,20	1,20	1,14	1,14	Totale kosten per m ³ aeq	0,92	0,98	0,87	0,85

Dit resulteert, afgezien van de p.m. post, in een overzicht van baten van het vergisten en verder verwerken van varkensdrijfmest volgens tabel XXIV.

Indien ook nu weer rekening gehouden wordt met een mogelijke verlaging van de investeringskosten met 30%, dan ontstaat het in tabel XXVI geschetste beeld.

Tabel XXVI Kritische bedrijfsgrootten

	Aantal mestvarkens (20 kg en meer) (19,4 m ³ gas/m ³ mest)	Aantal melk- en kalkoeien (13,2 m ³ gas/m ³ mest)
Huidige investeringskosten	1230	200
Lage investeringskosten (30% gedaald)	830	140

10.2.2 Nationale betekenis kleinschalig vergisten

De tabellen XXVII en XXVIII geven de verdeling weer van het aantal bedrijven naar bedrijfsgrootte voor respectievelijk bedrijven met mestvarkens en bedrijven met melk- en kalkoeien.

Tabel XXVII Bedrijven naar aantal mestvarkens (20 kg en meer) per bedrijf in 1984

Grootte-klasse	Aantal bedrijven	Aantal mestvarkens (x 1000)
1- 20	5469	36
20- 50	2822	94
50- 100	3874	281
100- 200	5040	717
200- 500	5739	1826
500-1000	2395	1613
1000 en meer	755	1164
totaal	26094	5730

Tabel XXVIII Bedrijven naar aantal melk- en kalkoeien per bedrijf in 1984

Grootte-klasse	Aantal bedrijven	Aantal melk- en kalkoeien (x 1000)
1- 10	8427	28
10- 20	6984	103
20- 30	9604	238
30- 50	13789	545
50- 70	11035	648
70-100	7333	595
100-150	2543	295
150-200	377	63
200-250	96	21
250 en meer	45	14
totaal	60233	2549

Bron : Landbouwtelling CBS, mei 1984 (zie ook fig. 16 en 17).

9.2.4 Totaalbalans kleinschalige mestvergisting.Tabel XVII. Totaalbalans van kosten en baten voor een mestvarkensbedrijf met ± 1000 varkensplaatsen.

<u>Baten van mestvergisting</u> per m ³ aeq			<u>Kosten van mestvergisting</u> per m ³ aeq		
Omschrijving	Bedrag		Omschrijving	Bedrag	
	A ¹⁾	B		A	B
Bespaard aardgas	0,56	0,56	Investeringskosten	0,77	0,56
WIR-basis & WIR-KST (maatsch. waardering invest.aktiviteit)	0,13	0,10	Overige kosten van biogasinstal- latie	0,36	0,29
WIR-ET (maatsch. waarde- ring energiebesparing en -diversificatie)	0,08	0,06			
Hogere bemestingswaarde vergiste mest op grasland	0,05	0,05	Verminderde bemes- tingswaarde op bouwland	0,04	0,04
Vermindering stank bij uitrijden	0,25	0,25	Verhoging ammoniak- uitworp	0,06	0,06
Vermindering stank bij boerderij	0,03	0,03			
Totale baten per m ³ aeq	1,10	1,05	Totale kosten per m ³ aeq	1,23	0,95

- 1) Scenario A gaat uit van de huidige prijs van een biogasinstallatie;
Scenario B gaat uit van een verwachte prijsdaling van $\pm 30\%$.

Tabel XIX. Maatschappelijke baten van mestvergisting.

	Varkensdrijfmest (1000 varkens)		Runderdrijfmest (100 melkkoeien)	
	guldens per m ³ aeq	guldens per jaar	guldens per m ³ aeq	guldens per jaar
Scenario A	- 0,13	- 1.885,--	- 0,63	- 5.828,--
Scenario B	+ 0,10	+ 1.450,--	- 0,25	- 2.313,--

9.3 Grootschalig vergisten van varkensdrijfmest in een overschotgebied

De effecten, die in deze paragraaf geëvalueerd worden, wijken af van die in de vorige. Het verschil in verwerkbaarheid tussen vergiste en onvergiste mest is nu wèl een te evalueren effect. Daartegenover staat dat de milieueffecten moeilijker te kwantificeren zijn. De evaluatie zal beperkt blijven tot vergisting van varkensdrijfmest, omdat de vereiste gegevens voor runderdrijfmest nog niet voorhanden zijn.

9.3.1 Energie en WIR-premie

a) Energie

De vereiste omvang van de vergister is 13.500 m³ (hoofdstuk 5); de verwerkingscapaciteit bedraagt 37 m³/uur.

Investeringskosten en "running costs" van de biogasinstallatie zijn afgeleid uit [11] en uit verdere gegevens, verstrekt door ir. J.A.A.J. van Aspert.

De jaarlijkse kosten tengevolge van de investeringen worden geschat op f 1.755.000,--; de overige jaarlijkse kosten op f 710.000,-- (zie bijlage 12). De uitgangspunten voor de berekening van de biogasproduktie zijn gelijk aan die van de evaluatie van kleinschalige vergisting, met dien verstande dat het benuttingspercentage nu op 100 wordt gesteld. De biogasproduktie per uur is dan 560 m³ aeq. Op jaarbasis is dat, uitgaande van een bezettingsgraad van 85%, 4.170.000 m³. Daarvan is 795.000 m³ nodig voor verwarming van de te vergisten mest, zodat het proces netto 3.375.000 m³ aeq oplevert.

Uit hoofdstuk 5 blijkt, dat bij het scheiden bij processen met vergisten minder ijzerchloride en minder polyelektroliet toegevoegd wordt dan bij processen zonder vergisten. De volgende tabel, afgeleid uit de bijlagen 5 t/m 8, geeft die verschillen aan. Bij de berekening van de financiële gevolgen is uitgegaan van een prijs van f 0,30 per kg ijzerchloride (40%) en van f 10,- per kg polyelektroliet.

Tabel XXI. Het effect van vergisten ten opzichte van niet-vergisten, op de toevoeging van grondstoffen bij het scheidingsproces¹⁾.

	Zonder ammoniakstrippen		Met ammoniakstrippen	
	kg/m ³ mest	f/m ³ mest	kg/m ³ mest	f/m ³ mest
IJzerchloride	- 1,7	- 0,51	-	-
Polyelektroliet	- 0,19	- 1,90	- 0,03	- 0,30
Totaal: - f/m ³ mest		- 2,41		- 0,30
- f/uur		- 89,-		- 11,-

Het bedrag van f 2,41 prijsvoordeel bij scheiding van vergiste mest ten opzichte van niet-vergiste (zonder ammoniakstrippen) stemt goed overeen met de f 2,26 van blz. 40 uit [11], ontleend aan scheidingsproeven in het proefbedrijf Sterksel.

Verder vereist het proces met vergisten en zonder ammoniakstrippen toevoeging van methanol (zie 5.3.6, blz. 64) bij de biologische zuivering. Dat is 1,5 kg per 1000 kg influent. Het totale influent is 32,166 kg per uur. Dat houdt, uitgaande van een prijs van 600,-- per ton methanol, een kostenpost in van f 29,--per uur.

Voor het overige worden de toe te voegen grondstoffen bij verwerken van vergiste, resp. onvergiste mest gelijk verondersteld.

De energiekosten²⁾ verschillen echter ook bij verwerking van vergiste resp. niet-vergiste mest (tabel VIII, blz. 70).

1) Als de stofstroom bij vergisten groter is, is het teken positief.

2) Formeel zou dit aspect onder de vorige paragraaf moeten vallen. Om het onderwerp "Verwerkbaarheid mest" niet op te splitsen over diverse paragrafen, worden de energiekosten echter hier behandeld.

Tabel XXIX Totale maatschappelijke baten van mestvergisting.

Kleinschalig vergisten					Grootschalig vergisten bij verwerken ²⁾	Totaal
	Indivi- dueel	Samen- werking	Gemengde bedrij- ven ¹⁾	Totaal be- drijven kleinschalig	75 bedrijven van 20.000 gve	
Aantal mestvarkensbedrijven	500	2200	1350	4050	-	1907
Aantal melkveebedrijven	140	2400	1270	3810	-	
Investeringskosten (mln.gld.)	88	250	169	507	1400	
Hoeveelheid biogas (mln.m ³ aeq/jr)	16	50	33	99	250	
Maatschappelijke winst (mln.gld/jr)	3	5	4	12	67	
Aantal mestvarkensbedrijven	1200	3600	2400	7200	-	2795
Aantal melkveebedrijven	750	10000	5375	16125	-	
Investeringskosten (mln.gld.)	180	750	465	1395	1400	
Hoeveelheid biogas (mln. m ³ aeq/jr)	35	100	68	203	250	
Maatschappelijke winst (mln.gld/jr)	7	15	11	33	67	

1) Geschat door middel van 50% van beide voortgaande kolommen

2) Dit zijn gemiddelden.

Tabel 3.2 : Gegevens en resultaten mestverwerking Sterksel

Procesonderdeel	Fase van onderzoek	Resultaten van onderzoek	Evt. knelpunten	Opmerkingen
2) Vergister: Inhoud: 80 m ³ Hydraulische verblijftijd >40 dg.	toegepast op praktijk-schaal (in Sterksel geen onderzoeksdoel)	20 à 25 m ³ gas/m ³ mest (hoge gasproductie door lange verblijftijden)		Reeds uitvoering door anderen (LH, IMAG) onderzocht
3) Conditionering: Dose-ring FeCl ₃ (± 750 ppm) en vlokmiddel (pe, 200 ppm) + rijping	Beproefd op labschaal en praktijkschaal; operationeel op praktijkschaal	Zie ontwatering; Rijping erg belangrijk		
4) Zeefbandpersontwatering: max. cap. 2 m ³ /h	Operationeel op praktijkschaal	Droge stof koek 24-27% d.s. filtraat 1,5 à 2% lengte drainagezone erg belangrijk		Droge stof % koek kan met behulp van toevoegingen worden verbeterd.
5) Aerobe biologische zuivering Inhouds 42 m ³ Nitrificatie/denitrificatie, continu Hydraulische verblijftijd 10 à 15 dagen.	Proces op praktijkschaal toepasbaar. In combinatie met 0.0. slibbezinking nader onderzoeken	CZV-verw. rendement 84-92% N-verwijdering 92-96%	Slibbezinking te hoge slibbelasting indien geen slib recirculatie mogelijk is	slibafscheiding o.a. door middel van flotatie wordt bestudeerd
(6) Omgekeerde osmose (0.0.) capaciteit: 2,5 m ³ /dag	Installatie 2,5 m ³ /dag wordt binnenkort besteld	Onderzoek op kleine schaal (0,5 m ³ /dag) flux > 20 l/m ² h retentie ± 95%	Slibdeeltjes in voeding (membraanwerken)	
7) Indampen Voor aerobe zuivering (filtraat), (effluent en na aerobe zuivering	Indampen filtraat op labschaal; indampen effluent op lab- en semitechn. schaal-onderzocht	Condensaat van indamper effluent voldoet aan IMP-eisen* (COP en N)	Stankcomponenten aanwezig	Experimenten op proeffabriekschaal voor indampen filtraat gepland

* IMP = Indicatief Meerjarenplan

BIJLAGE 4 (ref. 5.3.2, blz. 60)

Tabel 4.1 : Samenstelling van dierlijke meststoffen in kg per 1000 kg mest

	ds	os	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Cl	SO ₃	volume gewicht	invloed op pH in kg CaO **)		produktie in kg *) per
												bw	grl.	
<u>Gier</u>														
Rundvee	26	10	4.0	0.2	8.0	0.1	0.2	1.0	4.0	2.0	1.032	- 3	- 2	4000
Varkens	20	5	6.5	0.9	4.5	0.6	0.2	1.0	4.0	1.8	1.010	- 7	- 6	900
<u>Dunne mest</u>														
Rundvee	95	60	4.4	1.8	5.5	2.1	1.0	1.0	3.0	1.8	1.040	- 1	0	10000
Mestvarkens	80	50	5.5	4.7	5.0	5.0	1.5	0.7	1.5	1.6	1.033	+ 1	+ 2	1600
Zeugen (onverdund)	60	40	3.9	3.7	3.9	0.8	1.3	0.7	1.5	1.0	-	- 2	- 2	-
Zeugen (verdund)	10	10	2.0	0.9	2.5	5.2	0.2	0.2	0.5	-	-	-	-	-
Vleeskalveren	20	15	3.0	1.3	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	3000
Kippen	140	90	9.2	8.0	5.0	13.7	1.5	1.0	2.0	2.0	-	+ 4	+ 6	80
<u>Vaste mest</u>														
Rundvee loopstal	240	160	5.5	2.5	6.0	3.0	1.0	1.0	2.0	0.8	0.700	0	+ 1	5500
Rundvee grupstal	215	140	5.5	3.8	3.5	4.0	1.5	1.0	2.0	0.6	0.900	0	+ 1	5000
Varkens	230	160	7.5	9.0	3.5	9.0	2.5	1.0	2.0	1.0	-	+ 2	+ 4	700
Kippen vochtige	322	230	12.5	18.7	9.0	23.5	2.5	2.0	3.5	4.0	-	+19	+21	40
Kippen droge	580	370	21.0	25.0	20.0	45.0	3.5	3.0	8.0	6.0	-	+21	+27	30
Kippen dieppit	530	240	14.3	36.1	19.2	67.0	4.0	3.5	8.7	10.0	-	+50	+53	20
Kippen strooiselmest	530	350	15.8	20.0	11.0	28.6	4.4	3.5	5.4	8.3	-	+11	+14	40
Slachtkuikens	580	460	26.0	24.0	21.5	20.5	6.0	4.0	5.5	9.0	0.465	- 1	+ 4	7
Kalkoenen	450	340	17.4	19.3	16.1	24.6	5.0	5.8	8.0	9.5	-	+ 8	+12	-
Paarden	310	250	5.0	3.0	5.6	3.1	1.8	-	-	-	0.700	-	-	-
Champignonmest	391	203	7.0	7.8	9.6	51.1	2.9	2.6	2.8	13.8	0.500	+41	+43	-
Nertsen	320	180	9.5	33.0	2.5	34.5	2.0	1.0	1.5	9.3	-	+ 9	+11	-

*) Rundvee 180 dagen, overige veesoorten 365 dagen.

Slachtkuikens bij 5,5 toom per jaar, mestkalveren 3 afleveringen per jaar.

**) Bij doelmatige aanwending in voorjaar. Bij herfstaanwending $\pm 0.2 \times \text{N-gehalte}$ meer negatief of minder positief.

Samengesteld februari 1983 door het CAD voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw, naar gegevens van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren.

BIJLAGE 5 (ref. 5.4, blz. 66)

Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking zonder ammoniak-strippen, zonder vergisten (varkensmest)

processtroom nummer ¹⁾	1	3	4	5	6	7	8	9	10
medium	mest	p.e./ FeCl ₃			mest- koek		spui- slib	per- meaat	brijn
flow [kg/h]	37000	6155	43155	33039	10116	31913	1040	23716	8197
H ₂ O [kg/h]	34040	6080	40120	32432	7688	31600	832	23700	7900
d.s. [kg/h]	2960	75	3035	607	2428	313	208	16	297
as [kg/h]	814	63	877	263	614	226	37	11	215
o.s. [kg/h]	2146	12	2158	344	1814	87	171	5	82
N _{tot} [kg/h]	266		266	120	146	5	15	0,2	4,8
N-Kj [kg/h]	266		266	120	146	5	15	0,2	4,8
N-NH ₄ [kg/h]	166		166	100	66	0	0	0	0
P ₂ O ₅ [kg/h]	188		188	18	170	7	11	0,1	6,9
K ₂ O [kg/h]	147		147	95	52	92	3	5	87
Cu [kg/h]	3,7		3,7	0,05	3,65	0,02	0,03	0	0,02
Cl [kg/h]	74	41	115	92	23	89	3	4	85
FeCl ₃ [kg/h]		63							
p.e. [kg/h]		12							
O ₂ [kg/h]				596					
CH ₄ [m ³ /h]									
kWh(t) (+)									
kWh (-)									
kWh(e) (+)			35	372		135			
kWh (-)									

1) De nummers corresponderen met de nummers van figuur 13, blz.57

(t) = thermisch; (e) = elektrisch; (+) = toegevoegd; (-) = vrijgekomen.

Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking zonder ammoniakstrippen met vergisten (varkensmest)

processtroom nummer ¹⁾	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
medium	mest	mest	biogas	p.e.		fil- traat	mest- koek		spui- slib	per- meaat	brijn
flow [kg/h]	37000	36038		2500	38538	32166	6372	31288	830	23195	8093
H ₂ O [kg/h]	34040	34040		2495	36535	31565	4970	30901	664	23176	7725
d.s. [kg/h]	2960	1998		5	2003	601	1402	387	166	19	368
as [kg/h]	814	814		0	814	363	451	290	73	14	276
o.s. [kg/h]	2146	1184	962	5	1189	238	951	97	93	5	92
N _{tot} [kg/h]	266	266			266	160	106	8	16	0,4	7,6
N-Kj [kg/h]	266	266			266	160	106	8	16	0,4	7,6
N-NH ₄ [kg/h]	166	194			194	136	58	0	0	0	0
P ₂ O ₅ [kg/h]	188	188			188	28	160	11	17	0,8	10,2
K ₂ O [kg/h]	147	147			147	118	29	115	3	6	109
Cu [kg/h]	3,7	3,7			3,7	0,1	3,6	0,04	0,06	0	0,04
Cl [kg/h]	74	74			74	52	22	51	1	3	48
FeCl ₃ [kg/h]				0							
p.e. [kg/h]				5							
O ₂ [kg/h]						464					
CH ₃ OH [kg/h]						48					
CH ₄ [m ³ /h]			472								
kWh(t) (+)			910								
kWh (-)			4770								
kWh(e) (+)			40		30	290		134			

1) De nummers corresponderen met de nummers van figuur 13, blz. 57.

BIJLAGE 7 (ref.5.4,blz. 66)

Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking met ammoniakstrippen, zonder vergisten (varkensmest)

processtroom nummer ¹⁾	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
medium	mest	kalk- melk				p.e.		mest- koek	fil- traat				zwavel- zuur	ammonium- sulfaat		spui- slib	per- meaat	brijn
flow [kg/h]	37000	9010	46010	16083	29927	2000	18083	4326	13757	43684	43550	134			39648	3630	28974	10674
H ₂ O [kg/h]	34040	8109	42149	14153	27996	1996	16149	2682	13467	41463	41463				38559	2904	28919	9640
d.s. [kg/h]	2960	901	3861	1930	1931	4	1934	1644	290	2221	2087	134			1089	726	55	1034
as [kg/h]	814	901	1715	1158	557	0	1158	986	172	729	729				612	117	31	581
o.s. [kg/h]	2146	0	2146	772	1374	4	776	658	118	1492	1358	134			477	609	24	453
Ntot [kg/h]	266		266					53		213	79	134			18	46	1	17
N-Kj [kg/h]	266		266					53		213	79	134			18	46	1	17
N-NH ₄ [kg/h]	166		166					17		149	15	134			0	0	0	0
P ₂ O ₅ [kg/h]	188		188					170		18	18				16	2	0,3	15,7
K ₂ O [kg/h]	147		147					15		132	132				121	11	6	115
Cu [kg/h]	3,7		3,7					3,6		0,1	0,1				0,04	0,06	0	0,04
Cl [kg/h]	74		74					7		67	67				61	6	3	58
CaO [kg/h]	126	682	808					648		160	160				120	40	6	114
O ₂ [kg/h]											319							
CaO [kg/h]		682																
p.e. [kg/h]						3,8												
H ₂ SO ₄ [kg/h] (100%)													386					
H ₂ O [kg/h] (NH ₄) ₂ [kg/h] SO ₄ (45%)													635	1155				
CH ₄ [m ³ /h]																		
kWh(t) (+)										1020								
kWh (-)																		
kWh(e) (+)			45							87	200					168		
(-)																		

1) De nummers corresponderen met de nummers van figuur 14, blz. 59.

Materiaalbalans met betrekking tot mestverwerking met ammoniakstrippen, met vergisten (varkensmest)

processtroom nummer ¹⁾	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
medium	mest	mest	bio- gas	kalk- melk				p.e.		mest- koek	fil- traat				zwavel- zuur	ammonium- sulfaat		spui- slib	per- meaat	brijn
flow [kg/h]	37000	36038		9010	45048	12083	32965	1450	13533	3250	10283	43248	43090	158			40854	2185	29926	10928
H ₂ O [kg/h]	34040	34040		8109	42149	10633	31516	1447	12080	2015	10065	41581	41581				39833	1748	29875	9958
d.s. [kg/h]	2960	1998		901	2899	1450	1449	3	1453	1235	218	1667	1509	158			1021	437	51	970
as [kg/h]	814	814		901	1715	870	845	0	870	714	156	1001	1001				801	200	40	761
o.s. [kg/h]	2146	1184	962	0	1184	580	604	3	583	521	62	666	508	158			220	237	11	209
N _{tot} [kg/h]	266	266			266					53		213	55	158			13	25	1	12
N-Kj [kg/h]	266	266			266					53		213	55	158			13	25	1	12
N-NH ₄ [kg/h]	166	194			194					19		175	17	158			0	0	0	0
P ₂ O ₅ [kg/h]	188	188			188					170		18	18				16	2	0,3	15,7
K ₂ O [kg/h]	147	147			147					15		132	132				125	7	6	119
Cu [kg/h]	3,7	3,7			3,7					3,6		0,1	0,1				0,04	0,06	0	0,04
Cl [kg/h]	74	74			74					7		67	67				64	3	3	61
CaO [kg/h]	126	126		682	808					648		160	160				120	40	6	114
O ₂ [kg/h]													55							
CaO [kg/h]				682*																
p.e. [kg/h]								2,9												
H ₂ SO ₄ [kg/h] (100%)															455					
H ₂ O [kg/h] (NH ₄) ₂ [kg/h] SO ₄ (45%)															749	1362				
CH ₄ [m ³ /h]			472																	
kWh(t) (+)			910									0								
kWh (-)			4770																	
kWh(e) (+)			40		45							87	35				173			

* $\hat{=}$ 901 kg Ca (OH)₂

1) De nummers corresponderen met de nummers van figuur 14, blz. 59.

BIJLAGE 11 (ref.9.2.1, blz. 110)

WIR-premies bij kleinschalig vergisten

De hoogte van de basispremie is 12,5%, die van de energietoeslag (ET) 10%, terwijl die van de kleinschaligheidstoelag (KST) afhankelijk is van de totale jaarlijkse investeringen van de investeerder. Veronderstellende, dat er verder geen investeringen plaatsvinden, wordt de premie 5% bij scenario A en 5½% bij scenario B.

Omdat de premies over het gehele investeringsbedrag worden toegekend, zal hun terugrekening eveneens naar jaarbasis plaatsvinden met behulp van annuïteiten over een bouwkundig- en over een technisch deel.

Tabel 11.1 Jaarlijkse baten WIR-premies op annuïteitenbasis.

	Varkensdrijfmest				Runderdrijfmest			
	scenario A		scenario B		scenario A		scenario B	
	f/jr	f/m ³ aeq	f/jr	f/m ³ aeq	f/jr	f/m ³ aeq	f/jr	f/m ³ aeq
WIR-basis	1.391,--		1.021,--		1.504,--		1.075,--	
WIR-KST	556,--		408,--		602,--		430,--	
Subtotaal	1.947,--	0,13	1.429,--	0,10	2.106,--	0,23	1.505,--	0,16
WIR-ET	1.113,--	0,08	817,--	0,06	1.203,--	0,13	860,--	0,09
Totaal	3.060,--	0,21	2.246,--	0,16	3.309,--		2.365,--	0,26

b) Stank bij de boerderij

Bij runderdrijfmest speelt dit punt geen rol van betekenis. Onvergiste runderdrijfmest krijgt bij opslag nl. een korst, die stankverminderend werkt.

Varkensdrijfmest krijgt die korst echter niet. Afdekking van de onvergiste mest is dan ook noodzakelijk. De goedkoopste manier is met behulp van polystyreenplaten. Door vergisten kan deze aanschaf dus worden vermeden (hoewel de ammoniakemissie dan wel iets toeneemt). Deze platen kosten ongeveer f 10,-- per m² en worden afgeschreven in 10 jaar [46]. Hierbij wordt verondersteld, dat de afdekkingsomvang 350 m² is. Op jaarbasis kost dit f 442,--. Per m³ aeq kost dit voor varkensdrijfmest dus f 0,03.

Zowel bij onvergiste als bij vergiste mest is overigens een eenvoudige overkapping tegen inregenen gewenst.

c) Vervluchtiging stikstof bij uitrijden

De ammoniakuitworp is evenredig met de ammoniakconcentratie in de mest [40]. Uit tabel XVI, blz. 111, blijkt dat het ammoniakgehalte (N-NH₄) bij vergisting van varkensdrijfmest met 17% toeneemt en bij vergisting van runderdrijfmest met 8%.

Om te komen tot een reductie van 17% van de uitstoot wordt in deze studie verondersteld dat, bij varkensdrijfmest, injecteren van 19%¹⁾ van de vergiste mest noodzakelijk is. Voor runderdrijfmest is dat percentage 9%. Terugrekening naar m³ aeq geeft dit uiteindelijk een bedrag van f 0,06 voor varkensdrijfmest en een bedrag van f 0,04 voor runderdrijfmest.

1) injecteren beperkt de NH₃ concentratie boven het te bemesten perceel tot ± 10% [49].

9.2.4 Totaalbalans kleinschalige mestvergisting.Tabel XVII. Totaalbalans van kosten en baten voor een mestvarkensbedrijf met ± 1000 varkensplaatsen.

<u>Baten</u> van mestvergisting per m ³ aeq			<u>Kosten</u> van mestvergisting per m ³ aeq		
Omschrijving	Bedrag		Omschrijving	Bedrag	
	A ¹⁾	B		A	B
Bespaard aardgas	0,56	0,56	Investeringskosten	0,77	0,56
WIR-basis & WIR-KST (maatsch. waardering invest.aktiviteit)	0,13	0,10	Overige kosten van biogasinstal- latie	0,36	0,29
WIR-ET (maatsch. waarde- ring energiebesparing en -diversificatie)	0,08	0,06			
Hogere bemestingswaarde vergiste mest op grasland	0,05	0,05	Verminderde bemes- tingswaarde op bouwland	0,04	0,04
Vermindering stank bij uitrijden	0,25	0,25	Verhoging ammoniak- uitworp	0,06	0,06
Vermindering stank bij boerderij	0,03	0,03			
Totale baten per m ³ aeq	1,10	1,05	Totale kosten per m ³ aeq	1,23	0,95

- 1) Scenario A gaat uit van de huidige prijs van een biogasinstallatie;
Scenario B gaat uit van een verwachte prijsdaling van $\pm 30\%$.

Tabel XVIII. Totaalbalans van kosten en baten voor een melkveebedrijf met ± 100 melkkoeien.

<u>Baten</u> van mestvergisting per m ³ aeq			<u>Kosten</u> van mestvergisting per m ³ aeq		
Omschrijving	Bedrag		Omschrijving	Bedrag	
	A	B		A	B
Bespaard aardgas	0,56	0,56	Investeringskosten	1,30	0,93
WIR-basis & WIR-KST (maatsch. waardering ring invest.aktiviteit)	0,23	0,16	Overige kosten van biogasinstal- latie	0,59	0,47
WIR-ET (maatsch. waarde energiebesparing en -diversificatie)	0,13	0,09			
Hogere bemestingswaarde vergiste mest op grasland	0,02	0,02	Verminderde bemes- tingswaarde op bouwland	0,03	0,03
Vermindering stank bij uitrijden	0,39	0,39	Verhoging ammoniak- uitworp	0,04	0,04
Vermindering stank bij boerderij	-	-			
Totale baten per m ³ aeq	1,33	1,22	Totale kosten per m ³ aeq	1,96	1,47

Uit de tabellen XVII en XVIII kan uiteindelijk tabel XIX worden afgeleid, die de maatschappelijke winsten c.q. verliezen laat zien voor de voorbeeld-bedrijven, zowel in m³ aeq als in een totaalbedrag per jaar.

Tabel 2.1. : Informatie over de mestverwerking Helmond.

Procesonderdeel	Resultaat	Ondervonden knelpunten	Opmerking
(2) <u>Vergisting</u> 2 fasen vergister van MBB* proefreactor 4 m ³ Twee compartimenten in één reactor	bruto specifieke gasproductie 0,3-0,4 m ³ CH ₄ /kg organische stof toegevoegd Biogas: 75-82% CH ₄ Verblijftijd: 1 ^e fase 1-1½ dag (verzuring) 2 ^e fase 12½-13 dagen (vergisting)		de bruto specifieke gasproductie in ongeveer gelijk aan die van conventionele (mesofiele) mestvergistingsinstallatie
(3) gesloten opslag vergiste mest	dichte opslag heeft positief effect op de conditionering/ontwatering		
(4a t/m c) <u>conditionering</u> uitsluitend gewerkt met poly-elektroliet	prijs p.e. f 7/kg; per m ³ mest f 0,40 à f 0,90 p.e. verbruik 57-128 g/m ³		
(5) <u>Scheidingsopties</u> flotatie-indikker (6) vakuüm-filter (7) decanteercentrifuge (8) slibcompactor	ds**koek 12-16% ds koek 33-35% filteraids beproefd - bierborstel - houtzaagsel - vezelfractie papierindustrie toevoeging ongeveer 20% op de droge stof	d.s.gehalte te laag beschikbaarheid van geschikte, goedkope filteraids geeft toch nog relatief hoge kosten	is vervallen
(9) <u>drogen</u> van koek wervelbeddroger met warmterecuperatie via warmtepomp	goed strooibaar droog produkt		-op zeer kleine schaal gedemonstreerd met verkleinde centrifugekoek -nog geen aandacht besteed aan afgasbehandeling
(10 a en b) <u>vloeistofzuivering</u> met behulp van MTC*** membranen ultrafiltraziet omgekeerde osmose	nog onvoldoende		onderzoek voorlopig stopgezet

* MBB = Messerschmitt-Bölkow-Blohm

** ds = droge stofgehalte

*** MTC = Membrane Technology Consultants, Leverancier van membranen.

Tabel XXIX Totale maatschappelijke baten van mestvergisting.

	Kleinschalig vergisten				Grootschalig vergisten bij verwerken ²⁾	
	Individueel	Samenwerking	Gemengde bedrijven ¹⁾	Totaal bedrijven kleinschalig	75 bedrijven van 20.000 gve	Totaal
Aantal mestvarkensbedrijven	500	2200	1350	4050	-	
Aantal melkveebedrijven	140	2400	1270	3810	-	
Investeringskosten (mln.gld.)	88	250	169	507	1400	1907
Hoeveelheid biogas (mln.m ³ aeq/jr)	16	50	33	99	250	349
Maatschappelijke winst (mln.gld/jr)	3	5	4	12	67	79
Aantal mestvarkensbedrijven	1200	3600	2400	7200	-	
Aantal melkveebedrijven	750	10000	5375	16125	-	
Investeringskosten (mln.gld.)	180	750	465	1395	1400	2795
Hoeveelheid biogas (mln. m ³ aeq/jr)	35	100	68	203	250	453
Maatschappelijke winst (mln.gld/jr)	7	15	11	33	67	100

1) Geschat door middel van 50% van beide voortgaande kolommen

2) Dit zijn gemiddelden.

10-1-10
10-1-10

10-1-10

10-1-10

10-1-10

10-1-10

10-1-10

10-1-10

10-1-10

10-1-10

