

ECOFYS

Ecofys bv
P.O. Box 8408
NL-3503 RK Utrecht
Kanaalweg 16-G
NL-3526 KL Utrecht
The Netherlands
www.ecofys.nl

tel +31 (0)30 280 83 00
fax +31 (0)30 280 83 01
e-mail info@ecofys.nl

MESTVERGISTING OP BOERDERIJSCHAAL IN BESTAANDE OPSLAGSYSTEMEN



Drs. M.J.A. Tijmensen (Ecofys)
Dr. Ir. R.C.A. van den Broek (Ecofys)
Ir. R. Wasser (Ecofys)
Ir. A. Kool (CLM)
Dr. Ir. R.M. de Mol (IMAG)
Dr. M.A. Hilhorst (IMAG)



februari 2002

In opdracht van NOVEM, ROB programma.
Projectnummer: 373002-0230

COLOFON

Projectnummer: 373002-0230

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het programma Reductie Overige Broeikasgassen (ROB).

Beheer en coördinatie van het ROB-programma berusten bij:

NOVEM B.V.

Nederlandse onderneming voor energie en milieu B.V.

Catharijnesingel 59

3511 GG UTRECHT

Postbus 8242

3503 RE UTRECHT

Novem geeft geen garantie voor de juistheid en/of volledigheid van gegevens, ontwerpen, constructies, producten of productiemethoden voorkomende of beschreven in dit rapport, noch voor de geschiktheid daarvan voor enige bijzondere toepassing.

Aan deze publicatie kunnen geen rechten worden ontleend.

Overname en publicatie van informatie uit dit rapport is toegestaan, op voorwaarde van bronvermelding.

Het onderzoek is uitgevoerd door:

naam contractant: Ecofys BV

adres: Kanaalweg 16 G

postbus: Postbus 8408

postcode/woonplaats: 3503 RK Utrecht

telefoon: 030 280 83 00

contactpersoon: Dr. Ir. R.C.A. van den Broek

auteurs: Drs. M.J.A. Tijmens (Ecofys)

Dr. Ir. R.C.A. van den Broek (Ecofys)

Ir. R. Wasser (Ecofys)

Ir. A. Kool (CLM)

Ir. R. de Mol (IMAG)

Dr. M.A. Hilhorst (IMAG)

datum rapportage: Januari 2002

Exemplaren van dit rapport zijn schriftelijk aan te vragen en tegen betaling verkrijgbaar bij Novem Publicatiecentrum, Postbus 1305, 7301 BN APELDOORN, fax (055) 534 38 64,

E-mail publicatiecentrum@novem.nl

SAMENVATTING

In het kader van het Reductieplan Overige Broeikasgassen heeft het consortium van Ecofys, CLM en IMAG een onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid van het ombouwen van bestaande mestopslagen tot mestvergister. Deze optie is vergeleken met het bouwen van een nieuwe vergister. De verschillende opslagsystemen zijn beoordeeld op technische haalbaarheid, bedrijfseconomische consequenties, broeikasgasemissies en de inpasbaarheid van het vergistingssysteem in de bedrijfsvoering.

Er is gekeken naar mest van melkveebedrijven, van vleesvarkensbedrijven, zeugenbedrijven en van gesloten varkensbedrijven. Dit dekt meer dan 80% van de huidige mest gerelateerde methaan emissies in de veehouderij. De beschouwde opslagsystemen zijn de kelder, de silo en het combinatiesysteem met zowel een kelder als een silo. Dit dekt meer dan 90% van de totale mestopslagcapaciteit in Nederland. Voor alle combinaties van deze 4 diersoorten en de 3 opslagsystemen is zowel ombouw van de bestaande mestopslag als realisatie van een nieuwe vergister bekeken.

Bij vergisting van mest onder gecontroleerde procescondities kan biogas geproduceerd worden. Dit methaanrijke biogas kan in een gasmotor worden omgezet in elektriciteit en warmte, welke op het bedrijf gebruikt kunnen worden. Overschot aan elektriciteit kan teruggeleverd worden aan het net als duurzaam opgewekte elektriciteit.

Van de beschouwde opslagsystemen (kelder, silo, of een combinatie van kelder en silo) is de silo technisch het meest geschikt voor ombouw tot vergister. Vergisting in de kelder is relatief duur, voornamelijk vanwege de grote afmetingen ervan. Ook praktisch zijn er de nodige nadelen, zoals het gevaar voor de dieren en het werken in de kelder tijdens de bouw van de vergister.

Koude vergisting is economisch niet rendabel onder de huidige omstandigheden. Verwarming van de mest tot 20°C, zonder isolatie, is energetisch, en hierdoor ook economisch, niet rendabel. Mesofiele vergisting is een betere optie. Benutting van het biogas in een WKK blijkt financieel gunstiger te zijn dan alleen warmteopwekking in een warmwaterketel.

De investeringskosten bij kleine bedrijfsomvang, oftewel bij een kleine hoeveelheid te vergisten mest, zijn lager voor de optie ombouw dan voor nieuwbouw. Bij

grotere bedrijfsomvang is nieuwbouw goedkoper. Dit komt voornamelijk doordat de afmetingen van de bestaande opslagen niet optimaal zijn voor vergisting. Bij de ombouw zorgt dit voor hoge kosten voor voornamelijk isolatie, gasafdekking en menging. Op grote schaal uit zich dit effect het sterkst. De omslagpunten waar nieuwbouw goedkoper wordt dan ombouw liggen bij een silo-systeem ongeveer bij 70 melkkoeien, 1600 vleesvarkens, 400 zeugen en in geval van gesloten bedrijven bij 1100 vleesvarkens. Voor het combinatiesysteem geldt dat zowel bij kleine als bij grote bedrijfsomvang ombouw goedkoper is. Dit komt voornamelijk doordat de silo qua afmetingen redelijk overeenstemt met de optimale afmetingen van een vergister. Voor alle systemen geldt dat de investeringen per dier lager worden bij toenemende bedrijfsgrootte.

Wanneer een bestaande mest silo niet als vergister wordt gebruikt, reduceert het integreren van de bestaande mestopslag in het vergistingsproces, als na-opslag voor de uitgegiste mest, de investeringskosten voor een nieuw te bouwen vergistingsinstallatie. Bij een bedrijf met alleen een silo kan alle na-opslag in de bestaande silo plaatsvinden. Bij het combinatiesysteem is additionele na-opslag naast de bestaande silo (bijv. in de vorm van een mestzak) meestal noodzakelijk. Het gebruik van een kelder voor na-opslag lijkt economisch niet voordelig.

Een terugverdientijd van 7 jaar wordt (ten opzichte van de levensduur van 15 jaar) vaak als rendabel beschouwd door veehouders. Dit komt neer op een interne rentevoet van 11.5%. Kostendekkend wordt in deze studie gedefinieerd als hebbende een interne rentevoet van 4.5%, voldoende om de rente van een lening uit een groenfonds te dekken.

Om een vergistingsinstallatie van alleen mest rendabel te bedrijven is een relatief grote bedrijfsomvang vereist. In tabel S1 staat voor de verschillende bedrijfsvormen de minimale bedrijfsomvang weergegeven waarbij rendabele of kostendekkende bedrijfsvoering van een vergistingsinstallatie van alleen mest mogelijk is. In Tabel S.1 is bij alle combinaties van diersoorten en opslagsystemen de economisch optimale keuze tussen nieuwbouw en ombouw gemaakt.

Tabel S.1: minimale bedrijfsomvang voor de verschillende systemen voor het rendabel respectievelijk kostendekkend bedrijven van een vergistingsinstallatie van alleen mest, met keuze voor om- of nieuwbouw

Bedrijfssoort	Mestopslagsysteem	Minimale omvang (aantal dieren)		Ombouw/nieuwbouw
		Rendabel ¹	Kostendekkend ¹	
Melkvee	Kelder	>400	300	Nieuwbouw
Melkvee	Combi	>400	200	Ombouw
Melkvee	Silo	250	140	Nieuwbouw
Vleesvarkens	Kelder	3400	2000 ³	Nieuwbouw
Vleesvarkens	Combi	2400	1500	Ombouw
Vleesvarkens	Silo	2100	1500 ⁴	Nieuwbouw
Zeugen	Kelder	>1000	800	Nieuwbouw
Zeugen	Combi	>1000	> 1000	Ombouw
Zeugen	Silo	>1000	650	Nieuwbouw
Gesloten	Kelder	2900 ²	2100 ⁵	Nieuwbouw
Gesloten	Combi	2000 ²	1150	Ombouw
Gesloten	Silo	1600 ²	1100	Nieuwbouw

¹ Rendabel is gedefinieerd als hebbende een terugverdientijd van 7 jaar, kostendekkend als 11 jaar

² Aantal vleesvarkens; voor elke 15 vleesvarkens zijn er 2 zeugen op het gesloten bedrijf.

³ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 3250 vleesvarkens en kostendekkend vanaf 1250 vleesvarkens.

⁴ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 1800 vleesvarkens en kostendekkend vanaf 1250 vleesvarkens.

⁵ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 2100 vleesvarkens (en bijbehorend 280 zeugen) en kostendekkend vanaf 1250 vleesvarkens.

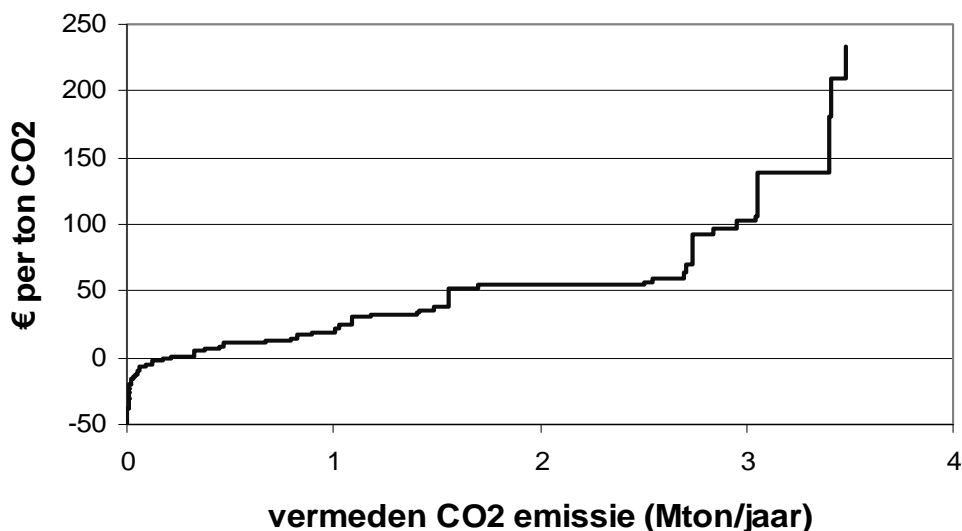
Een vergister (zonder co-vergisting) blijkt voor de melkveehouderij op maximaal 124 bedrijven rendabel te kunnen zijn. Voor de vleesvarkenshouderij geldt dit ook op maximaal 124 bedrijven, voor de zeugenhoudery op maximaal 434 bedrijven en voor de gesloten varkenshouderij op maximaal 662 bedrijven.

De minimale bedrijfsomvang waarbij vergisting rendabel is sterk afhankelijk van de gekozen uitgangspunten. De terugverdientijd is het meest gevoelig voor de variatie in de gasopbrengst. Dit komt omdat de inkomsten (van elektriciteit en warmte) direct afhankelijk zijn van de hoeveelheid biogas die geproduceerd wordt. Gasopbrengst is echter een parameter die in de praktijk redelijk nauwkeurig is te voorspellen. Hiernaast is de terugverdientijd gevoelig voor de hoogte van de investeringskosten. De terugverdientijd is vaak relatief ongevoelig voor de grootte van de warmtevraag, doordat met name in de varkenshouderij de warmtevraag groter is dan de door de WKK netto geproduceerde warmte.

Uit de ketenanalyse van broeikasgasemissies (volgens de TEWI methodiek) blijkt dat bij varkensbedrijven de vermeden emissie aanzienlijk groter is dan bij melkveehouderijen. Verder blijken kelders hogere methaan emissies te hebben dan combi systemen. Silo's hebben de laagste emissie. De vermeden broeikasgasemissies bij de verschillende systemen variëren van 32 kg CO₂-eq./m³

stalmest voor melkkoeien met silo opslag (waarvan 94% uit verdringing van fossiele brandstoffen) tot aan 141 kg CO_{2-eq.}/m³ voor vleesvarkens met kelderopslag systemen (waarvan 35% uit verdringing van fossiele brandstoffen). Broeikasgasemissies veroorzaakt door materiaal gebruik voor de constructie van de vergistingsinstallatie blijken verwaarloosbaar.

Ieder systeem, bepaald door zijn diersoort, type opslagsysteem en bedrijfsgrootte, heeft zijn eigen potentieel voor CO₂ emissie met bijbehorende inkomsten of kosten per ton gereduceerde emissie. In figuur S.1 zijn deze systemen van economisch meest rendabel naar minst rendabel worden geordend. Het totale technisch potentieel van broeikasgas emissiereductie door mestvergisting is 3.5 Mton CO₂-equivalenten per jaar (zie Figuur S.1). Hiervan kan 1.8 Mton in de varkenshouderij gereduceerd worden en 1.7 Mton in de melkveehouderij. Kostendekkend of met winst kan 0.2 Mton gereduceerd worden, waarvan meer dan 90% in de varkenshouderij. Tegen betaling van € 10 per ton CO₂-equivalent kan er 0.3 Mton extra gereduceerd worden.



Figuur S.1: kosten voor mogelijk te reduceren tonnen CO₂-equivalent per jaar, geaggregeerd voor alle rundvee en varkenshouderijen in Nederland

Door co-vergisting van organische producten is het mogelijk om de biogasopbrengst te verhogen. Dit kan de economische rentabiliteit van deze projecten sterk verbeteren. Co-vergisting is in deze studie slechts summier bekeken. De hoeveelheid beschikbaar co-fermetaat in Nederland ligt in de orde grootte van 4 Mton per jaar. Indien deze hoeveelheid volledig zou worden ingezet voor covergisting met mest in kleinschalige systemen, is er in totaal een kostendekkende of winstgevende broeikasgasemissie reductie mogelijk van ongeveer 2.8 Mton CO₂-equivalent.

De verwachte inkrimping van de veestapel zal leiden tot een verkleining van het totale broeikasgas emissiereductie potentieel. De verdeling van de bedrijfsgrootten

zal waarschijnlijk een verschuiving naar de grotere bedrijven gaan vertonen. Dit zal er voor zorgen dat het gedeelte van het broeikasgas emissiereductie potentieel dat kostenloos te reduceren is, zal toenemen.

Mestvergisting leidt tot een betere benutting van de nutriënten bij gebruik van mest op het land, terwijl de functie van grondverbeteraar behouden blijft. Hierdoor zou het gebruik van kunstmest verminderd kunnen worden. Tevens zullen er zich minder pathogenen en onkruidzaden in de vergiste mest bevinden en de stank zal gereduceerd worden.

De ruimte welke een veehouder beschikbaar heeft voor het doen van investeringen kan een belangrijke beperkende factor zijn voor de implementatie van vergisting. Vooral in de varkenshouderij is de investeringsruimte beperkt. Indien de investeringsruimte te beperkt is voor een eigen investering in een vergister kan een lease constructie of externe financiering door een energiebedrijf een goed alternatief zijn.

Samenvattend kan er geconcludeerd worden dat ombouw van de bestaande mestopslagsystemen alleen aantrekkelijk is indien er zowel een kelder als een silo aanwezig zijn (combinatiesysteem). In alle andere gevallen is het gunstiger om voor een nieuwe vergister te kiezen, waarbij de bestaande opslag eventueel als na-opslag voor de uitgegiste mest kan worden gebruikt. Rendabele vergisting van mest (zonder co-vergisting) is slechts op een beperkt aantal bedrijven mogelijk. Door het co-vergisten van organisch materiaal is rendabele vergisting op een substantieel deel van de Nederlandse veehouderijen mogelijk.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Aanleiding tot deze studie	1
1.3	Doelstelling	2
1.4	Werkwijze	2
2	VERGISTING: ENERGIE UIT BIOGAS.....	4
2.1	Het vergistingsproces	4
2.2	Ervaringen met vergisting	4
2.3	De vergistingsinstallatie	5
3	BEDRIJFSSITUATIE: DIERSOORT EN MESTOPSLAGSISTEEM	7
3.1	Diersoorten	7
3.2	Bestaande mestopslagsystemen	8
3.2.1	Inventarisatie	8
3.2.2	Eigenschappen van de diverse opslagsystemen	9
3.2.2.1	Kelder	10
3.2.2.2	Silo	11
3.2.2.3	Combinatiesysteem (kelder met silo)	11
3.2.2.4	Mestzak/foliebassin	12
3.2.2.5	Potstal	12
3.2.3	Selectie mestopslagsystemen	13
3.3	Staltypen	15
3.4	Na-opslag	16
4	INPASBAARHEID IN DE BEDRIJFSVOERING ...	19
4.1	Houding t.o.v. vergisting	19
4.2	Investeringsruimte	20
4.3	Opbrengsten	22
4.3.1	Benutting electriciteit en warmte	22
4.3.2	Mesthoeveelheid	23
4.3.3	Co-vergisting	24

4.4	Gebouwen en erf	24
4.4.1	Vergunningen	24
4.4.2	Ruimte	26
4.4.3	Tijdelijke overlast	26
4.5	Arbeid	27
4.5.1	Arbeid voor meststromen	27
4.5.2	Arbeid voor controle	27
4.5.3	Totale arbeidsbehoefte	28
4.5.4	Arbeid voor covergisting	28
4.5.5	Inhoud van de benodigde arbeid	28
4.5.6	Inpasbaarheid van extra arbeid op veehouderijbedrijven	28
4.6	Mestkwaliteit	29
4.6.1	Beschikbaarheid van nutriënten	30
4.6.2	Bodemverbeteraar	32
4.6.3	Homogene en constante samenstelling	32
4.6.4	Lagere geuremissie	32
4.6.5	Afdoding onkruidzaden en pathogenen	32
4.6.6	Afzet van vergiste mest	33
4.7	Samenvattend overzicht	33

5 KETENANALYSE BROEIKASGAS EMISSIES 35

5.1	Inleiding	35
5.2	Algemene beschouwing van broeikasgasemissies in de mestketen	35
5.2.1	De productiefase (PF)	35
5.2.2	De gebruiksfase (GF)	36
5.2.3	De afvalfase (AF)	38
5.3	Overzicht kwantitatieve invulling van de TEWI analyse	38

6 ECONOMISCHE ANALYSE 41

6.1	Modelbeschrijving	41
6.1.1	Biogasopbrengsten	42
6.1.2	Vergistingstemperatuur	42
6.2	Inputdata in het model	42
6.2.1	Investeringskosten	42
6.2.2	Warmte- en elektriciteitproductie	46
6.2.3	Warmte- en elektriciteitsvraag	46
6.2.4	Financiering	47
6.3	Verdeling bedrijfsgrootte	48
6.4	Resultaten economische analyse	51
6.5	Gevoeligheidsanalyse	54
6.6	Conclusies ombouw/nieuwbouw	55

BIJLAGE 3: BENUTTING VAN DE MESTOPSLAG.. 86

BIJLAGE 4: VERGISTINGSTEMPERATUUR 90

Mesofiele vergisting	90
Koude vergisting	91
Vergisting op 20°C, zonder isolatie	92

BIJLAGE 5: ONDERDELEN VAN DE BIOGASINSTALLATIE EN HUN SCHAALFACTOREN 93

BIJLAGE 6: EXTRA VOORZIENINGEN NA-OPSLAG VERGISTE MEST 94

BIJLAGE 7: DATA ENERGIEBEHOEFTE..... 95

BIJLAGE 8: BENUTTING EIA EN VAMIL 99

BIJLAGE 9: KOSTEN MOGELIJK TE REDUCEREN TONNEN CO2 PER SYSTEEM 100

BIJLAGE 10: KOSTEN MOGELIJK TE REDUCEREN TONNEN CO2 PER SYSTEEM, CO-VERGISTING 103

1 INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

Nederland heeft als doelstelling om 6% reductie van de uitstoot van broeikasgassen te bewerkstelligen, over de periode 2008-2012 ten opzichte van 1990. Deze broeikasgassen zijn, zoals vastgelegd in het Kyoto protocol, CO₂, methaan, lachgas, en drie fluorverbindingen waaronder SF₆. Het ROB (Reductie Overige Broeikasgassen) programma is opgesteld om het reductiebeleid van de 5 niet-CO₂ broeikasgassen te ondersteunen. Volgens de huidige inzichten moet het mogelijk zijn om de broeikasgasemissies met 15 Mton CO₂-equivalenten per jaar te reduceren in de periode 2008-2012 (van de in totaal geplande 50 Mton/jr in deze periode) door emissiereductie van de niet-CO₂ broeikasgassen.

1.2 AANLEIDING TOT DEZE STUDIE

Het aandeel van de landbouw in de totale emissie van broeikasgassen in Nederland bedraagt zo'n 12% (Bergen en Biewinga, 1992). Van de uitstoot van de verschillende broeikasgassen draagt de veehouderij relatief het grootste aandeel bij aan de methaanemissie, namelijk zo'n 40%.

Vergisting is een biologisch proces waarbij uit organisch materiaal (zoals dierlijke mest of reststromen zoals bermgras) biogas wordt geproduceerd. Dit biogas kan worden gebruikt voor de opwekking van warmte en elektriciteit in een gasmotor. Hierdoor wordt CO₂ uitstoot door de opwekking van niet-duurzame energie vermeden. Indien er mest wordt vergist op een veehouderijbedrijf is er tevens de mogelijkheid de uitstoot van het broeikasgas methaan te verminderen, evenals de stankemissie, welke vrijkomen bij de productie, opslag en gebruik van mest.

Mestvergisting heeft in Nederland al sinds geruime tijd belangstelling. Onderzoek en praktijkexperimenten zijn tot op heden omgezet in slechts enkele draaiende vergistingsinstallaties. In Duitsland en Denemarken wordt de vergistingstechniek, mede door andere economische en infrastructurele omstandigheden, op beduidend grotere schaal toegepast. De voornaamste reden van het uitblijven van grootschalige implementatie van mestvergisting op boerderijschaal in Nederland is de hoge investeringskosten van een vergistingsinstallatie in verhouding tot de relatief lage inkomsten. Door bestaande mestopslagsystemen om te bouwen tot een vergistingsinstallatie zou het mogelijk kunnen zijn dat de investeringskosten gereduceerd worden, hetgeen de drempel voor investeren zal verlagen en de economische haalbaarheid kan verbeteren.

In dit kader heeft Novem het consortium van Ecofys, IMAG en CLM de opdracht gegeven een onderzoek uit te voeren naar mestvergisting in bestaande opslagsystemen

1.3 DOELSTELLING

Het centrale doel van het project is het bepalen van de haalbaarheid van mestvergisting op boerderijschaal in bestaande opslagsystemen. Hierbij wordt gekeken naar:

- de technische haalbaarheid: m.n. de geschiktheid van diverse opslagsystemen voor ombouw tot mestvergister en de aansluiting van diverse stalsystemen of opslagsystemen op het vergistingsproces;
- de gevolgen van technische vergistingsopties op de broeikasgas emissies;
- de bedrijfseconomische consequenties;
- de inpasbaarheid van het vergistingsstelsel op (meerdere) bedrijfstypen.

De resultaten van ombouw van de bestaande mestopslag worden vergeleken met het bouwen van een nieuwe mestvergister in de vorm van een silo. Op basis hiervan wordt een selectie gemaakt onder welke omstandigheden ombouw dan wel nieuwbouw het gunstigst zijn. Uitgaande van deze selectie wordt voor heel Nederland een inschatting gemaakt van:

- het potentieel van mestvergisting op boerderijschaal waarbij, indien mogelijk, gebruik wordt gemaakt van de bestaande mestopslagsystemen;
- de te behalen broeikasgas emissiereductie en de hieraan verbonden kosten.

Omdat vergisting van mest aantrekkelijker zou kunnen worden door co-vergisting van reststromen, wordt er kort ingegaan op de economische haalbaarheid en het broeikasgas reductiepotentieel er hiervan.

1.4 WERKWIJZE

Het onderzoek is uitgevoerd in 7 deelstappen. Allereerst is er een inventarisatie gemaakt van de in Nederland aanwezige mestopslagsystemen. Verschillende kansrijke systemen zijn technisch uitgewerkt. Deze systemen zijn onderzocht op hun inpasbaarheid in de bedrijfsvoering en de economische haalbaarheid (met als referentie geheel nieuw te bouwen vergisters). Van de onderzochte systemen zijn de huidige broeikasgasemissies en de emissies bij gebruik van een vergister bepaald. Tenslotte is het potentieel van mestvergisting in Nederland, met gebruikmaking van bestaande opslagsystemen, bepaald.

Hoofdstuk 2 geeft een algemene beschrijving van anaërobe vergisting. In hoofdstuk 3 wordt een inventarisatie van de bestaande mestopslagsystemen gemaakt, en worden de te onderzoeken systemen gedefinieerd. Hoofdstuk 4 beschrijft de inpasbaarheid van vergisting op veehouderijen. In hoofdstuk 5 wordt beschreven wat de effecten van vergisting op de broeikasgasemissies zijn. De resultaten van de economische analyse worden gepresenteerd in hoofdstuk 6, de potentiële emissiereductie met bijbehorende

kosten in hoofdstuk 7. Dezelfde exercitie als in hoofdstuk 7 is uitgevoerd voor co-vergisting (hoofdstuk 8). In hoofdstuk 9 worden de voornaamste discussie punten aan de orde gesteld en in hoofdstuk 10 en 11 worden de conclusies en aanbevelingen die uit het onderzoek naar voren zijn gekomen beschreven.

2 VERGISTING: ENERGIE UIT BIOGAS

2.1 HET VERGISTINGSPROCES

Vergisten is het anaëroob afbreken van organisch materiaal door bacteriën. Hierbij ontstaat biogas, een gasmengsel dat voor 60-65% bestaat uit methaan, voor 40-35% uit CO₂. Het bevat verder een kleine fractie H₂S en NH₃ en een verzadigde hoeveelheid water. Biogas kan omgezet worden in warmte en elektriciteit in een gasmotor, of in enkel warmte in een warmwaterketel. Vergisting kan op verschillende temperaturen plaatsvinden (Buiter et al., 1999):

- psychrofiel (koude vergisting bij temperaturen <25°C; de verblijftijd van de mest in de vergister is meer dan 100 dagen)
- mesofiel (25-45°C, 15-40 dagen verblijftijd)
- thermofiel (45-65°C, 10-20 dagen verblijftijd)

Op boerderijschaal wordt mesofiele vergisting nu het meest toegepast. Groot nadeel van psychrofiële of koude vergisting is de lage gasopbrengst. Onder de 25°C zal de gasopbrengst snel afnemen, doordat de activiteit en vooral de groei van de bacteriën temperatuursafhankelijk is. Als de temperatuur van het vergistingproces onder de 15°C ligt, is de gasopbrengst minder dan 30% van de maximale opbrengst (Hoeksema et al., 1987). Bij koude vergisting wordt meestal niet geïsoleerd en weinig of niet verwarmd. Investeringskosten zijn dus relatief laag.

Thermofiele vergisting van mest wordt in Nederland toegepast bij enkele projecten die in opstart en/of ontwikkeling zijn. Regeltechnisch is thermofiele vergisting ingewikkelder dan mesofiele vergisting. Met name het risico van verzuring van de vergister is groter door de hogere temperatuur (Nijssen et al., 1997). Bij een te hoge zuurgraad valt het vergistingsproces stil. Omdat thermofiele vergisting voor kleinschalige toepassing, op boerderijschaal, niet erg voor de hand liggend lijkt, zal dit niet verder worden onderzocht.

2.2 ERVARINGEN MET VERGISTING

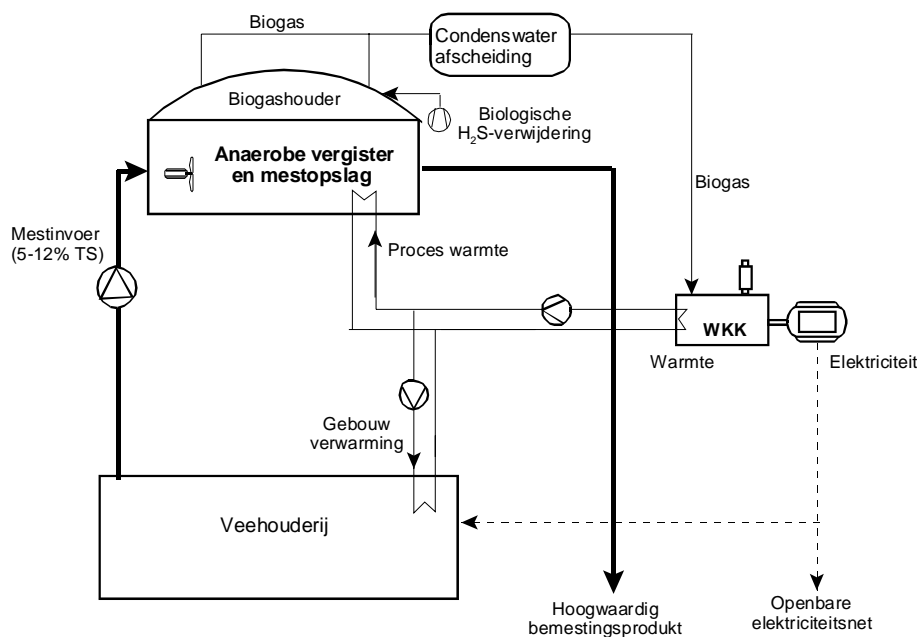
In Nederland is sinds eind jaren '70 en begin jaren '80 uitgebreid onderzoek gedaan naar vergisting. In die tijd zijn een dertigtal vergisters in Nederland gebouwd. Door technisch falen en slecht economisch rendement was dat aantal in 1990 al gehalveerd. Het technisch falen werd voornamelijk veroorzaakt door een nog onvoldoende ontwikkeld procédé, wat veel stilstand veroorzaakte.

Het slechte economische rendement was een gevolg van tegenvallende opbrengsten doordat de mesttoevoer niet optimaal verliep en de techniek zich nog in een

experimentele fase bevond. Verder drukten hoge investeringskosten en dalende energieprijzen sterk op het rendement (PR, 2001). In het buitenland, vooral in Duitsland en Denemarken, is de implementatie van vergisting wel succesvol geweest. Oorzaken hiervoor zijn te vinden in een andere energieinfrastructuur (minder vertakt aardgasnet), gemakkelijkere afzetmogelijkheden van de mest en verschillen in wetgeving¹ en teruglevertarieven voor (duurzaam opgewekte) elektriciteit. In Denemarken wordt mestvergisting vooral centraal toegepast, in Duitsland vooral op boerderijniveau (Van Lent, 2001). In beide landen wordt naast mest vaak een ander organisch materiaal toegevoegd. De ontwikkelingen in deze landen hebben bijgedragen tot een hernieuwde interesse in vergisting in Nederland, wat reeds geresulteerd heeft in een langzame introductie van vergisters. Op boerderijschaal is er een mestvergistingsinstallatie operationeel op proefbedrijf Nije Bosma Zathe (melkvee), in aanbouw op het proefbedrijf voor de varkenshouderij in Sterksel en in voorbereiding op proefbedrijf De Marke (melkvee).

2.3 DE VERGISTINGSINSTALLATIE

Een vergistingsinstallatie kan opgedeeld worden in drie functionele delen: de productie van biogas, de benutting van biogas en de voor- en na-opslag van mest. In Figuur 1 wordt een mesofiele vergistingsinstallatie schematisch weergegeven.



Figuur 1: Een schematische weergave van vergisting op boerderijschaal (Bijman, 2001)

¹ In Duitsland bijvoorbeeld is het niet verplicht de uitgediste mest af te dekken. Ook is er verschil in regelgeving m.b.t. de afzet van uitgediste mest.

Het biogas wordt geproduceerd in de anaërobe vergister en benut in de WKK. Eventueel kan de WKK vervangen worden door een warmwaterketel. In geval van koude vergisting gaat er geen warmte naar de vergister. Voor- en na-opslag van de mest zal in de meeste gevallen in een aparte opslag gebeuren. In bijlage 1 wordt een gedetailleerde beschrijving gegeven van de gehele biogasinstallatie.

3 **BEDRIJFSSITUATIE: DIERSOORT EN MESTOPSLAGSYSTEEM**

3.1 DIERSOORTEN

Zoals blijkt uit Tabel 1, hebben rundvee en varkens veruit het grootste aandeel in de methaanemissie uit mest.

Tabel 1: relatieve omvang van de methaan emissies uit mest voor de verschillende diersoorten

	<i>Jaarlijkse mestproductie (miljoenen tonnen)¹</i>	<i>Aandeel in methaan emissie uit mest²</i>	<i>Voor vergisting beschikbare mest (10⁶ ton)</i>
Rundvee	52.2 ³	43%	35.6 ⁴
Varkens	14.7	43%	14.7 ¹
Kippen	2.0	max. 14%	0.6 ^{1,5}

¹ bron: CBS, 1999

² bron: PR, 1998

³ inclusief vleesstieren

⁴ uitgaande van 60% mest in de stal tijdens de weideperiode april t/m september (van der Hoek, 2000)

⁵ alleen de dunne kippenmest

Van de gehele kippenmestproductie is slechts een klein deel natte mest, welke geschikt is voor vergisting. Voor de droge kippenmest lijkt verbranding of vergassing een betere optie gezien het hogere energetisch rendement (Michels et al, 2000). Vanuit het gezichtspunt van nutriëntenkringloop wordt vergisting wel aanbevolen voor deze mestsoort. Kippenmest heeft een zeer klein aandeel in de totale methaanemissie uit mest. Omdat reductie van overige broeikasgassen de voornaamste insteek is in deze studie, laten we kippenmest verder buiten beschouwing.

Binnen de rundveehouderij is de melkveehouderij de meest voorkomende tak, 37% van de rundveestapel bestaat uit melkvee (LEI-DLO en CBS, 1997). Het melkvee produceert veruit de meeste mest van alle rundvee, zowel per dier als totaal (>75% van de totale mestproductie (CBS, 1999)). Van het overige rundvee (jongvee, vleeskalveren, vlees-, weide- en zoogkoeien en vleesstieren) is het jongvee ook op melkveehouderijen ondergebracht. De focus in dit onderzoek qua rundveehouderij zal daarom liggen op de melkveehouderij. Binnen de varkenshouderij kunnen we de vleesvarkens- en zeugenhouderij onderscheiden. Daarnaast zijn er de zgn. gesloten bedrijven die beide diersoorten hebben. Deze bedrijven heten gesloten omdat ze hun eigen biggen opmesten tot vleesvarkens.

Het onderzoek zal zich wat betreft diersoorten richten op 4 soorten bedrijven:

1. melkveehouderijen
2. vleesvarkenshouderijen
3. zeugenhouderijen
4. gesloten varkensbedrijven

3.2 BESTAANDE MESTOPSLAGSYSTEMEN

3.2.1 INVENTARISATIE

De verschillende opslagsystemen voor mest en hun totale mestopslagcapaciteit in Nederland zijn weergegeven in Tabel 2. De waarden in Tabel 2 dateren uit 1992. Verschillende experts geven aan dat er geen grote veranderingen in de verhoudingen tussen de verschillende opslagsystemen zullen hebben plaatsgevonden (Stut, 2001 en Braam, 2001). Naast de in Tabel 2 weergegeven opslagsystemen kan de potstal ook beschouwd worden als opslagsysteem. Het aandeel van de potstal in de gehele mestopslagcapaciteit is echter zeer gering.

Tabel 2: overzicht van de geschatte capaciteit aan opslagsystemen voor mest in 1992 (Braam, 2000).

<i>Opslagtype</i>	<i>Totale capaciteit (10⁶ m³)</i>	<i>Frequentie</i>	<i>Gemiddelde omvang (m³)</i>
Mestkelder	24.0 (73%)	18,500 (60%)	1300
Mestsilo	7.0 (21%)	10,000 (32%)	700
Foliebassin	1.3 (4%)	1,800 (6%)	700
Mestzak	0.4 (2%)	700 (2%)	600
Totaal	32.7 (100%)	31,000 (100%)	

De totale opslagcapaciteit is bijna 50% van de totale jaarlijkse mestproductie. Dit komt overeen met een opslagduur van mest van 6 maanden. De verhouding tussen kelder en silo is ongeveer gelijk voor de varkens- en de rundveehouderij (Braam, 2001).

In de praktijk komt het voor dat naast de bestaande kelder de opslagcapaciteit van mest vergroot is met één van de andere opslagvormen. Oenema et al. (2000) stellen dat 55% van de bedrijven een buitenopslag heeft. De buitenopslag is meestal in de vorm van een silo, maar kan tevens een mestzak of een foliebassin zijn. Er wordt verondersteld dat een bedrijf met alleen een kelder gemiddeld even groot is als een bedrijf met zowel een kelder als een buitenopslag. Daar de vergroting van de verplichte opslagduur van 4 naar 6 maanden veelal opgevangen werd door het plaatsen van een buitenopslag naast de bestaande kelder, is voor het laatste type bedrijf verondersteld dat de silo 2 maanden opslagcapaciteit heeft, en de kelder 4. Met deze aannamen is de verdeling van de opslagsystemen over de bedrijven berekend (Tabel 3).

Tabel 3: frequentieverdeling van de verschillende mestopslagsystemen

	<i>Kelder¹</i>	<i>Buitenopslag</i>	<i>Kelder met buitenopslag</i>
Aantal bedrijven	10,211 (45%)	4211 (19%)	8289 (37%)
Gemiddelde capaciteit (m ³)	1,445	8,30	1,445 (963 + 482)
Capaciteit (10 ⁶ m ³)	19.2 (50%)	6.1 (14%)	7.5 (37%)

¹ Het betreft hier alleen de kelders zonder additionele silo

De opslagsystemen kunnen onderverdeeld worden naar bouw materiaal. In Tabel 4 is dit weergegeven voor de kelder en de silo. De gegevens in Tabel 4 dateren uit 1986-1992. Het aandeel van kalkzandsteen is sindsdien sterk gedaald en zal tegenwoordig een aandeel van ±10% hebben (Braam, 2000).

Tabel 4: geschatte verdeling van bouwmaterialen toegepast in opslagsystemen voor rundermest (Braam, 2000).

<i>Opslagsysteem</i>	<i>Bouw materiaal</i>	<i>%</i>
Kelder	Beton, ter plaatse gestort	40
	Beton, prefab	15
	Kalkzandsteen	45
Silo	Beton, ter plaatse gestort	12
	Beton, prefab	31
	Staal	31
	Hout	9
	Kunststof (mestzak en foliebassin)	17

3.2.2 EIGENSCHAPPEN VAN DE DIVERSE OPSLAGSYSTEMEN

Basisaanpassingen

Voor alle mestopslagsystemen geldt dat er verscheidene basisaanpassingen gemaakt moeten worden om het systeem om te bouwen tot een vergister. Er dient een menginstallatie in de opslag aangebracht te worden². Voor mesofiele vergisting is isolatie nodig, en een verwarmingsinstallatie. Een mestpomp en een mestafvoer uit de vergister zijn nodig om de mest aan en af te voeren. Indien het huidige opslagsysteem als vergistingstank wordt gebruikt, volstaan de bestaande mestpompen en -afvoer. Het biogas dient gereinigd te worden met een ontzwavelingsinstallatie en de productiesnelheid van het biogas moet gecontroleerd worden. De onderdelen van een vergistingsinstallatie zijn reeds besproken in paragraaf 2.1. Elk opslagsysteem heeft specifieke eigenschappen die relevant zijn voor vergisting en behoeft ook zijn eigen specifieke aanpassingen. Deze worden in de volgende paragrafen besproken.

² Er wordt vanuit gegaan dat een eventuele bestaande menginstallatie niet geschikt is om de vergister goed gemengd te houden.

3.2.2.1 KELDER

Eigenschappen

Kelders kunnen gecompartmenteerd of ongecompartmenteerd voorkomen. In de varkenshouderij zijn de kelders meestal gecompartmenteerd, in de rundveehouderij meestal ongecompartmenteerd. Vergisting in de kelder kan plaatsvinden door afvangen van gas met een gasdicht zeil dat op de mest drijft (drijfcel). Het grote oppervlak van kelders is hierbij een nadeel. In een gecompartmenteerde kelder is aanleg van dit systeem relatief complex.

Een nadeel van vergisting in een kelder is het gevaar wat ontstaat voor de dieren. Tijdens het vergistingsproces ontstaan hoge concentraties van het giftige H₂S door accumulatie van biogas. Bij lekkage uit de vergister kan een levensbedreigende situatie voor de dieren ontstaan.

Indien er buiten de kelder vergist wordt is vooropslag in kelders nadelig. Zowel bij varkens- als bij rundermest geldt dat tijdens de opslag reeds vergisting kan plaatsvinden. Door de lagere temperaturen in rundveestallen lijkt de spontane vergisting van rundveemest van geringere omvang (Nes et al., 1990). Echter, omdat de vergisting van de mest reeds in de maag van de runderen begint kan in de praktijk rundveemest tijdens de opslag een hogere vergistingsnelheid hebben dan varkensmest. Een ander nadeel van de vooropslag in kelders is de ontmenging van mest. De meeste kelders zijn weliswaar uitgerust met een mengsysteem, maar deze werken niet altijd even goed en staan niet altijd aan, mede door het vrijkomen van giftige gassen als H₂S. (Nes et al., 1990). Het is in hierom het beste de verse mest zo snel mogelijk in de vergister te pompen.

Een optie voor vergisting in de kelder is afvangen van het biogas met een zeil of een kapje, bij lage temperatuur. Bij deze optie is de gasproductie laag en zullen de opbrengsten uit energieopwekking ook laag zijn. Het kapjessysteem, onderzocht door Haskoning, bleek in de praktijk enkele technische mankementen te vertonen (lekkages, vervuiling) (Schomaker, 2001). Verdere commercialisering van deze techniek is stopgezet. Het kapjessysteem zal daarom in dit onderzoek niet verder worden meegenomen.

Aanpassingen

Er moet een afdekking komen om het biogas op te vangen. Deze afdekking kan in de vorm van een aluminium of kunststoffen doek plaatsvinden, welke vastgedrukt zit in de mest. In geval van een open roostervloer zal de mest op dit zeil vallen. Mestleidingen door het zeil heen kunnen er voor zorgen dat de mest toch onder het zeil komt. De gasopslag zal plaatsvinden in een externe gaszak met een opslagcapaciteit van een halve dag.

Bij de ombouw van een kelder zijn er naast de basisaanpassingen en het gasdoek verder geen veranderingen nodig. Het oppervlak van de kelder kan echter een probleem zijn voor de omvang van het gasdoek. Het kan noodzakelijk blijken te zijn met verschillende rechthoekige drijfzeilen te werken, of zelfs om de kelder te compartimenteren. Bij de berekeningen is er vanuit gegaan dat er vaste kosten per m² zijn voor het gasdoek. Het relatief grote oppervlak van de kelder leidt er ook toe dat er meerdere mengers in de kelder nodig zijn, één menger per 18x18 meter.

De bovenkant van een kelder hoeft niet geïsoleerd te worden. Er is weinig warmteverlies doordat de temperatuur in de kelder meestal hoger is dan de buitentemperatuur. Eventueel warmteverlies wordt feitelijk gebruikt om de stal op te warmen. Door het grotere oppervlak zouden de kosten voor opwarming van de mest met een interne warmtewisselaar in de praktijk hoger kunnen uitvallen dan bij een nieuwe vergistingstank, door een grotere lengte van de leidingen.

3.2.2.2 SILO

Eigenschappen

Silo's kunnen onderverdeeld worden in boven- en ondergrondse opslag. Voordeel van een ondergrondse silo met betrekking tot mestvergisting is de goedkopere isolatie. Silo's zijn meestal afgedekt met een gasafdekking. Er zijn nog enkele oudere silo's, van voor 1990, die geen gasafdekking hebben. Er kan worden aangenomen dat in 2003 alle silo's afgedekt zullen zijn (Oenema et al., 2000). Ombouw van een silo tot vergister kan door onder de gasafdekking een gaskap op de silo te plaatsen. Hierbij kan de spankracht die op de silo komt te staan door vulling met biogas een probleem zijn. Ook als er voor een separate gasopslag wordt gekozen zal dit probleem blijven bestaan, daar de afvoer naar de gasopslag verstopt kan raken. Een andere optie, waarbij dit probleem niet voorkomt, is het plaatsen van een drijvende cel op de mest in de silo. Het bouw materiaal van de silo is van belang voor de isolatie en het gasdicht maken van de silo. Bij een stalen silo kan het gasdicht maken van de naden een probleem zijn. Bestaande silo's hebben afmetingen die niet optimaal zijn voor vergisting: kosten voor isolatie en menging zullen hoger zijn dan voor een nieuwe vergister.

Aanpassingen

Bij gebruik van een drijfzeil kan het geproduceerde biogas direct worden opgeslagen onder het drijfzeil. Bij een silo is isolatie van het dak niet nodig. Het warme biogas dat onder het drijfzeil zit werkt al voor een gedeelte als isolatielaag en de silokap voorkomt direct contact met de buitenlucht. Een andere optie is om de uitlaatgassen van de WKK, die nog restwarmte bevatten die anders niet gebruikt wordt, tussen het dak en de bovenkant van het gasdoek te leiden. Op deze manier wordt het warmteverlies via de bovenlaag van de vergiste mest verder beperkt. In landen met strenge winters kan het isoleren van de bovenlaag, met bijvoorbeeld glaswol, wel nuttig zijn.

Stalen en houten silo's, en silo's die uit prefab elementen zijn opgebouwd, zijn met een speciaal folie gasdicht te maken (Hoeksma et al., 1987). Voor de overige silo's is dit niet nodig. In de berekeningen is uitgegaan van gasdichte silo's.

3.2.2.3 COMBINATIESYSTEEM (KELDER MET SILO)

Eigenschappen

Belangrijk voor de geschiktheid voor ombouw tot vergister van een combinatiesysteem is de tijd die de mest voorvergist in de kelder. Lange verblijftijd in de kelder (zonder afvangen van methaan) leidt tot energieverlies en additionele emissie van het broeikasgas methaan. Nageschakelde vergisting in een buitenopslag levert dan minder biogas op. Het lijkt dus het gunstigst om of in de kelder methaan af te vangen (bijvoorbeeld met een

drijfcel) of om de mest zo snel mogelijk naar de buitenopslag af te voeren om daar vergist te worden. De laatste optie ligt het meest voor de hand, omdat de silo geschikter lijkt voor vergisting dan een kelder. Bij de combinatie van een silo met een kelderopslag is de grootte van de silo van belang. De silo moet groot genoeg zijn om de mest lang genoeg op te kunnen slaan om het vergistingsproces goed te kunnen laten verlopen (bij mesofiele vergisting is dit ongeveer een maand).

Aanpassingen

De aanpassingen aan de silo zijn hetzelfde als bij het systeem met alleen een silo.

3.2.2.4 MESTZAK/FOLIEBASSIN

Eigenschappen

De isolatie van de mestzak of het foliebassin is de belangrijkste en waarschijnlijk meest problematische stap bij ombouw tot een vergister. Ook het aanbrengen van verwarming en menging kan problematisch zijn. Technisch zou het in principe mogelijk moeten zijn een mestzak of foliebassin als vergister te gebruiken, maar gebruik als na-opslag voor de uitgiste mest lijkt meer voor de hand te liggen. Er is geen ervaring met het gebruik van een mestzak of foliebassin als vergister.

Aanpassingen

Bij isolatie aan de binnenkant zal de mestzak of het foliebassin eerst leeggehaald moeten worden. Deze optie lijkt technisch vrij lastig. Isolatie aan de buitenkant aanbrengen ligt meer voor de hand. Dit kan bijvoorbeeld met isolerende folie gedaan worden of met een dubbele folielaag waar warme lucht tussen geblazen wordt. Mestzak en foliebassin zijn in principe reeds gasdicht afgesloten. Er is slechts de bevestiging van een gasafvoer nodig. In het geval van een mestzak moet de mangat-constructie worden gewijzigd. Dit brengt echter geen hoge kosten met zich mee.

Gasopslag dient eventueel in een externe gaszak plaats te vinden, afhankelijk van de overcapaciteit van de mestopslag. Een probleem bij deze typen opslag is de moeilijkheid om een verwarmingsinstallatie in de opslag zelf aan te brengen. De mest zal extern verwarmd moeten worden en vervolgens in de mestzak of het foliebassin gepompt worden. Dit zorgt tevens voor enige mate van menging. Er zal in de mestzak en het foliebassin zelf ook een menger geplaatst moeten worden. Deze kan bevestigd worden op de betonnen plaat waar ook de mest aan- en afvoer bevestigd zijn. Hiervoor dient de mestzak echter wel van zijn plaats getild te worden.

3.2.2.5 POTSTAL

De potstal is een staltype met een eigen mestopslagsysteem. De koeien lopen op stro, waarin hun eigen mest wordt opgenomen. De koeien staan telkens hoger totdat de potstal leeggehaald wordt om de mest uit te rijden. Een groot nadeel van de potstal voor vergistingsdoeleinden is de vermenging van mest met stro. Het is mogelijk om de mest aan te dunnen, het stro eruit te scheiden en vervolgens de mest te mengen. Het lijkt niet mogelijk om in de potstal zelf een vergister neer te zetten. Vanuit het oogpunt van methaanreductie is de potstal niet aantrekkelijk, omdat er relatief weinig methaan

vrijkomt. Omdat de urine geabsorbeerd wordt door het stro komt er ook minder ammoniak vrij. Hierdoor is de mest tevens droger, waardoor anaërobe omstandigheden in mindere mate voorkomen dan bij andere mestopslagsystemen. Dit leidt tot lagere methaanemissie. Door de aërobe omstandigheden zal er echter relatief meer lachgasemissie optreden dan in een stal met een drijfmeststelsel.

3.2.3 SELECTIE MESTOPSLAGSYSTEMEN

Om een selectie te kunnen maken tussen de verschillende mestopslagsystemen die nader bestudeerd worden voor ombouw tot een vergister, worden de diverse systemen beoordeeld op verschillende criteria. Zwaarwegende factoren zijn de frequentie waarin het mestopslagsysteem in Nederland voorkomt en de omvang van een gemiddeld opslagsysteem. Het zullen vooral de grotere bedrijven zijn waar het rendabel kan zijn een vergistingsstelsel neer te zetten. Verder kunnen de systemen beoordeeld worden op de technische basisgeschiktheid voor ombouw tot vergistingsinstallatie, de mogelijkheid tot isolatie en het risico voor de dieren. In Tabel 5 staat de beoordeling van de verschillende mestopslagsystemen a.d.h.v. de selectiecriteria weergegeven.

Tabel 5: Kwalitatieve score van de verschillende mestopslagsystemen op criteria met betrekking tot hun geschiktheid voor ombouw tot een mestvergister

Mestopslag-systeem	Subcategorie	Frequentie	Gemiddelde opslagcapaciteit	Technische basisgeschiktheid voor ombouw	Mogelijkheid tot isolatie	Potentieel risico voor de dieren
Kelder	algemeen	++	++	0/-	-	--
	ongecompart	++	++	-/0	-	--
	gecomparti.	++	++	-	-	--
Silo	algemeen	+	+	+	+	0
	beton gestort	0	+	+	+	0
	beton prefab	+	+	+/0	+	0
	staal	+	+	+/0	-	0
	hout	-	+	+/0	0	0
	ondergronds	-	+	0	+	0
	bovengronds	++	+	+	-	0
Foliebassin		-	+	+/0	-	0
Mestzak		--	0	+/0	-	0
Combinatie (kelder + buitenopslag)		+	+/++	+/0	+/0/-	0
Potstal		--	Nb	--	-	-

++ = zeer gunstig, + = gunstig, 0 = neutraal, - = ongunstig, -- = zeer ongunstig; Nb = niet beschikbaar

De volgende opslagsystemen zullen in detail onderzocht worden op hun geschiktheid voor ombouw tot vergister:

1. Keldersysteem. Ondanks het feit dat de technische basisgeschiktheid voor ombouw van dit systeem niet erg gunstig lijkt, is het marktpotentieel van deze optie echter erg groot.

2. Silo. Ombouw van een silo tot vergister scoort goed op alle criteria en het marktpotentieel is redelijk groot.
3. Combinatiesystemen. Er zal gekeken worden naar de mogelijkheid om mest snel over te pompen naar een buitenopslag, alwaar het vergist zal worden.

Voor deze drie systemen zal in detail worden bekeken welke technische aanpassingen nodig zijn voor ombouw tot een vergister. Tevens worden de kosten voor deze aanpassingen ingeschat, hetgeen met de inschatting van de opbrengsten zal leiden tot de economische haalbaarheid. Tenslotte zal de broeikasgas emissiereductie van deze 3 typen ombouw worden vergeleken. Om te bepalen of ombouw van deze systemen werkelijk zinvol is, zal voor ieder van deze 3 opslagsystemen gekeken worden wat de kosten en baten zouden zijn voor het bouwen van een nieuwe vergister in de vorm van een voor dit doel geoptimaliseerde silo. Hierbij kan het bestaande mestopslagsysteem mogelijk als na-opslag worden gebruikt.

De ombouw van de potstal zal niet verder worden bekeken, vanwege zowel de mogelijke technische knelpunten als het geringe marktpotentieel van deze opties. Vergisting buiten de stal kan haalbaar zijn voor bedrijven met een potstal, maar dit valt buiten het bereik van deze studie.

Voor de drie geselecteerde systemen zal bekeken worden hoe de opslag omgebouwd kan worden, maar ook hoe de opslag geïntegreerd kan worden in een nieuw te bouwen vergistingsinstallatie.

De kosten voor ombouw van een mestzak of een foliebassin zullen qua orde grootte ongeveer gelijk zijn aan die van de silo. Om deze reden en vanwege het lage marktpotentieel zal deze optie niet verder bekeken worden. In het geval dat de buitenopslag als na-opslag wordt gebruikt zijn de resultaten voor de silo en de mestzak of het foliebassin identiek.

Uit bovenstaande selecties van diersoort en mestopslagsysteem komt een verscheidenheid aan systemen naar voren. Voor de geschikte systemen zal gekeken worden naar de mogelijkheid tot ombouw, vergeleken met de aanschaf van een nieuwe vergister. De referentiesituatie, nieuwbouw, verschilt per mestopslagsysteem, daar het bestaande opslagsysteem niet altijd voor de na-opslag gebruikt kan worden. Per mestopslagsysteem zijn er dus 8 situaties te onderscheiden (zie Tabel 6)..

Tabel 6: geselecteerde mestopslag systemen versus geselecteerde diersoorten

<i>Opslagsysteem</i>	<i>Kelder</i>	<i>Combinatiesysteem</i>	<i>Silo</i>
<i>Diersoort</i>		<i>(silo met kelder)</i>	<i>(silo zonder kelder)</i>
Melkvee	Ombouw Nieuwbouw	Ombouw Nieuwbouw	Ombouw Nieuwbouw
Vleesvarkens	Ombouw Nieuwbouw	Ombouw Nieuwbouw	Ombouw Nieuwbouw
Zeugen	Ombouw Nieuwbouw	Ombouw Nieuwbouw	Ombouw Nieuwbouw
Gesloten bedrijven	Ombouw Nieuwbouw	Ombouw Nieuwbouw	Ombouw Nieuwbouw

Voor al deze systemen zullen de emissies bepaald worden (hoofdstuk 5) en de kosten/baten (hoofdstuk 6).

3.3 STALTYPEN

Het staltype is van belang voor de manier waarop de mest vlak na excretie beheerd wordt. Het is belangrijk dat de mest regelmatig (bijv. dagelijks) aan de vergister kan worden gevoed. Binnen de melkveehouderij en de varkenshouderij komen een aantal verschillende staltypen voor.

In de melkveehouderij onderscheiden we de ligboxstal, de grupstal en de potstal. In 1992 waren er in Nederland 25,000 ligboxstallen (CBS, 1995) op een totaal van 42,000 melkveehouderijbedrijven. Door hun relatief grote omvang herbergden ze 95% van alle melkkoeien. De mest kan mechanisch (bijv. met een mestschuif) uit een ligboxstal verwijderd worden of via een roostervloer in de looppaden in een kelder vallen. De grupstal kwam in 1992 voor op 15,000 bedrijven. Dit waren vooral de kleinere bedrijven. De laatste categorie, de potstal, komt het minst voor. De potstal heeft tevens zijn eigen mestopslagsysteem (zie paragraaf 3.2.2.5).

In de varkenshouderij kunnen we ook onderscheid maken naar staltype. In de vleesvarkenshouderij zijn de stallen onder te verdelen naar de vloer, welke volledig, gedeeltelijk of geheel niet uit een rooster kan bestaan. Met de invoering van de groenlabel stal is het aandeel van de dichte, vaak hellende vloer, met eventueel een giergeul, iets toegenomen. Bij een roostervloer valt de mest direct in een mestkelder, bij een dichte vloer wordt de mest regelmatig (enkele malen per dag) afgevoerd.

In de zeugenhoudery zijn er verschillende stalvormen voor de verschillende levensfasen van het varken. Er kan een indeling gemaakt worden naar de huisvesting van zeugen met biggen, gespeende biggen en huisvesting van zeugen zonder biggen (IKC-veehouderij, 1993). Hokken voor zeugen met biggen noemt men kraamopfokhokken. Deze stallen hebben meestal een gedeeltelijke roostervloer (IKC-veehouderij, 1993). Voor de opfok van de gespeende biggen (biggen van 4 tot 10 weken) gebruikt men het meest het bolle-vloer-hok, waarbij aan weerszijden van een bolle vloer roosters liggen. Er wordt ook vaak voor gekozen om de biggen in het kraamopfokhok te laten. De huisvesting van de zeugen zonder biggen en de dragende zeugen, kan in groepen of individueel gebeuren.

Wat betreft de mestopvang en –verwerking is voornamelijk de vloer van belang (volledig, gedeeltelijk of geen rooster).

Belangrijk is dat de mest zo snel mogelijk (dagelijks) naar de vergister wordt gepompt. Het blijven liggen van mest in de stallen leidt tot energieverliezen door voorvergisting, en tot emissies. Ook van belang met betrekking tot mestvergisting is het watergebruik van het bedrijf. Indien er veel water wordt gebruikt om de mest te verwijderen zal de mest relatief weinig droge stof bevatten, waardoor de biogasopbrengst per kuub mest zal afnemen. In Tabel 7 staan de selectiecriteria voor de staltypen en hun relatieve beoordeling.

Tabel 7: selectiecriteria staltype en hun relatieve beoordeling

<i>Veesoort</i>	<i>Staltype</i>	<i>Marktpotentieel</i>	<i>Basisgeschiktheid voor vergisting</i>
Melkvee	ligboxstal	++	+
	grupstal	-	0
	potstal	--	--
Varkens	open rooster	+	0
	halfopen	0	0
	gesloten	-	++

++ = zeer gunstig, + = gunstig, 0 = neutraal, - = ongunstig, -- = zeer ongunstig

Voor alle onderzochte systemen wordt er vanuit gegaan dat de mogelijkheid aanwezig is om de mest dagelijks in de vergister te pompen.

3.4 NA-OPSLAG

De mest die uit de vergister komt dient gescheiden van de verse mest te worden opgeslagen. Dit dient afgedekt te gebeuren, wat verplicht is i.v.m. de ammoniakwetgeving en met name ook om eventuele methaanemissie uit de nog nagistende mest te voorkomen. De benodigde capaciteit van de mestzak voor de na-opslag is afhankelijk van het bestaande mestopslagsysteem en de verblijftijd van de mest in de vergister. Indien er vanuit gegaan wordt dat de mest 6 maanden moet kunnen worden opgeslagen, dient er een hoeveelheid na-opslag aanwezig te zijn van 6 maanden minus de opslagduur in de vergister en de overige bruikbare aanwezige na-opslag. Het systeem met een kelder heeft bij ombouw geen na-opslag nodig (de kelder zelf heeft genoeg capaciteit voor 6 maanden), maar bij nieuwbouw is de kelder niet bruikbaar als na-opslag, omdat er dan menging ontstaat tussen vergiste en onvergiste mest. Naast een opslagduur van 1 maand in de vergister (bij mesofiele vergisting) is er een na-opslag met een capaciteit van 5 maanden nodig. Het combinatiesysteem heeft bij ombouw van de buitenopslag 4 maanden na-opslag nodig (2 maanden in de omgebouwde buitenopslag), en bij nieuwbouw 3 maanden (2 maanden in de buitenopslag en 1 maand in de vergister). Het systeem met alleen een silo heeft zowel bij ombouw als bij nieuwbouw geen na-opslag nodig, daar de silo capaciteit voor 6 maanden heeft.

Voor sommige systemen waarbij een bestaande mestopslag tot vergister wordt omgebouwd dient hiervoor een aparte voorziening te worden getroffen. Tabel 8 geeft een overzicht van de noodzaak van na-opslag voor de verschillende opslagsystemen.

Tabel 8: overzicht van de opslagsystemen waarbij de na-opslag extra voorzieningen eist

Systeem	Extra voorziening voor na-opslag nodig?	Toelichting
Kelder: ombouw	dichte vloer: nee (evt. urine gaatjes dichtmaken)	De verse mest valt op de stalvloer, daarna gaat alles naar de kelder waar het vergist wordt totdat de mest uitgereden wordt
	(half) open vloer: nee	De mest valt direct in de kelder waar het vergist wordt totdat de mest uitgereden wordt
Silo: ombouw	nee	De verse mest valt op de stalvloer en gaat direct naar de silo. Na-opslag is niet nodig, want alle mest past in de silo.
Combinatie: ombouw	dichte vloer: nee (evt. urine gaatjes dichtmaken ¹)	De verse mest valt op de stalvloer, daarna gaat alles naar de silo alwaar het vergist wordt. Na-opslag in de kelder is dus geen probleem.
	kelder (half)open vloer: ja	De verse mest valt door de stalvloer heen in de kelder. Daarna gaat de verse mest naar de silo alwaar het vergist wordt.
Kelder: nieuwbouw	kelder dichte vloer: nee (evt. urine gaatjes dichtmaken)	De verse mest valt op de stalvloer, daarna gaat alles naar de nieuwe silo waar het vergist wordt. Na-opslag in de kelder is dus geen probleem.
	kelder (half)open vloer: ja	De verse mest valt door de stalvloer heen in de kelder. Daarna gaat de verse mest naar de nieuwe silo alwaar het vergist wordt.
Silo: nieuwbouw	nee	De verse mest valt op de stalvloer en gaat direct naar de nieuwe silo. Alle uitgegiste mest past in de bestaande silo
Combi: nieuwbouw	kelder dichte vloer: nee (evt. urine gaatjes dichtmaken)	De verse mest valt op de stalvloer, daarna gaat alles naar de bestaande silo waar het vergist wordt. Na-opslag in de kelder is dus geen probleem.
	kelder (half)open vloer: ja	De verse mest valt door de stalvloer heen in de kelder. Daarna gaat de verse mest naar de nieuwe silo alwaar het vergist wordt.

¹ Het dicht maken van urine gaatjes is een mogelijkheid maar leidt tot het probleem dat de ammoniakemissie zal stijgen. Het specifieke vloertype met gaatjes is juist gemaakt voor ammoniak emissiereductie. Tevens zullen de dieren in hun eigen urine lopen, wat tot problemen met hun poten kan leiden

In Tabel 8 is te zien dat in geval van een kelder met (half)open rooster vloer extra voorzieningen moeten worden getroffen indien er niet in de kelder vergist wordt. Verschillende oplossingen zijn mogelijk voor dit staltype:

1. Het dichtmaken van de roostervloer met beton. De mestafvoer kan dan met behulp van een mestschuif gebeuren. Dit is tevens een gunstige optie met het oog op emissiereductie.
2. Het maken van een schuine afdekking in de kelder. De verse mest loopt via een 'schuin dak' de kelder uit en de uitgegiste mest kan op de bodem van de kelder opgeslagen worden.

3. Het plaatsen van een extra buitenopslag (silo, mestzak of foliebassin) als extra opslag.

De laatste optie lijkt technisch het meest voor de hand liggend en zal derhalve in de studie worden meegenomen in de kostenbepalingen.

Indien er sprake is van een mestoverschot op het bedrijf kan het wekelijks ophalen van de mest ook een oplossing zijn. Hiervoor kunnen contracten worden afgesloten met afnemers van mest.

4 INPASBAARHEID IN DE BEDRIJFSVOERING

Bij de beantwoording van de vraag of vergisting inpasbaar is in de bedrijfsvoering van een agrarisch bedrijf spelen een aantal uiteenlopende zaken een belangrijke rol. Ten eerste zal de houding van de boer t.o.v. vergisting bepalen of hij/zij nadenkt over de mogelijkheid om te gaan vergisten. Ten tweede is de mate waarin het bedrijf in staat is om een grote investering als mestvergisting te doen bepalend of het sowieso mogelijk is om hiermee verder te gaan. Daarna, maar daar ook enigszins aan gekoppeld, speelt de te verwachten opbrengst en dus ook rentabiliteit van de vergistingsinstallatie op het betreffende bedrijf een doorslaggevende rol in het financiële plaatje rond deze investering.

Verder zijn er een aantal praktische en bedrijfsafhankelijke aspecten die de inpasbaarheid van mestvergisting op melkvee- en varkensbedrijven bepalen. Dit zijn aspecten m.b.t. gebouwen en erf, arbeid en mestbeheer op veehouderijbedrijven.

In de hierboven geschetste volgorde worden deze aspecten in dit hoofdstuk behandeld. De rentabiliteit van de verschillende installaties zal niet in dit hoofdstuk behandeld worden, deze komt aan de orde in hoofdstuk 6.

Per onderwerp (gebouwen en erf, arbeid, etc.) wordt eerst nagegaan welke aspecten van invloed zijn op de inpasbaarheid. Hierbij wordt zonodig een onderscheid gemaakt naar de verschillende mestvergistingssystemen. Daarna wordt ingezoomd in welke mate die aspecten zijn in te passen in de bedrijfsvoering van melkvee- en varkensbedrijven.

Bij varkensbedrijven kan een onderscheid gemaakt worden in vleesvarkens-, zeugen- en gesloten bedrijven. Waar nodig worden verschillen in mate van inpasbaarheid tussen deze verschillende bedrijfstypen toegelicht.

4.1 HOUDING T.O.V. VERGISTING

De houding die in de agrarische praktijk wordt aangenomen t.o.v. vergisting kan het best omschreven worden als afwachtend. Dit heeft een aantal redenen.

Dit komt enerzijds doordat vergisting bij de meeste agrariërs een onbekende techniek is. Hierdoor zijn zij minder geneigd om zich hierin te verdiepen, laat staan te investeren; ‘onbekend maakt onbemind’

Anderzijds heeft mestvergisting bij diegenen die de techniek wel kennen een veelal negatieve bijklank. Dit komt door tegenvallende resultaten met mestvergisting in de jaren tachtig die een negatief beeld over de techniek hebben achtergelaten.

Een andere belangrijke factor die meespeelt bij de afwachtende houding is dat een vergistingsinstallatie een hoge investering vergt en de investeringsruimte in veel gevallen beperkt is.

Daarentegen komt mestvergisting toch langzaam weer van de grond. Zo wordt het in de varkenssector bijvoorbeeld toegepast binnen mestverwerkingsinstallaties als ‘voorbewerking’ van de mest en energielevering. Verder zijn een aantal vergisters aanwezig, in aanbouw of in planning op een aantal proefbedrijven. Deze toegenomen belangstelling vanuit praktijk en onderzoek komt door toegenomen aandacht voor reductie van broeikasgassen (totnogtoe voornamelijk vanuit onderzoek), stijgende elektriciteitsprijzen en terugleververgoedingen voor duurzaam opgewekte elektriciteit en toenemende aandacht voor mestbewerking ten behoeve van verbetering van de mestkwaliteit.

Een belangrijk doel van de mestvergistingsinstallaties op de verschillende proefbedrijven is het demonstreren van de mogelijkheden van vergisting aan de agrarische praktijk en het wegnemen van vooroordelen (zoals hierboven beschreven) die nog in de sector bestaan.

4.2 INVESTERINGSRUIMTE

Met de investeringsruimte wordt bedoeld de mate waarin het voor de ondernemer mogelijk is om investeringen te plegen. Dit is voornamelijk afhankelijk van de financiële positie van het bedrijf en de mogelijkheid van het bedrijf om vreemd vermogen aan te trekken. De financiële positie en het vertrouwen van de kredietverlener om (vreemd) vermogen te verschaffen zijn vooral afhankelijk van de rentabiliteit (winstgevendheid) en solvabiliteit van het bedrijf. Met solvabiliteit wordt de verhouding tussen het eigen en het totale vermogen in het bedrijf aangeduid. Een goede rentabiliteit gecombineerd met een solvabiliteit boven de 50 à 60 % vormt voor de kredietverlener veelal een noodzakelijke basis voor het verschaffen van vermogen.

Daarnaast speelt de prioriteit die aan verschillende investeringen gegeven (moet) worden een belangrijke rol bij investeringsbeslissingen. Op deze aspecten wordt hieronder afzonderlijk voor melkvee- en varkensbedrijven ingegaan.

Melkveebedrijven

De solvabiliteit van melkveebedrijven is de laatste jaren constant met gemiddeld ongeveer 74%. Er wordt weliswaar veel geld geleend om bedrijfsinvesteringen te kunnen financieren (in 1999/2000 gemiddeld 126.100 gulden per bedrijf) maar daar staat een herwaardering van bedrijven tegenover. Die is de laatste jaren flink toegenomen als gevolg van de grondprijsstijging (Silvis en Bruchem, 1999 en 2000). De rentabiliteit is de afgelopen jaren op een constant niveau. Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat de financiële positie van melkveebedrijven voldoende basis biedt voor kredietverlening.

Gegevens uit het Bedrijven-Informatienet van het LEI geven aan dat investeringen op melkveebedrijven de afgelopen jaren fors zijn toegenomen. De totale

bedrijfsinvesteringen kwamen in 1997/1998 nog uit op 75.700 gulden per bedrijf, in 1999/2000 was dat bijna verdubbeld tot 142.800 gulden. Met name investeringen in grond, quota en gebouwen namen toe (LEI, 2001).

Deze investeringen zijn maar gedeeltelijk een vrije keuze van de melkveehouder. Door strenger wordende mestwetgeving is in veel gevallen de veehouder genoodzaakt in grond te investeren om heffingen te voorkomen. Daarnaast moet hij in veel gevallen om de kostprijs te drukken meer melk produceren. Voor toename in melkproductie is aanschaf van melkquotum noodzakelijk. Tenslotte dwingt de ammoniakwetgeving in veel gevallen bij nieuwbouw van een stal om te investeren in dure ammoniakbeperkende middelen.

In het algemeen zullen melkveehouders dus veelal eerst voorrang (moeten) geven aan deze investering voordat zij kunnen investeren in mestvergisting. Daarentegen zullen er ook individuele bedrijven zijn die wel voldoende investeringsruimte overhouden voor investeringen in mestvergisting. Binnen het kader van dit onderzoek is het echter niet in te schatten hoeveel bedrijven voldoende investeringsruimte overhouden voor mestvergisting.

Varkensbedrijven

Voor de varkenshouderijen liepen de investeringen de afgelopen jaren juist sterk terug. Op zeugenbedrijven van 125.900 gulden per bedrijf in de jaren 1996-1998 naar 97.500 en op vleesvarkens- en gesloten bedrijven in diezelfde periode van 104.100 naar 38.500. Gemiddeld werd hiervoor een bedrag van 35.000 tot 50.000 gulden geleend. De solvabiliteit van het gemiddelde varkenshouderijbedrijf nam af van 65% in 1997/1998 naar 52% in het jaar 1999/2000 (LEI, 2001). Daarbij komt dat de rentabiliteit van varkensbedrijven sterk fluctueert. Sommige jaren geven zelfs een negatieve winstgevendheid te zien. Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat de financiële positie van varkensbedrijven vaak onvoldoende basis zal bieden voor kredietverlening.

Daarbij komt nog dat varkensbedrijven, nog meer dan voor melkveebedrijven, relatief veel moeten investeren om te kunnen voldoen aan milieu- en dierenwelzijnswetgeving. Op milieugebied moeten zij investeren in grond of afzet van mest om milieuheffingen te voorkomen. Daarnaast moeten zij stallen aanpassen aan dierenwelzijnsregels wat forse investeringen vergt. Daarbij komt ook dat die stallen aan ammoniakbeperkende voorwaarden moeten voldoen. Deze investeringen zullen vooral de komende jaren moeten plaatsvinden omdat de eisen voor milieu en dierenwelzijn dan worden aangescherpt.

Over het algemeen kan geconcludeerd worden dat de investeringsruimte voor varkensbedrijven gering is en dat deze veelal benut moet worden voor andere doelen. De ruimte voor investeringen in mestvergisting blijkt in het algemeen beperkt. In ieder geval beperkter dan voor melkveebedrijven. Dit neemt niet weg dat voor individuele bedrijven de balans veel gunstiger kan zijn en er wel voldoende ruimte kan zijn voor investeringen in mestvergisting.

4.3 OPBRENGSTEN

4.3.1 BENUTTING ELECTRICITEIT EN WARMTE

Mestvergisting gekoppeld met een warmtekrachtkoppeling (WKK) levert elektriciteit en warmte. Naarmate de elektriciteit en warmte beter op het bedrijf benut kan worden neemt de inpasbaarheid toe. Dit is onafhankelijk van het gebruikte mestvergistingssysteem.

Melkveebedrijven

Op melkveebedrijven kan de warmte vanuit de biogasinstallatie vaak maar beperkt benut worden. De inpasbaarheid van mestvergisting is hoger naarmate de warmte beter besteed kan worden bijvoorbeeld voor verwarming van het woonhuis, een kas met groenten of bloemen of een andere veehouderijtak die warmte nodig heeft (bijv. vleeskuikenhouderij).

De elektriciteit die geproduceerd wordt, wordt gedeeltelijk aangewend om de elektriciteitsvraag op het eigen bedrijf te dekken. Elektriciteitsafname van het net die wordt uitgespaard door eigen elektriciteitsproductie met mestvergisting levert meer op dan teruglevering van elektra aan het net. Dit komt doordat de terugleververgoeding lager is dan de prijs van elektra die afgenomen wordt van het net. De inpasbaarheid van mestvergisting is daardoor hoger naarmate de geproduceerde elektriciteit meer afname van het net uitspaart.

Dit kan enerzijds door een goede afstemming van elektriciteitsproductie door de biogasinstallatie aan de momenten van hoge elektriciteitsvraag op een melkveebedrijf. Bijvoorbeeld elektriciteit leveren als de melkmachine en reinigingsinstallatie draait.

Anderzijds kan de vervanging hoger zijn naarmate het bedrijf meer elektriciteit gebruikt doordat er bijvoorbeeld een melkrobot of mestschuif aanwezig is of veel beregening met een elektronische pomp plaatsvindt.

Het uitlijnen van een WKK op de piekvraag verhoogt de investeringskosten van deze WKK daar het benodigde vermogen toeneemt. In het algemeen is het voordelig als er gedurende een langere periode een elektriciteitsvraag aanwezig is op het bedrijf.

Varkensbedrijven

Net als bij melkveebedrijven is de inpasbaarheid van mestvergisting hoger naarmate de geproduceerde elektriciteit meer afname van het net op het bedrijf uitspaart.

Dit kan enerzijds door een goede afstemming van elektriciteitsproductie door de biogasinstallatie aan de momenten van hoge elektriciteitsvraag op een bedrijf. Bijvoorbeeld elektriciteit leveren als de ventilatoren maximaal draaien (op het warmst van de dag).

Anderzijds kan de vervanging hoger zijn naarmate het bedrijf meer elektriciteit gebruikt doordat er bijvoorbeeld een verdere mestbewerking plaatsvindt.

4.3.2 MESTHOEVEELHEID

Voor rendabele mestvergisting is voldoende beschikbare mest nodig.

Melkveebedrijven

In het model (zie hoofdstuk 6) wordt gerekend met gemiddelden wat betreft mestproductie per koe. De werkelijke mestproductie op een bedrijf kan daar van afwijken, zoals bijvoorbeeld op het proefbedrijf De Marke (80 melkkoeien). Hier is de mestproductie die in de opslag terechtkomt aanzienlijk hoger dan volgens het voor deze studie gebruikte model. De Marke had voorgaande jaren bij siëstabeweiding (ca 8-10 uur beweiden) een mestproductie van 2600 m³ met een os gehalte van 57 g/kg (Koskamp e.a., 2000) terwijl het model een mesthoeveelheid voor hetzelfde bedrijf berekent van 2000 m³ met een os gehalte van 70 g/kg (zie Tabel 14 in paragraaf 6.1.1). Voor de vergisting is vooral de totale hoeveelheid os belangrijk. In werkelijkheid is dit 148 ton en volgens het model 140 ton.

Dit verschil kan veroorzaakt worden door de zeer beperkte beweiding die De Marke hanteert. De koeien weiden vanaf 2000 slechts zo'n 6 uur per dag en gaan vroeg in het najaar weer op stal; hierdoor is de mestproductie op stal gestegen naar zo'n 3100 m³ per jaar. Het verschil kan ook gezocht worden in een groter watergebruik op de Marke, bijvoorbeeld bij het schoonmaken van de stallen. De hoeveelheid in de stal geproduceerde mest is weliswaar groter, maar de hoeveelheid organische stof komt goed overeen met de modelwaarden.

Dit voorbeeld geeft aan dat bij inpassing van mestvergisting op een melkveebedrijf het belangrijk is om de werkelijke hoeveelheid en samenstelling van de mest in de mestopslag als uitgangspunt te nemen.

In de praktijk is een verschuiving zichtbaar dat de koeien steeds meer op stal verblijven. Dit komt door een kortere beweiding per dag in de zomer, eerder in het najaar op stallen en zelfs de koeien het jaarrond op stal te houden (Van der Schans, 2000).

Dit wordt enerzijds veroorzaakt door strengere milieueisen, anderzijds is er een proces van verdere technologisering en automatisering waardoor boeren eerder geneigd zijn hun melkvee jaarrond op stal te houden (Rutgers, 2001).

Als het melkvee op een bedrijf meer uren per jaar op stal doorbrengt zal de mestproductie die in de mestopslag terechtkomt navenant hoger zijn. Hierdoor neemt de inpasbaarheid van mestvergisting op hetzelfde bedrijf toe.

Een kritische noot is dat een melkveehouder ook andersom kan redeneren en bij aanschaf van een mestvergister kan besluiten zijn vee binnen te houden. In het kader van landschapswaarde, imago van de melkveehouderij en welzijn van de dieren is dit een zorgelijk aspect.

Varkensbedrijven

De mestproductie (hoeveelheid en samenstelling) per dier kan tussen bedrijven variëren door bijv. verschillen in voermanagement. Het is daarom belangrijk bij inpassing van

mestvergisting op een varkensbedrijf de werkelijke mestproductie als uitgangspunt te nemen.

4.3.3 CO-VERGISTING

Door het toevoegen van co-vergistingmaterialen aan het vergistingsproces kan een behoorlijke meerwaarde op de mestvergisting behaald worden.

Melkveebedrijven

Over het algemeen heeft een melkveebedrijf materialen beschikbaar die goed beschikbaar zijn voor covergisting. Het gaat hier om gras of hooi van natuurgraslanden of slootkanten, voederresten, stromest van het jongvee, kuilvoer van slechte kwaliteit etc. De hoeveelheden kunnen echter sterk variëren tussen bedrijven en per periode.

Varkensbedrijven

Op een varkensbedrijf is over het algemeen weinig co-vergistingmateriaal aanwezig. Er vindt doorgaans geen voederwinning op het bedrijf plaats van waaruit voerresten eventueel aan de vergister kunnen worden toegevoegd.

Wellicht dat in de toekomst varkens meer op stro gehouden zullen gaan worden vanwege welzijnseisen. Dit materiaal kan met co-vergisting een meeropbrengst aan vergisting geven.

4.4 GEBOUWEN EN ERF

De ombouw of aanpassing van een bestaande mestopslag of plaatsing van een nieuwe mestvergistingsinstallatie vergt resp. aanpassingen in bestaande constructies en/of nieuwbouw. De verschillende systemen worden omschreven in hoofdstuk 3.

Bij de aanpassingen of nieuwbouw zijn vergunningen, ruimte en tijdelijke overlast van belang.

4.4.1 VERGUNNINGEN

Zowel voor de nieuwbouw van een silo als vergistingstank en/of een mestzak voor extra mestopvang als voor aanpassing van kelder of silo voor mestvergisting is een bouwvergunning nodig (Engel, 2001). De gemeente is in deze het bevoegd gezag. Voor deze vergunning is vooral de wetgeving op het gebied van Ruimtelijke Ordening bepalend. Echter elke gemeente zal al naar gelang de specifieke situatie in de gemeente hier invulling aan geven.

Het is voor dit onderzoek dan ook niet aan te geven wat specifieke knelpunten zijn voor de verschillende mestvergistingssystemen en onderlinge voor- of nadelen t.a.v. de bouwvergunning. Niettemin is het mogelijk dat een gemeente soepeler zal omgaan met aanpassingen aan bestaande bebouwing dan met nieuwbouw. Daar zijn echter geen concrete uitspraken over te doen.

Eén belangrijk algemeen punt is of de nieuwbouw binnen het bouwblok van het bedrijf blijft want dan is een wijziging van het bestemmingsplan, vaak een tijdrovende aangelegenheid, niet nodig (Infomil, 2001a). Meestal is binnen de grenzen van het bouwblok op een agrarisch bedrijf nog voldoende ruimte voor uitbreiding zodat dit geen problemen op zal leveren.

Binnen de bouwvergunning stelt de gemeente in de meeste gevallen eisen aan bouwtechnische aspecten, brandveiligheid, bouwhoogten en oppervlakken (Infomil, 2001a en Engel, 2001).

Ook voor de milieuvergunning geldt dat deze zowel bij nieuwbouw als bij aanpassingen van bestaande bebouwing voor mestvergisting nodig is. De mestvergisting die binnen dit onderzoek behandeld wordt is op boerderijniveau, waardoor de gemeente in de meeste gevallen het bevoegd gezag is voor de milieuvergunning. Boven de 25.000 m³ biomassa per jaar is de provincie bevoegd gezag (IDE, 2001). De invulling die gegeven wordt aan de milieuvergunning en eisen die daarin gesteld worden zijn afhankelijk van de specifieke situatie in de betreffende gemeente (bijv. hoeveel omwonenden betrokken zijn). Belangrijke eisen worden gesteld op het gebied van geur, veiligheid en geluid. Een belangrijk toetsingskader is de Richtlijn Mestverwerkingsinstallaties (Infomil, 2001a) en Handreiking Juridische Aspecten vergunningverlening mestbewerking en verwerking (Infomil, 2001b). De gemeente Lopik heeft ervaren dat deze documenten onvoldoende inzicht geven in de veiligheidsaspecten van mestvergisting. In een concreet geval hebben zij daarom aanvullend onderzoek naar de veiligheidsaspecten laten uitvoeren.

Omdat per gemeente kan verschillen hoe invulling wordt gegeven aan de milieuvergunning is het voor dit onderzoek niet aan te geven wat specifieke knelpunten zijn voor de verschillende mestvergistingssystemen en onderlinge voor- of nadelen t.a.v. de milieuvergunning. Wanneer ook covergisting wordt toegepast is het mogelijk dat het bevoegd gezag meer eisen stelt aan de milieuvergunning. Dit geldt vooral wanneer materiaal van buiten het bedrijf wordt aangevoerd. In dat geval is het ook mogelijk dat het bevoegd gezag bij de provincie komt te liggen i.p.v. de gemeente ook al is de installatie kleiner dan 25.000 m³.

Tenslotte is het belangrijk is om vóór de aanvraag van een milieuvergunning de gemeente goed op de hoogte te stellen van de plannen omtrent mestvergisting. Het stroomlijnt de vergunningaanvraag als de gemeente goed op de hoogte is van de plannen, randvoorwaarden etc.

Melkvee- en varkensbedrijven

Voor de milieuvergunning moet onderscheid gemaakt worden tussen bedrijven die geen milieuvergunning hebben en bedrijven die wel reeds een dergelijke vergunning hebben. Voor een bedrijf dat geen milieuvergunning heeft betekent de installatie van een vergister dat een nieuwe vergunning nodig is. Voor een bedrijf dat al een milieuvergunning heeft betekent dit een uitbreiding van de bestaande milieuvergunning.

Een belangrijk punt bij de bouwvergunning is dat de uitbreiding binnen het bouwblok kan blijven. Dit is afhankelijk van de bedrijfsspecifieke situatie en daarom kan hier geen algemeen oordeel voor de melkvee- en varkensbedrijven gegeven worden.

4.4.2 RUIMTE

Voor nieuwbouw moet de veehouder ruimte op of bij het erf beschikbaar hebben. Voor de vergunningverlening is het belangrijk dat de uitbreiding binnen het bouwblok kan blijven. Voor aanpassingen aan bestaande constructies voor mestvergisting hoeft de veehouder geen ruimte op het erf 'op te offeren' aan de vergistingsinstallatie, eventueel wel voor de na-opslag. Dit is een pluspunt t.o.v. nieuwbouw waarbij wel grondoppervlak en ruimte geclaimd worden door de vergistingsinstallatie.

Melkvee- en varkensbedrijven

De beschikbare ruimte is afhankelijk van de bedrijfsspecifieke situatie en daarom kan hier geen algemeen oordeel daarover voor de melkvee- en varkenshouderijbedrijven over gegeven worden.

4.4.3 TIJDELIJKE OVERLAST

De aanpassing van kelder en/of silo geeft een tijdelijke overlast doordat de opslag niet gebruikt kan worden en in het geval van de kelder, de stal niet of moeilijker toegankelijk is voor het vee. Een dergelijke aanpassing kan dan ook het best uitgevoerd worden wanneer de opslagen zo leeg mogelijk zijn en de dieren zoveel mogelijk buiten de stal gehouden kunnen worden (melkvee) of de stallen leeg staan (vleesvarkens). Dit zal in de meeste gevallen aan het eind van de zomer zijn wanneer alle mest is aangewend.

Bij nieuwbouw is dit probleem minder aanwezig omdat de bestaande opslagcapaciteit tijdens de bouw gebruikt kan blijven.

Melkveebedrijven

De tijdelijke overlast die kan ontstaan bij vooral ombouw kan worden beperkt door het op een goed moment te plannen. In de zomer verblijven de koeien op de meeste bedrijven een groot gedeelte van de dag in de wei zodat ongestoord aan de stal of kelder gewerkt kan worden. Verder zal aan het eind van de zomer de mestopslag zo leeg mogelijk zijn om voldoende opslagcapaciteit te hebben voor het komende winterseizoen.

Daarnaast is er geen of weinig opslag van mest nodig omdat mest direct aangewend kan worden.

De minste overlast voor de bouw van een vergister zal dus aan het eind van de zomer zijn.

Varkensbedrijven

Op varkensbedrijven verblijven de dieren gedurende het gehele jaar binnen in een stal. Ombouw van de bestaande kelder zal daarom veel overlast geven. Op vleesvarkensbedrijven kan er voor gekozen worden om de leegstandsperiode na het afleveren te verlengen en te gebruiken voor de ombouw. Dit kost echter wel opbrengst.

Bij zeugenbedrijven is dit veel moeilijker omdat zeugen langere tijd op het bedrijf blijven en niet in rondes worden afgeleverd. De stal komt zodoende niet in één keer leeg.

4.5 ARBEID

Het bacteriële proces van vergisting van mest verloopt, eenmaal opgestart, geheel vanzelf. Om het vergistingsproces en de levering van elektra en warmte goed te laten verlopen is echter wel sturing en controle van buiten af nodig. Allereerst wordt een beeld geschetst wat de werkzaamheden voor de boer inhouden en hoeveel tijd ze in beslag zullen nemen. Daarna wordt behandeld in hoeverre die extra arbeid in te passen is in de bedrijfsvoering op melkvee- en varkensbedrijven

4.5.1 ARBEID VOOR MESTSTROMEN

Om het bacteriële afbraakproces op gang te houden dient regelmatig (eens in de twee a drie dagen) verse mest toegevoegd te worden.

Bij het systeem waarbij de mest in de kelder vergist en opgeslagen wordt (kelder: ombouw) en het systeem zonder kelder waarbij de silo wordt omgebouwd tot vergister (silo: ombouw) zijn geen extra handelingen van de boer nodig om mest toe te voegen t.o.v. de oorspronkelijke situatie.

Bij de andere systemen moet de mest vaker en tussen één of meerdere opslagen (kelder, silo en/of mestzak) overgepompt worden. In de oorspronkelijk situatie moest mest ook al overgepompt worden maar bij mestvergisting zijn meer van dergelijke handelingen nodig. Het extra werk bestaat dan enerzijds uit vaker de mest mixen en overpompen richting de vergister. Er moet immers minimaal twee a drie keer per week (liefst dagelijks) verse mest worden toegevoegd. En anderzijds de vergiste mest vanuit de vergister naar de na-opslag pompen.

Het overpompen vindt plaats via ondergrondse leidingen met pompen. Voor de boer betekent het overpompen en mixen slechts een aantal kleine, korte handelingen dat door automatisering ingekort kan worden.

Samenvattend kan worden uitgegaan van maximaal een half uur per week voor extra t.b.v. mestbeheer voor de systemen 'kelder' en 'silo': nieuwbouw en 'combi': nieuw- en ombouw.

4.5.2 ARBEID VOOR CONTROLE

Belangrijk is dat de boer de installatie dagelijks controleert of alles goed verloopt. Dit houdt in een rondgang rond de vergister, checken van procesparameters zoals temperatuur en controle van de werking van de WKK motor. Daarbij komt een wekelijkse controle op de H₂S concentratie in het biogas (Bijman, 2001) en af een toe de

olie verversen van de WKK motor. Dit alles bij elkaar kost gemiddeld een kwartier per dag (Bijman, 2001). Dit is voor alle systemen gelijk.

4.5.3 TOTALE ARBEIDSBEHOEFTE

Volgens een veehouder die zelf mestvergisting heeft toegepast in zijn bestaande silo bestede hij zo'n 1 a 2 uur per week extra aan de vergister en het mixen en overpompen van de mest (Mensink, 1999). Voor de mestvergistingsinstallatie op De Marke (ombouw van silo tot vergister en mestzak als na-opslag) wordt uitgegaan van 2,5 uur per week voor controle en extra arbeid.

Uitgaande van 15 minuten per dag voor controle en klein onderhoud plus maximaal een half uur per week voor mestbeheer is in totaal ongeveer 2 uur per week. Op dagen waarop mest overgepompt en gemixt dient te worden zal iets meer arbeid nodig zijn dan op dagen waarop alleen controle nodig is.

Voor de analyse op inpasbaarheid wordt uitgegaan van 1,5 uur extra arbeid per week voor de systemen waarbij geen extra arbeid nodig is voor mestbeheer (kelder:ombouw en silo:ombouw). Voor de andere systemen wordt uitgegaan van 2 uur extra arbeid per week voor mestbeheer en controle.

4.5.4 ARBEID VOOR COVERGISTING

Voor covergisting is extra arbeid nodig. De hoeveelheid extra arbeid is sterk afhankelijk van de hoeveelheid materiaal die covergist wordt en de manier waarop het materiaal toegevoegd moet worden. Als bijvoorbeeld elke dag een aantal m³ bermgras met de hand moet worden toegevoegd dan zal dit veel meer tijd vergen dan wanneer vanuit een grote verzamelbak dagelijks automatisch een bepaalde hoeveelheid wordt toegevoegd.

4.5.5 INHOUD VAN DE BENODIGDE ARBEID

De dagelijkse arbeid die nodig is om een mestvergistingsinstallatie te laten draaien is van dien aard dat die zonder problemen door de boer zelf kan worden uitgevoerd. Dit is voor alle systemen van toepassing

4.5.6 INPASBAARHEID VAN EXTRA ARBEID OP VEEHOUDERIJBEDRIJVEN

Melkveebedrijven

Het gemiddelde melkveebedrijf is te kenmerken als gezinsbedrijf: het grootste gedeelte van de arbeid wordt rondgezet door de ondernemer en zijn gezin. Uit gegevens van het LEI (BINnetwerk, data van internet) blijkt dat de grotere bedrijven (gem. 89 melkkoeien) gemiddeld twee volledige arbeidskrachten (VAK) beschikbaar hebben. Ook deze grotere bedrijven, waarbinnen ook de melkveebedrijven vallen waarvoor vergisting interessant kan zijn, zijn voor het grootste gedeelte aan te merken als gezinsbedrijven. Gemiddeld

wordt slechts 4% van alle loonkosten op een dergelijk bedrijf besteed aan vreemde arbeid. Gemiddeld werken arbeidskrachten op de grotere melkveebedrijven zo'n 2500 uur per jaar, bijna 50 uur per week.

Het is voor elk individueel geval de keuze aan de boer en zijn gezin of de extra arbeid van 1,5 of 2 uur per week (afhankelijk van het systeem) ingepast kan worden binnen het al bestaande werk.

Varkensbedrijven

Het gemiddelde varkensbedrijf is, net als het gemiddelde melkveebedrijf, over het algemeen te kenmerken als gezinsbedrijf. Uit gegevens van het LEI (BIN-netwerk, boekjaar 99/00) blijkt echter dat vooral bij de grotere varkensbedrijven (> 2000 vleesvarkens en/of 250 zeugen) een aanzienlijk deel (20 % van de totale loonkosten) van de arbeid wordt uitgevoerd door mensen van buiten het bedrijf. Op deze bedrijven wordt 20 % van de totale loonkosten besteed aan vreemde arbeid (vgl. de 4% bij de grotere melkveebedrijven). De gemiddelde arbeidsbesteding is bij deze grote varkensbedrijven vergelijkbaar met die van grotere melkveebedrijven, nl. 2.2 VAK met 2300 uur/VAK/jaar.

In tegenstelling tot melkveebedrijven zal bij mestvergisting op varkensbedrijven dus een grotere kans zijn dat de ondernemer betaalde arbeid in moet zetten om de nodige werkzaamheden voor de vergister te laten uitvoeren. In een dergelijk geval is dat negatief voor de inpasbaarheid omdat dat extra kosten met zich mee brengt. Bij inzet van eigen arbeid door de agrarische ondernemer wordt in veel gevallen geen of weinig kosten daarvoor gerekend.

De beschikbaarheid van al dan niet vreemde arbeid en de mate waarin dat ingepast kan worden in de bestaande arbeid is zo bedrijfsspecifiek dat geen algemene uitspraken mogelijk zijn voor varkensbedrijven. Het is echter wel aannemelijk dat varkensbedrijven meer moeite zullen hebben om de extra arbeid in te passen dan melkveebedrijven.

4.6 MESTKWALITEIT

Bij vergisting worden de makkelijk afbreekbare organische stoffen (zoals vetzuren) in de mest afgebroken tot losse, eenvoudige verbindingen zoals methaan (CH₄) en kooldioxide (CO₂). Door de afbraak van deze componenten komen de nutriënten (N, P en K) die aan deze stoffen gekoppeld zijn vrij. Dit betekent dat de aanwezige nutriënten in de mest beter beschikbaar komen voor opname door de plant (Anonymus, 2000).

Naast de betere beschikbaarheid van nutriënten is de mest homogener en constanter van samenstelling. Andere mogelijke voordelen die genoemd worden zijn een lagere geuremissie in vergelijking met onvergiste mest en afdoding van onkruidzaden en pathogenen door vergisting.

Deze aspecten m.b.t. mestsamenstelling zijn onafhankelijk van het mestvergistingssysteem.

Per aspect wordt toegelicht wat de relevantie daarvan is binnen de bemestingsstrategie op bedrijfsniveau. Dit is van toepassing voor bedrijven die de mest aanwenden op hun eigen bedrijf, de grondgebonden bedrijven. De inpasbaarheid van vergiste mest bij mestafzet is daarnaast ook afhankelijk van andere factoren. Daarom wordt aan het eind van deze paragraaf daar apart op ingegaan.

Melkveehouderijbedrijven zijn in de meeste gevallen grondgebonden. Daarmee wordt bedoeld dat het bedrijf voldoende grond in bezit heeft om voer te produceren en de mest aan te wenden. Dit betekent dat relatief weinig mest uit de melkveehouderij wordt afgezet buiten het eigen bedrijf. Varkensbedrijven zijn echter in de meeste gevallen niet grondgebonden. Zij bezitten geen of onvoldoende grond bezit om de eigen mest daarop te gebruiken. Daarom moeten varkensbedrijven veelal hun mest buiten hun bedrijf afzetten.

4.6.1 BESCHIKBAARHEID VAN NUTRIËNTEN

Met vergisting wordt de makkelijk afbreekbare organische stof in de mest afgebroken. Het hierin aanwezige organisch gebonden stikstof wordt omgezet in mineraal stikstof. Daardoor neemt het gehalte minerale stikstof in de mest toe, zie Tabel 10. Van Nes e.a. (1990) vonden een toename van het gehalte minerale stikstof in rundermest van 0,3 g/kg en 0,7 g/kg in varkensmest. De relatieve stijging is in beide gevallen 15%. Uit laboratoriumonderzoek naar de samenstelling van verse en vergiste mest op proefboerderij De Marke blijkt dat de verhouding $N_{\text{organisch}}:N_{\text{mineraal}}$ verschuift van 45:55 naar 35:65 (Van der Laan, 2001).

Tabel 10: gehalten (kg/ton mest) totale en minerale stikstof en organische stof in onvergiste en vergiste rundveemest (Henkens 1983).

	<i>N tot</i>	<i>N min</i>	<i>N ma</i>	<i>N mo</i>
Onbehandelde mest	5	2,5	1,25	1,25
Vergiste mest	5	3,125	0,625	1,25

N tot = totale stikstof

N min = snel werkzame minerale stikstof

N ma = makkelijk minerale stikstof die in het eerste jaar na toediening werkt

N mo = moeilijk afbreekbare minerale stikstof die pas werkt na meerdere jaren

Naast de verbeterde beschikbaarheid van stikstof neemt volgens Anonymus (2000) ook de beschikbaarheid van fosfor toe. Anonymus (2000) noemt voor runderdrijfmest een toename in de fosforopname door gewassen van 60% per groeiseizoen bij onvergiste tot 80-100% voor vergiste mest).

Het gevolg van de afbraak van makkelijk afbreekbare organische stof en het beschikbaar komen van de daarin beschikbare nutriënten door vergisting is dat vergiste mest een betrouwbaardere werking heeft dan onvergiste mest. In onvergiste mest is het onzeker op welk moment de nutriënten in de makkelijk afbreekbare organische stof beschikbaar

komen. Een gedeelte zal vrijkomen wanneer er geen of weinig behoefte is van het gewas. Daarom zal na aanwending een gedeelte van deze nutriënten verloren gaan.

In vergiste mest zijn de nutriënten in de makkelijk afbreekbare organische stof direct beschikbaar gemaakt voor opname door de plant. Daardoor is het mogelijk het aanbod beter af te stemmen op de behoefte van het gewas.

Nes ea (1990) concluderen op basis van uiteenlopende onderzoeken naar de bemestende waarde van vergiste mest dat vergisting voor rundermest een positief effect heeft op de N-opname en de droge stof-opbrengst. Dit effect is echter niet in algemeen kwantificeerbaar. Voor varkensmest blijkt geen significant verschil.

Aarts (2001) geeft aan dat een toename van de N-werking van 10% aannemelijk is voor vergiste mest t.o.v. onvergiste mest. Aarts (2001) geeft aan dat een toename van de N-werking van 10%³ aannemelijk is voor vergiste mest t.o.v. onvergiste mest.

De betere N-werking kan gebruik van kunstmest uitsparen. Kunstmest wordt nu gebruikt ter aanvulling van onvergiste mest om snel beschikbare nutriënten aan de bodem toe te voegen en zodoende het aanbod van mineralen af te stemmen op de vraag.

Als voorbeeld is de mogelijke besparing van kunstmest voor het proefbedrijf De Marke doorgerekend. De totale hoeveelheid beschikbare mest bedraagt ± 3100 ton met 10850 kg totaal stikstof (Van der Laan, 2001). Een stijging van de N-werking van deze hoeveelheid mest van 10% betekent dat ca 1100 kg N meer beschikbaar komt uit deze hoeveelheid mest. Deze hoeveelheid N kan dan bespaard worden op stikstof uit kunstmest. Voor de grootte van De Marke, ca 52 ha, betekent dit een besparing van ongeveer 20 kg N uit kunstmest per ha.

Stikstof in de vorm van kunstmest kost € 0.49 per kg N (Snoek e.a., 2000). Voor de situatie op De Marke betekent dit bij een besparing van 1100 kg N een voordeel van € 545 op jaarbasis, oftewel € 0.18 per ton m³ mest.

Grondgebonden bedrijven

De mineralen in vergiste mest zijn directer benutbaar dan in onvergiste mest. Belangrijk voor de inpasbaarheid in de bedrijfsvoering is dat de boer goed moet leren omgaan met deze hogere benutbaarheid. Dit betekent dat de mest aangewend moet worden op momenten dat de plant nutriënten nodig heeft. Gebeurt dat niet dan zijn de benutbare nutriënten (vooral N) gevoelig voor verliezen via uitspoeling of vervluchtiging. Vooral in het najaar zijn de risico's hiervoor groot omdat het neerslag overschot groot kan zijn en de gewasgroei laag. Verder dient de aanwending emissiearm plaats te vinden anders zal er meer ammoniak emitteren dan bij onvergiste mest.

Door de betere beschikbaarheid van nutriënten kan de boer besparen op kunstmestaanvoer. Door een betere benutting van de eigen mest en een lagere aanvoer van nutriënten door kunstmest kan de boer gemakkelijker voldoen aan de eisen van het mestbeleid (Minas). Dit betekent dat de inpasbaarheid van vergiste mest beter is in de bedrijfsvoering dan van onvergiste mest.

³ Dit is de netto toename in de N-werking, d.w.z. na aftrek van de kleinere hoeveelheid N in de bodem gedurende latere jaren.

4.6.2 BODEMVERBETERAAR

Met mestvergisting wordt alleen de makkelijk afbreekbare organische stof zoals vetzuren en slijmstoffen afgebroken. De complexe organische verbindingen zoals lignine, blijven in de mest aanwezig (Anonymus 2000). Het zijn juist deze laatste stoffen die de bodemverbeterende eigenschappen herbergen. Daardoor behoudt vergiste mest de bodemverbeterende eigenschappen van verse mest.

Grondgebonden bedrijven

Volgens de theorie zijn de bodemverbeterende eigenschappen van vergiste mest gelijk aan die van onvergiste mest. Dus op dit punt lijkt de inpasbaarheid van vergiste mest in de bedrijfsvoering gelijk aan die van onvergiste mest. Uit meerjarig onderzoek zal moeten blijken of dit inderdaad het geval is.

4.6.3 HOMOGENE EN CONSTANTE SAMENSTELLING

Door het vergistingsproces krijgt de mest een vrij constante en homogene samenstelling (Anonymus, 2000 en Van der Laan, 2001). Hierdoor kan de boer efficiënter en preciezer bemesten dan met onvergiste mest. Dit is voordelig t.o.v. het efficiënt omgaan met de mineralen op het bedrijf dat nodig is om te kunnen voldoen aan Minas en bespaart kosten voor aankoop van extra kunstmest om fouten in de bemesting te corrigeren.

Grondgebonden bedrijven

De voordelen van een homogene en constante samenstelling van de vergiste mest dragen positief bij aan de inpasbaarheid in de bemesting op bedrijven.

4.6.4 LAGERE GEUREMISSIE

Verschillende literatuurbronnen (Van Velsen, 1981 en Van Harreveld, 1981) geven aan dat door vergisting de geuremissie van mest afneemt. Dit komt doordat de stankcomponenten (vluchtige vetzuren) door vergisting worden afgebroken.

Grondgebonden bedrijven

Een lagere geuremissie van vergiste mest biedt voordelen. Dit verhoogt echter niet de inpasbaarheid van vergiste mest t.o.v. onvergiste mest in de hedendaagse praktijk van de melkveehouderij.

4.6.5 AFDODING ONKRUIDZADEN EN PATHOGENEN

Vooraf vergisting bij hogere temperaturen (> 50°C) maakt een afdoende doding van onkruidzaden en pathogenen mogelijk (PR,2001). Bij mesofiele vergisting is wel enige afdoding te verwachten maar in welke mate dat plaatsvindt en welke zaden wel of niet worden afgedood is onduidelijk. In het algemeen kan gezegd worden dat er in vergiste mest minder onkruidzaden en pathogenen aanwezig zullen zijn dan in onvergiste mest.

Grondgebonden bedrijven

De mate waarin afdoding plaatsvindt met mesofiele vergisting is niet duidelijk. In ieder geval zal de onkruiddruk door zaden vanuit de mest gelijk of minder zijn met vergiste t.o.v. onvergiste mest. Daarnaast betreft het mest van het eigen bedrijf zodat evt. zaden ook van het eigen bedrijf komen.

4.6.6 AFZET VAN VERGISTE MEST

De voordelen die gelden voor het gebruik van vergiste mest t.o.v. onvergiste mest op het eigen bedrijf gelden in principe ook voor de afnemer van vergiste mest.

Deze voordelen sluiten voor een gedeelte ook aan bij de wensen van mestafnemers. Van Well e.a. (2001) geven namelijk aan dat veel mestafnemers een constante kwaliteit van de mest belangrijk vinden bij mestafname. Verder vindt een gedeelte van de geraadpleegde akkerbouwers het belangrijk dat mest geen onkruidzaden of andere pathogenen bezit. In hoeverre vergiste mest hieraan kan voldoen is vooralsnog onduidelijk.

In Nederland zijn geen bronnen bekend over de afzet van vergiste mest en de daaraan gekoppelde eventuele meeropbrengsten. Voor zover bekend wordt er nu ook nog geen vergiste mest op de markt afgezet. Daarom wordt een beschouwing gegeven over de marktpositie van vergiste mest.

Bij het aanbieden van vergiste mest kunnen de voordelen t.a.v. betere N-werking, minder stank, homogeniteit en afdoding van onkruidzaden aangetoond worden met feiten. Hiermee kan overtuigend worden aangetoond dat vergiste mest beter past in het bemestingsplan van de afnemer. Het is dan echter de vraag in hoeverre de afnemer extra wil betalen voor deze voordelen. In een situatie van een overaanbod van mest zal de afnemer niet snel geneigd zijn meer te betalen (of minder geld erbij te krijgen) voor vergiste mest dan voor onvergiste.

Een extra financiële vergoeding voor vergiste mest t.o.v. onvergiste mest is dan ook onzeker.

Daarentegen bestaat er wel een reële kans dat vergiste mest een voorkeurspositie heeft t.o.v. onvergiste mest en dus sneller een afnemer van de mest gevonden kan worden.

Bij de toekomstige mestwetgeving is een bedrijf zonder voldoende eigen grond afhankelijk van mestafname dus kan dit een belangrijke rol spelen.

4.7 SAMENVATTEND OVERZICHT

Hieronder wordt een kort overzicht gegeven van de inpasbaarheid van mestvergisting op melkvee- en varkensbedrijven. In Tabel 11 is de inpasbaarheid van mestvergisting in bestaande opslagsystemen op melkvee- en varkensbedrijven uiteengezet. Dit is een samenvatting van wat in de tekst is behandeld. In Tabel 12 zijn specifieke verschillen in inpasbaarheid tussen verschillende mestvergistingssystemen uiteengezet die gelden voor zowel varkens- als melkveebedrijven.

Tabel 11: samenvatting van de inpasbaarheid van mestvergisting in bestaande opslagsystemen in het algemeen op melkvee- en varkensbedrijven.

		<i>Melkveebedrijven Varkensbedrijven</i>	
		<i>+/-</i>	<i>+/-</i>
Houding			
Investeringsruimte	Rentabiliteit en solvabiliteit	+	-
	Prioriteit voor vergisting	+/-	-
Opbrengsten	Benutting elektra	+	+
	Benutting warmte	-	+
	Mesthoeveelheid	+/-	+/-
	Covergisting	+	-
Gebouwen en erf	Vergunningen	+/-	+/-
	Ruimte	+/-	+/-
	Tijdelijke overlast	+/-	-
Arbeid	Kwantiteit	+/-	-
	Kwaliteit	+	+
		Grondgebonden bedrijven	Mestafzet
Mestkwaliteit	Betere benutting mineralen	++	+
	Bodemverbeteraar	+/-	+/-
	Homogene, constante samenstelling	++	+
	Lagere geuremissie	+/-	+/-
	Afdoding onkruidzaden	+/-	+/-

+ en ++ = geeft aan dat op dit aspect mestvergisting goed (+) tot zeer goed (++)inpasbaar is in de bedrijfsvoering; - en -- = geeft aan dat op dit aspect mestvergisting slecht (-) tot zeer slecht (--) inpasbaar is in de bedrijfsvoering; +/- = geeft aan dat op dit aspect de inpasbaarheid van mestvergisting mee of tegen kan vallen, afhankelijk van de situatie.

Tabel 12: aspecten die de inpasbaarheid van verschillende mestvergistingssystemen bepalen voor zowel varkens- als melkveebedrijven.

		<i>Mestvergistingssysteem</i>					
		<i>K:O</i>	<i>K:N</i>	<i>C:O</i>	<i>C:N</i>	<i>S:O</i>	<i>S:N</i>
Gebouwen en erf	Vergunningen	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
	Ruimte	+	-	+/-	-	+	-
	Tijdelijke overlast	-	+	+	+	-	+
Arbeid	Kwantiteit	+	+/-	+/-	+/-	+	+/-
	Kwaliteit	+	+	+	+	+	+

K:O = kelder: ombouw; K:N = kelder: nieuwbouw; C:O = combi: ombouw; C:N = combi: nieuwbouw; S:O = silo: ombouw; S:N = silo: nieuwbouw.

+ en ++ = geeft aan dat op dit aspect mestvergisting goed (+) tot zeer goed (++)inpasbaar is in de bedrijfsvoering; - en -- = geeft aan dat op dit aspect mestvergisting slecht (-) tot zeer slecht (--) inpasbaar is in de bedrijfsvoering; +/- = geeft aan dat op dit aspect de inpasbaarheid van mestvergisting mee of tegen kan vallen, afhankelijk van de situatie.

5 KETENANALYSE BROEIKASGAS EMISSIES

5.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk analyseren we de totale broeikasgas emissiereductie van de introductie van de vergistingssystemen zoals gedefinieerd in Tabel 6. Dit betekent dat voor de diercategorieën melkkoeien, vleesvarkens, zeugen en gesloten varkensbedrijven we analyseren of er broeikasgasemissies zijn (en zo ja, hoe groot ze zijn) in geval van ombouw en van nieuwbouw. Om de totale emissie reductie van de introductie van dergelijke vergisters te bepalen worden deze emissies vergeleken met de broeikasgasemissies van huidige situaties van mestopslagen. Deze beschouwing volgt de TEWI-(Total Equivalent Warming Impact) richtlijnen van de NOVEM in het kader van het Reductieplan Overige Broeikasgassen (ROB). Een installatie voor de productie van biogas uit mest valt onder de TEWI categorie Landbouw. Het gaat in het bijzonder om een alternatief voor een bestaande end-of-pipe behandeling; het gebruik van een bestaande opslag als vergistingstank. Enerzijds worden emissies van niet-CO₂ broeikasgassen zoals dat plaats vindt in een conventionele opslag vermeden, anderzijds wordt door het gebruik van methaan uit biogas de emissie van CO₂ door verbranding van fossiele brandstof vermeden.

Binnen dit hoofdstuk geven we eerst een algemene beschouwing van de broeikasgasemissies die plaatsvinden binnen de verschillende fasen van de beschouwde ketens. Daarna volgt een overzicht van de kwantitatieve invulling die hieraan wordt gegeven. Deze is het uitgangspunt voor de berekening van het totale broeikasgasemissie potentieel voor de optie van kleinschalige mestvergisting in Nederland, welke in hoofdstuk 7 aan de orde zal komen.

5.2 ALGEMENE BESCHOUWING VAN BROEIKASGASEMISSIES IN DE MESTKETEN

Binnen deze algemene beschouwing onderscheiden we drie fasen in de beschouwde productieketens, nl. de productiefase, de gebruiksfase en de afvalfase.

5.2.1 DE PRODUCTIEFASE (PF)

Daarbij gaat het om de emissies van broeikasgassen die nodig zijn voor de productie van de extra componenten van een biogasinstallatie t.o.v. de bestaande faciliteiten voor opslag en management van mest. Te denken valt aan de motor/WKK, isolatiemateriaal, de biogasopvang, extra mestpompen, ontwavelininstallatie, affakkelininstallatie, etc. Door

gebruik te maken van een bestaande opslag als reactor kan bij de bouw van een installatie bespaard worden op bouwmaterialen. Op langere termijn vervalt dit voordeel als onderdelen van de installatie aan vervanging toe zijn. In de beschouwing van de afvalfase wordt hierop terug gekomen.

5.2.2 DE GEBRUIKSFASE (GF)

In de GF van een biogasinstallatie wordt mest en ander organisch materiaal bacterieel omgezet in onder meer methaan en vervolgens in energie. De resulterende CO₂-emissies behoren tot de korte koolstofcyclus en veroorzaken geen versterking van het broeikas effect. De uit het biogas opgewekte elektriciteit en warmte vervangt de productie van elektriciteit en warmte uit fossiele brandstoffen en derhalve wordt de hiermee gepaard gaande CO₂ emissie vermeden. Voor elektriciteit gaan we hier van de verdringing van de “gemiddeld in Nederland geproduceerde kWh”. Omdat het hier kleinschalige vergistingsprojecten betreft die hun elektriciteit op het distributienet leveren, worden ook netverliezen voor transport van elektriciteit vermeden. Netto komt dit overeen met een CO₂ emissiereductie van 0.67 kg CO₂/kWh (Novem, 1999). De warmte die uit de biogas WKK installatie wordt geproduceerd zal in bijna alle gevallen aardgas gestookte warmteketels vervangen. Dit dient hier derhalve als referentie, hetgeen neerkomt op een CO₂ emissiereductie van 56 kg CO₂/GJ_{primair} (Novem, 1999).

Volgens de landelijke cijfers voor de emissies van broeikasgassen uit de landbouw is de totale emissie van methaan uit mestopslagen in Nederland ruim 2 Mton CO₂-equivalenten (European Environment Agency, Topic report No 8,1999).⁴ In deze studie hebben we een gedetailleerde bottom-up benadering uitgevoerd om dit per type opslagsysteem en type mest te analyseren. Dit is weergegeven in bijlage 2. Door onder meer verwarming (tot 35°C) is de gasproductie van mest in een biogasinstallatie aanzienlijk hoger dan die van mest dat passief is opgeslagen in een afgedekte meststalo. Bovendien heeft ook het afdekken van vloeibare mest een reducerend effect op de emissie (Uenk et al., 1993; Williams & Nigro, 1997). Zoals in het Novem rapport “Duurzame energie en vermindering methaanemissies: emissiearme mestopslag” (Hilhorst et al., 2001) is aangegeven komt in Nederland de emissie van methaan voornamelijk uit de stal. Meer details over de berekening van de in dit rapport gebruikte emissie getallen uit bestaande mestopslagen zijn weergegeven in bijlage 2.

Door de introductie van een mestvergister wordt de huidige methaan emissie uit bestaande mestopslagen nagenoeg geheel vermeden. Ondanks het feit dat bij vergisting de methaan productie wordt gestimuleerd, wordt er niets geëmitteerd doordat in beginsel alle methaan wordt afgevangen en in de WKK eenheid wordt omgezet in CO₂.

Nadat de mest samen met eventuele ander organisch materiaal is gefermenteerd, wordt het fermentaat nog enige tijd bewaard in een naopslag tot het moment dat de mest kan worden toegepast. Hoewel het belangrijkste deel van het gemakkelijk afbreekbare

⁴ Methaanemissie kan met het GWP (Global Warming Potential) worden uitgedrukt in CO₂ equivalenten. Het GWP is de mate waarin methaan bijdraagt aan het versterkt broeikas effect ten opzichte van CO₂. Het GWP voor methaan is 21.

organisch materiaal is omgezet in gas is het emissiepotentieel van het fermentaat nog steeds belangrijk hoger dan van mest dat niet actief is vergist (Sommer et al., 2000). Sommer veronderstelt dat dit wordt veroorzaakt door toevoeging van ander organisch afval. Hij stelt voor de mest nog zeker een maand in een afgedekte naopslag te houden. De naopslag kan dan nog een, weliswaar geringe, bijdrage leveren aan de totale gasproductie (Møller, 1995). Na een maand in de naopslag is volgens Sommer de emissie van het fermentaat gelijk aan of lager dan dat van niet actief vergiste mest. Daarom is in de investeringskosten (zie paragraaf 6.2.1) in beginsel ook rekening gehouden met voldoende capaciteit wat betreft na-opslag. Verder kan de lucht uit de na-opslag, dat nog enig biogas kan bevatten, gebruikt worden als verbrandingslucht voor de gasmotor.

Mogelijke lekkage uit vergisters zou de vermeden broeikasgasemissies weer kunnen reduceren. In beginsel kunnen biogas installaties echter nagenoeg lekvrij gebouwd worden. Methaan uit na-opslag kan worden afgezogen en als verbrandingslucht in de WKK installatie worden gebruikt. Mocht er onverhoopt teveel gas geproduceerd worden dan wordt dit in geen geval geëmitteerd als methaan, maar verbrand in een fakkel of een warmwaterketel. Van belang is wel dat hier tijdens de bouw uiterst zorgvuldig mee wordt omgegaan en dat er voldoende controle plaatsvindt op mogelijke lekkage. In zijn algemeenheid kan gesteld worden dat, ondanks het feit dat installaties lekvrij kunnen worden opgeleverd, bij centrale mestinstallaties deze controle beter en efficiënter uit te voeren is dan bij boerderij schaal vergisters. Echter, gezien de stand van de techniek worden hier geen grote problemen mee verwacht. Het Silsoe Research Institute rapporteert in een MAFF rapport (Cumby, 2000) een gemiddelde lek van circa 3,5%, gemeten aan twee verschillende biogasinstallaties op boerderijschaal in de UK. Uit Cumby's werk blijkt dat de lekkages waarschijnlijk niet het gevolg zijn van gaslekken in de installatie maar te maken hebben met operationele zaken zoals het overpompen, het ventileren van gas dat te veel is en de management van het fermentaat. Echter, doordat in het hier gebruikte concept een fakkel of een warmwaterketel is opgenomen en lucht bij na-opslag kan worden afgezogen, wordt kan er van uit worden gegaan dat het methaan lek nihil is.

Na fermentatie van de mest is veel organisch gebonden stikstof vrijgekomen en direct beschikbaar als meststof. Daardoor kan stikstof nauwkeuriger worden toegediend, waardoor uiteindelijk minder stikstof uitspoelt of als lachgas en ammoniak in de atmosfeer terechtkomt. Cumby (2000) laat verder zien dat actieve vergisting tot ruim 20% reductie in uitspoeling van stikstof en 5% reductie in gasvormige emissies kan leiden. In beginsel kan dit ook leiden tot een verminderde kunstmest behoefte. Omdat dit afhankelijk is van het type bemestingsregime laten we deze post in deze studie buiten beschouwing. Eerdere TEWI analyses binnen het ROB programma hebben echter laten zien dat reductie in kunstmestgebruik de totale broeikasgasemissie reductie van mestvergisting met ongeveer 10% kan verhogen.

Doordat het gemakkelijk afbreekbaar organisch materiaal reeds is gefermenteerd, mag verwacht worden dat na het uitrijden van de mest de methaanemissie kleiner zal zijn dan

voor niet actief vergiste mest. Dit effect is echter moeilijk te kwantificeren. Het feit dat niet alle toegepaste mest onder anaërobe omstandigheden verkeert en het feit dat de bodemtemperatuur gemiddeld te laag ligt om significante methaan productie op gang te brengen, doet vermoeden dat dit effect relatief klein is. De IPCC rekent met maximaal 1% van het methaanemissie potentieel voor mest die niet actief vergist is. Vanwege het gebrek aan goede literatuur referenties op dit gebied gaan we er in deze studie van uit dat er geen verschil zit tussen CH₄ emissie in het veld van passief en actief vergiste mest.

5.2.3 DE AFVALFASE (AF)

Bij een biogasinstallatie wordt de vergiste mest niet als afval maar als een product beschouwd. De emissies tengevolge van de mest zijn daarom behandeld in de gebruiksfase. Het afval van een biogasinstallatie bestaat uit het materiaal dat na verloop van de levensduur van de installatie (ongeveer 15 jaar) moet worden vervangen zoals pompen, de WKK/motor, de silo voor naopslag, isolatiemateriaal enz. Uit eerdere studies [Van den Broek, 2000] is gebleken dat staal hier in veel gevallen een bepalende factor in is. Dit bevindt zich vooral in de gasmotor/WKK en een additionele silo voor de vergister in geval van nieuwbouw. Het gewicht aan staal van een gasmotor/WKK voor 30 kW is ongeveer 1000kg. Een stalen silo voor een nieuwbouwvergister van 1000 ton mest kan een wanddikte hebben van 5 mm en een hoogte van 3 meter. Deze silo weegt ongeveer 4000kg. Totaal is dus maximaal per installatie ongeveer 5 ton staal extra nodig. Volgens tabel A-II.3 van de TEWI richtlijnen komt de productie en vernietiging van 1 ton staal overeen met een emissie van 2 ton CO₂. Voor 5 ton staal is dat 10 ton CO₂.

5.3 OVERZICHT KWANTITATIEVE INVULLING VAN DE TEWI ANALYSE

Tabel 13a, b, c en d geven inzicht in de kwantitatieve impact van bovenstaande aanpak wat betreft broeikasgasemissies in de verschillende ketens. De gegevens zijn weergegeven op basis van kg CO₂ per m³ mest (in geval van melkkoeien: per m³ in de stal geproduceerde mest). Bij deze tabellen zijn de volgende opmerkingen van belang:

- De geproduceerde elektriciteit komt overeen met de ombouw installatie. Bij nieuwbouw is de elektriciteit- en warmteproductie 5% lager. In de finale berekening is dit meegenomen.
- Bij melkveehouderijen ontstaat vanaf een bepaalde bedrijfsgrootte de situatie dat niet meer alle warmte benut kan worden op het bedrijf en aangrenzende woonhuis. In Tabel 13a is uitgegaan van 100% warmtebenutting. In de finale berekening hebben we rekening gehouden met de werkelijk te benutten hoeveelheid warmte.
- De emissies per m³ mest voor de productie van de WKK en de silo hangen af van de totale hoeveelheid beschikbare mest. In de Tabel 13a,b,c en d zijn de gemiddelde waarden voor het grootste en het kleinste bedrijf meegenomen. In de finale berekening hebben we met de werkelijke emissie waarden gerekend.

De tabellen laten zien emissies uit materiaal productie voor de motor en de silo (indien nodig) te verwaarlozen zijn ten opzichte van de andere vermelde emissies. Verder zijn de emissies uit opslag van varkensmest ongeveer een factor 3 hoger dan die van koeienmest. Met betrekking tot de verschillende opslagsystemen kan worden vastgesteld dat de huidige emissie bij kelders het grootst is, gevolgd door de emissie uit de combi systemen. Emissies vanuit gesloten silo's zijn relatief laag. Vermeden emissies door elektriciteit en warmte productie hangen af van de biogas productie. Deze is (uitgedrukt per m³ mest) het hoogst vleesvarkens, gevolgd door gesloten bedrijven. De productie van biogas uit mest van zeugen en koeien is het laagst. Netto valt uit de tabellen op te maken dat de totale CO_{2-eq.} emissie reductie varieert tussen 32 kgCO_{2-eq./m³} stalmest voor melkkoeien en silo opslag 141 kg CO_{2-eq./m³} mest voor vleesvarkens en kelderopslag. De bijdrage van de verdringing van fossiele brandstoffen aan de totale broeikasgasemissie reductie varieert voor deze twee uitersten tussen de 94% en 35%.

Tabel 13a,b,c,d. TEWI overzicht voor respectievelijk mest van melkkoeien, vleesvarkens, zeugen en gesloten varkensbedrijven voor ombouw en nieuwbouw in vergelijking tot de huidige situatie zonder mestvergisting (kg CO_{2-eq.}/m³ mest)

	Melkkoeien	Productie WKK/silo	Opslag mest	Productie elektriciteit	Productie warmte	Totaal	Vermeden emissie
Kelder	huidige situatie	-	34	19	11	64	n.v.t.
	ombouw	0.1	-	-	-	0.1	64
	nieuwbouw	0.3	-	-	-	0.3	64
Silo	huidige situatie	-	1.9	19	11	32	n.v.t.
	ombouw	0.1	-	-	-	0.1	32
	nieuwbouw	0.3	-	-	-	0.3	32
Combi	huidige situatie	-	29	19	11	60	n.v.t.
	ombouw	0.1	-	-	-	0.1	59
	nieuwbouw	0.3	0.6	-	-	0.9	59

	Vleesvarkens	Productie WKK/silo	Opslag mest	Productie elektriciteit	Productie warmte	Totaal	Vermeden emissie
Kelder	huidige situatie	-	91	32	18	141	n.v.t.
	ombouw	0.1	-	-	-	0.1	141
	nieuwbouw	0.3	-	-	-	0.3	141
Silo	huidige situatie	-	7	32	18	57	n.v.t.
	ombouw	0.1	-	-	-	0.1	57
	nieuwbouw	0.3	-	-	-	0.3	57
Combi	huidige situatie	-	69	32	18	119	n.v.t.
	ombouw	0.1	-	-	-	0.1	119
	nieuwbouw	0.3	1.5	-	-	1.8	117

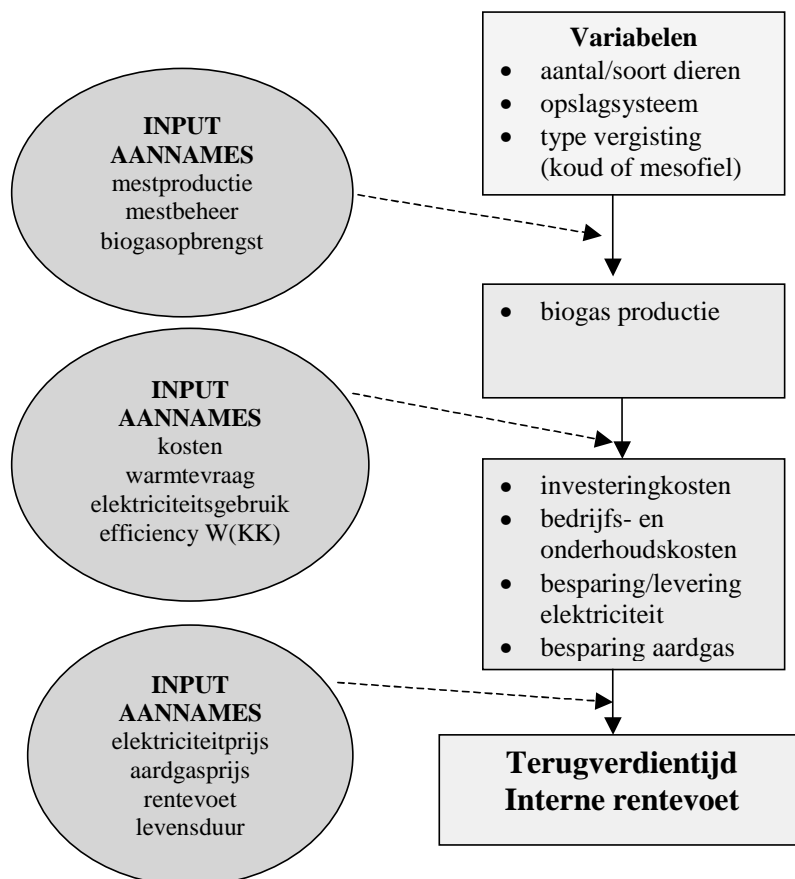
	Zeugen	Productie WKK/silo	Opslag mest	Productie elektriciteit	Productie warmte	Totaal	Vermeden emissie
Kelder	huidige situatie	-	91	19	11	122	n.v.t.
	ombouw	0.1	-	-	-	0.1	122
	nieuwbouw	0.7	-	-	-	0.7	121
Silo	huidige situatie	-	7	19	11	37	n.v.t.
	ombouw	0.1	-	-	-	0	37
	nieuwbouw	0.7	-	-	-	0	37
Combi	huidige situatie	-	69	19	11	100	n.v.t.
	ombouw	0.1	-	-	-	0	99
	nieuwbouw	0.7	1.5	-	-	2.1	97

	Gesloten bedrijven	Productie WKK/silo	Opslag mest	Productie elektriciteit	Productie warmte	Totaal	Vermeden emissie
Kelder	huidige situatie	-	91	27	15	134	n.v.t.
	ombouw	0.2	-	-	-	0	134
	nieuwbouw	0.9	-	-	-	0.9	133
Silo	huidige situatie	-	7	27	15	49	n.v.t.
	ombouw	0.2	-	-	-	0	49
	nieuwbouw	0.9	-	-	-	1	48
Combi	huidige situatie	-	69	27	15	112	n.v.t.
	ombouw	0.2	-	-	-	0	112
	nieuwbouw	0.9	1.5	-	-	2.4	109

6 ECONOMISCHE ANALYSE

6.1 MODELBESCHRIJVING

Om de verschillende systemen, zoals gedefinieerd in Tabel 6 in paragraaf 3.2.3, te onderzoeken op economische haalbaarheid, is een rekenmodel gemaakt. De opzet van dit rekenmodel is weergegeven in Figuur 2. In het vervolg van dit hoofdstuk zal onderstaand rekenmodel toegepast worden om per bedrijfssysteem en bedrijfsgrootte de economische haalbaarheid te bepalen.



Figuur 2: systematische weergave van het rekenmodel dat gebruikt is voor het uitvoeren van een economische analyse

6.1.1 BIOGASOPBRENGSTEN

De biogasopbrengsten van het vergistingsproces zijn afhankelijk van de hoeveelheid en de samenstelling van de mest, de vergistingsduur en de vergistingstemperatuur. In het vervolg van deze paragraaf zullen de input en aannames toegelicht worden die hiervoor gemaakt zijn.

De biogasproductie in een vergister is rechtevenredig met de hoeveelheid organische stof in de mest. In Tabel 14 staan de productie en samenstelling van mest weergegeven.

Tabel 14: productie en samenstelling van mest

	Totale productie m ³ /jr/dier ¹	Droge stof (%)	Organische stof (als % van de droge stof)	Dichtheid ¹ (kg/l mest)	Maximale biogas productie (m ³ per kg os ² / 10 ³ m ³ per m ³ mest)
Melkkoe ³	31.7 ⁴	10%	70%	1.005	0.25 / 0.017
Vleesvarken	1.2	8%	80%	1.040	0.45 / 0.028
Zeug	5.5	5%	80%	1.024	0.45 / 0.018

¹ Lent, 2000

² Gemiddelde waarde van o.a. Zeeman (1991) en Chen (1978).

³ Inclusief jongvee (rundvee jonger dan 2 jaar).

⁴ Inclusief weideproductie. Dit komt goed overeen met de hoeveelheden mest op de Marke (zie 4.3.2)

Deze waarden zijn gemiddelden voor de mest in Nederland. Het kan in de praktijk voorkomen dat sommige veehouderijen mest met een andere samenstelling produceren (bijv. door een ander waterbeheer tijdens het schoonmaken).

In de rundveehouderij worden de meeste dieren 's zomers in de wei gelaten. Dit zorgt ervoor dat in deze periode van 6 maanden gemiddeld 60% van de geproduceerde mest in de stal beschikbaar is (van der Hoek, 2000).

6.1.2 VERGISTINGSTEMPERATUUR

Vergisting kan plaatsvinden op verschillende temperaturen (zie paragraaf 2.1). De biogasopbrengst die in de praktijk behaald wordt hangt af van de temperatuur en de verblijftijd in de vergister. In bijlage 4 worden de verschillen tussen koude en mesofiele vergisting in detail besproken.

6.2 INPUTDATA IN HET MODEL

6.2.1 INVESTERINGSKOSTEN

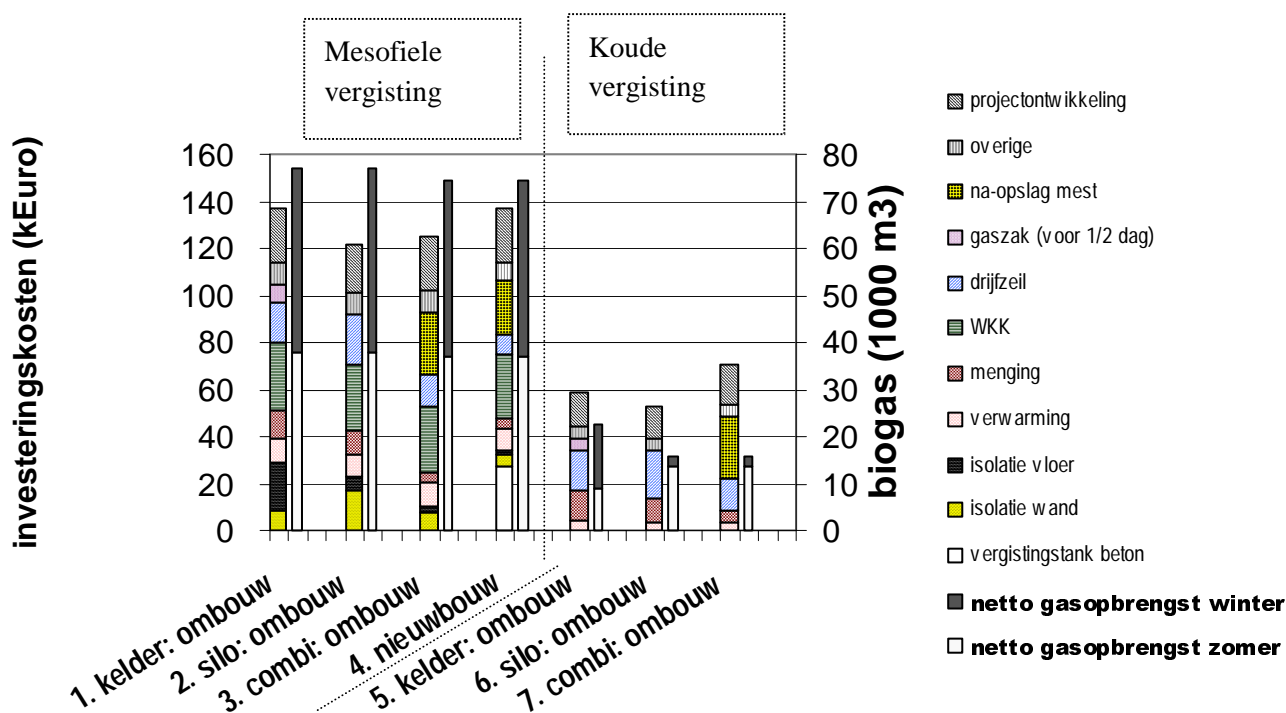
Voor het berekenen van de investeringskosten voor de diverse bedrijfssituaties is gekeken naar de afzonderlijke kosten van de verschillende benodigdheden voor ombouw van de bestaande mestopslag tot een vergister of nieuwbouw van een vergister. Hierbij is gebruik gemaakt van offertes van o.a. Ecogas, Lipp, Bos Benelux BV, DISTRIMEX pompen, Vogelsang, ISS BV, Habo BV, PAS opslagsystemen BV, Biolene, Agrotel en

Agrikomp. Door gebruik te maken van schaalfactoren⁵ is het mogelijk om voor elke bedrijfsgrootte de investeringskosten te berekenen. In bijlage 5 wordt een overzicht gegeven van de meegenomen systeemonderdelen.

Voor de na-opslag van de vergiste mest zijn extra voorzieningen nodig in geval van een kelder met (half)open roostervloer (zie paragraaf 3.4). De kosten en mogelijke problemen van de verschillende opties voor na-opslag bij deze systemen staan weergegeven in bijlage 6. Voor de na-opslag is gekozen om gebruik te maken van een mestzak. De benodigde capaciteit van de mestzak voor de na-opslag is afhankelijk van het bestaande mestopslagsysteem en de verblijftijd van de mest in de vergister.

Elk systeem heeft zijn eigen systeemonderdelen nodig en heeft hierdoor eigen investeringskosten, afhankelijk van de bedrijfsomvang. Hiernaast zullen er nog kosten voor de projectontwikkeling zijn (20% van de totale investeringskosten). De projectontwikkeling zal bestaan uit o.a. het ontwerp van de installatie, het aanvragen van de milieuvergunning, het aanvragen van offertes voor vergistingsinstallaties, het onderhandelen over de terugleververgoeding voor de elektriciteit en bouwbegeleiding. In Figuur 3 is voor een vleesvarkensbedrijf met 2500 vleesvarkens weergegeven wat bij zowel mesofiele als koude vergisting de investeringskosten voor de diverse componenten van de verschillende systemen zijn. Verder geeft Figuur 3 per systeem de omvang van de biogasopbrengst in de zomer en in de winter.

⁵ Een schaalfactor wordt gebruikt om de kosten van een installatie te berekenen in verhouding tot de kosten van een installatie van andere omvang. In formulevorm: $\text{Kosten B} = \text{Kosten A} * [\text{Grootte B} / \text{Grootte A}]^{\text{schaalfactor}}$. De schaalfactor is een getal tussen 0 en 1, waarbij een schaalfactor van 1 betekent dat er geen schaalvoordeel is bij een dergelijke installatie.

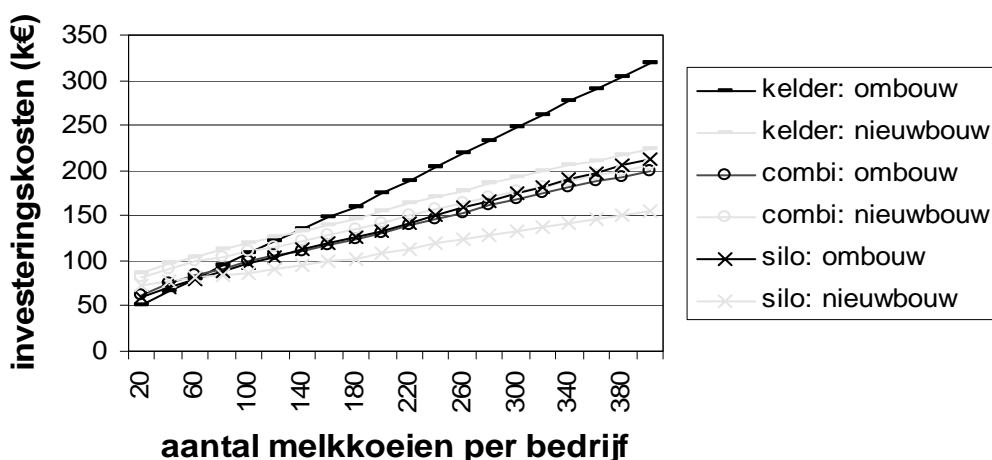


Figuur 3 : investeringskosten (inclusief 20% projectontwikkelingskosten) en gasopbrengst voor de verschillende systemen voor een bedrijf met 2500 vleesvarkens. 1-4 heeft betrekking op mesofiele vergisting, 5-7 op koude vergisting. Bij nieuwbouw is de hoeveelheid na-opslag afhankelijk van het aanwezige opslagsysteem. In deze figuur is uitgegaan van 4 maanden na-opslag, wat het geval is bij een combinatiesysteem.

Bij koude vergisting zijn de investeringskosten lager dan bij mesofiele vergisting. Er hoeft hier namelijk niet geïsoleerd en verwarmd te worden. De gasopbrengst is echter zodanig laag, dat een WKK niet rendabel is⁶. Bij koude vergisting gaan we er derhalve van uit dat er alleen warmte geproduceerd m.b.v. een warmwaterketel.

In Figuur 4 staan de investeringskosten voor een melkveehouderij met een variërend aantal melkkoeien. In deze figuur is te zien dat een aantal basisinvesteringen gedaan moeten worden, onafhankelijk van de bedrijfsomvang. Dit zijn kosten voor o.a. de menger, de warmteleiding, de mestpomp en de mestafvoer uit de vergister. Maar ook de WKK en de vergistingstank hebben, door hun minimale leverbare grootte, relatief hoge kosten bij kleine bedrijfsomvang. Voor alle systemen geldt dat de investeringen per dier lager worden bij toenemende bedrijfsgrootte.

⁶ Bij 2500 vleesvarkens zou er bij 7000 draaiuren een vermogen van ongeveer 6 kWe geleverd worden. De kleinste WKK's zijn rond de 20 kW.



Figuur 4: investeringskosten voor een mestvergister (exclusief projectontwikkeling) als functie van het aantal melkkoeien. De zwarte lijnen zijn voor de ombouwssystemen; de lichte lijnen representeren nieuwbouw.

Uit Figuur 4 valt tevens op te maken dat de investeringskosten bij kleine bedrijfsomvang, oftewel bij een kleine hoeveelheid te vergisten mest, lager zijn voor ombouw dan voor nieuwbouw. De hoofdoorzaken hiervan zijn de kosten voor een nieuwe vergistingstank bij nieuwbouw, en de noodzaak voor na-opslag in een mestzak (geldt niet voor het silosysteem). Bij grotere bedrijfsomvang is nieuwbouw goedkoper. Dit komt voornamelijk doordat de afmetingen van de bestaande opslagen niet optimaal zijn voor vergisting. Bij ombouw zorgt dit voor hoge kosten voor voornamelijk isolatie, gasafdekking en menging. Op grote schaal is een nieuwe vergistingstank goedkoper dan de meerkosten door de niet-optimale afmetingen van de bestaande opslag. De omslagpunten waar nieuwbouw goedkoper wordt dan ombouw liggen bij een silosysteem ongeveer bij 70 melkkoeien, 1600 vleesvarkens, 400 zeugen en in geval van gesloten bedrijven bij 1100 vleesvarkens. Bij het keldersysteem wordt dit omslagpunt bereikt bij ongeveer 150 melkkoeien, 2300 vleesvarkens, 600 zeugen en in geval van gesloten bedrijven bij 1500 vleesvarkens. Voor het combinatiesysteem geldt dat zowel bij kleine als bij grote bedrijfsomvang ombouw goedkoper is. Dit komt voornamelijk doordat de silo qua afmetingen redelijk overeenstemt met de optimale afmetingen van een vergister.

De gasopbrengsten zijn iets hoger bij ombouw. Dit geringe verschil is te verklaren doordat bij ombouw de mest gemiddeld langer in de opslag aanwezig kan zijn dan bij nieuwbouw. Bij nieuwbouw is de vergister gedimensioneerd op de verblijftijd.

6.2.2 WARMTE- EN ELEKTRICITEITPRODUCTIE

Het biogas wordt in een warmwaterketel of in een WKK omgezet in warmte en/of elektriciteit. In Tabel 15 staan aannames over de efficiency waarmee dit gebeurt.

Tabel 15: techno-economische gegevens warmte- en elektriciteitsproductie

Energie-inhoud biogas	23 MJ/Nm ³
warmwaterketel	
bruto thermisch rendement	95%
Gasmotor	
bruto thermisch rendement	30%
bruto elektrisch rendement	50%
eigen gebruik vergister	
elektriciteit	3650 kWh ¹
Warmte	20-30% van de energie-inhoud van het biogas ²

¹ Nodig voor een 5 kW mestpomp, 2 uur per dag. Voor een 20 kW motor met 7000 draaiuren is dit 2.5% van de elektriciteitsproductie.

² De warmtevraag van de vergister is berekend met de volgende formule: hoeveelheid mest * soortelijke warmte mest * (temperatuur vergister - temperatuur mest) * (1+extra warmte nodig door warmteverlies). Hierbij is de soortelijke warmte van mest 4.2 kJkg⁻¹K⁻¹ en de extra warmte nodig door warmteverlies ongeveer 1/3 (Nes et al., 1990). 56% hiervan is in de winter nodig (PR, 2001).

In bijlage 7 wordt een overzicht gegeven van de techno-economische gegevens die gebruikt zijn m.b.t. warmte en elektriciteit.

6.2.3 WARMTE- EN ELEKTRICITEITSVRAAG

Het product van de vergistingsinstallatie is warmte, en in geval van een WKK eveneens elektriciteit. Warmte is alleen nuttig indien het ter plekke kan worden afgezet, elektriciteit kan voor eigen gebruik ingezet worden of als duurzaam opgewekte elektriciteit teruggeleverd worden aan het net. Een uitgebreide beschrijving van de warmte- en elektriciteitsvraag op de verschillende bedrijven en de verdeling over het jaar wordt gegeven in bijlage 7. In Tabel 16 en Tabel 17 staan de warmte- en elektriciteitsvraag zoals deze in de berekeningen zijn gebruikt. De kosten en opbrengsten van elektriciteit en warmte staan eveneens in bijlage 7.

Tabel 16: elektriciteitsvraag veehouderijen, gebaseerd op Hoste (1995) en Welten (1994)

<i>elektriciteitsvraag</i>	<i>grootte eenheid</i>
Woonhuis	3,025 kWh/jr
melkveebedrijf	504 kWh/jr per melkkoe
vleesvarkensbedrijf	36 kWh/jr per vleesvarken
zeugenbedrijf	190 kWh/jr per zeug

Tabel 17: omvang van de warmtevraag van de diverse veehouderijen en de verdeling hiervan over het jaar, gebaseerd op Hoste (1995), Hageman et al. (1996) en Welten (1994)

<i>warmtevraag</i>	<i>grootte</i>	<i>eenheid</i>
huis	96900	MJ/jr
per melkkoe	1530	MJ/jr per melkkoe
per vleesvarken	420	MJ/jr per vleesvarken
per zeug	4100	MJ/jr per zeug

6.2.4 FINANCIERING

Indien er geïnvesteerd gaat worden in een vergister kan er zeer waarschijnlijk gebruik gemaakt worden van een groenlening. Deze leningen hebben een rentepercentage dat gemiddeld 0.5 tot 0.75% lager ligt dan het marktpercentage (Dreeuws, 2001).

Een vergistingsinstallatie op een boerderij valt onder de financiële stimuleringsmaatregelen VAMIL (Regeling Willekeurige Afschrijving Milieu-investeringen) en de EIA (Energie Investerings Aftrek). De VAMIL houdt in dat de investering in de vergister in een te kiezen jaar afgeschreven mag worden. Versnelde afschrijving leidt in dit geval dus tot een rentevoordeel. De EIA houdt in dat 55% van de investering extra mag worden afgeschreven, d.w.z. van het belastbare bedrag mag worden afgetrokken. Dit mag gebeuren tussen 3 jaar voor en 6 jaar na het moment van investeren (carry-back, carry-forward principe). Van voorafgaande jaren kan dus belasting worden teruggevraagd (Senter, 2001). Voor de toekenning van de EIA en de VAMIL geldt dat het overall energetisch rendement⁷ minimaal 35% dient te zijn. Hiernaast geldt de eis dat er een netto opbrengst van energie moet zijn, gerekend over de totale keten van voorbehandeling tot en met eindproduct en een gedeelte van de niet mechanische of elektrische energie nuttig wordt aangewend (Senter, 2001). Omdat het bruto elektrisch rendement van een gasmotor van een vergister op boerderijschaal normaliter rond de 30% ligt, betekent dit dat vergisting op boerderijschaal alleen in aanmerking komt voor de EIA en VAMIL indien er (gedeeltelijke) warmteafzet mogelijk is.

Per bedrijf zal het voordeel op boerderijniveau van de EIA en de VAMIL variëren, afhankelijk van de winst van het bedrijf. De winst van het bedrijf bepaalt welk belastingtarief gehanteerd wordt en hoe snel de afschrijving kan plaatsvinden. Hoe groter de winst van het bedrijf, des te meer wordt er bespaard door de EIA en de VAMIL. In bijlage 8 wordt uitgebreider ingegaan op de benutting van de EIA en de VAMIL.

⁷ Het energetisch rendement wordt gedefinieerd als: elektrisch rendement + 2/3 * het thermisch rendement voor nuttig aangewende warmte

In Tabel 18 staan enkele techno-economische kentallen die gebruikt zijn bij de berekeningen.

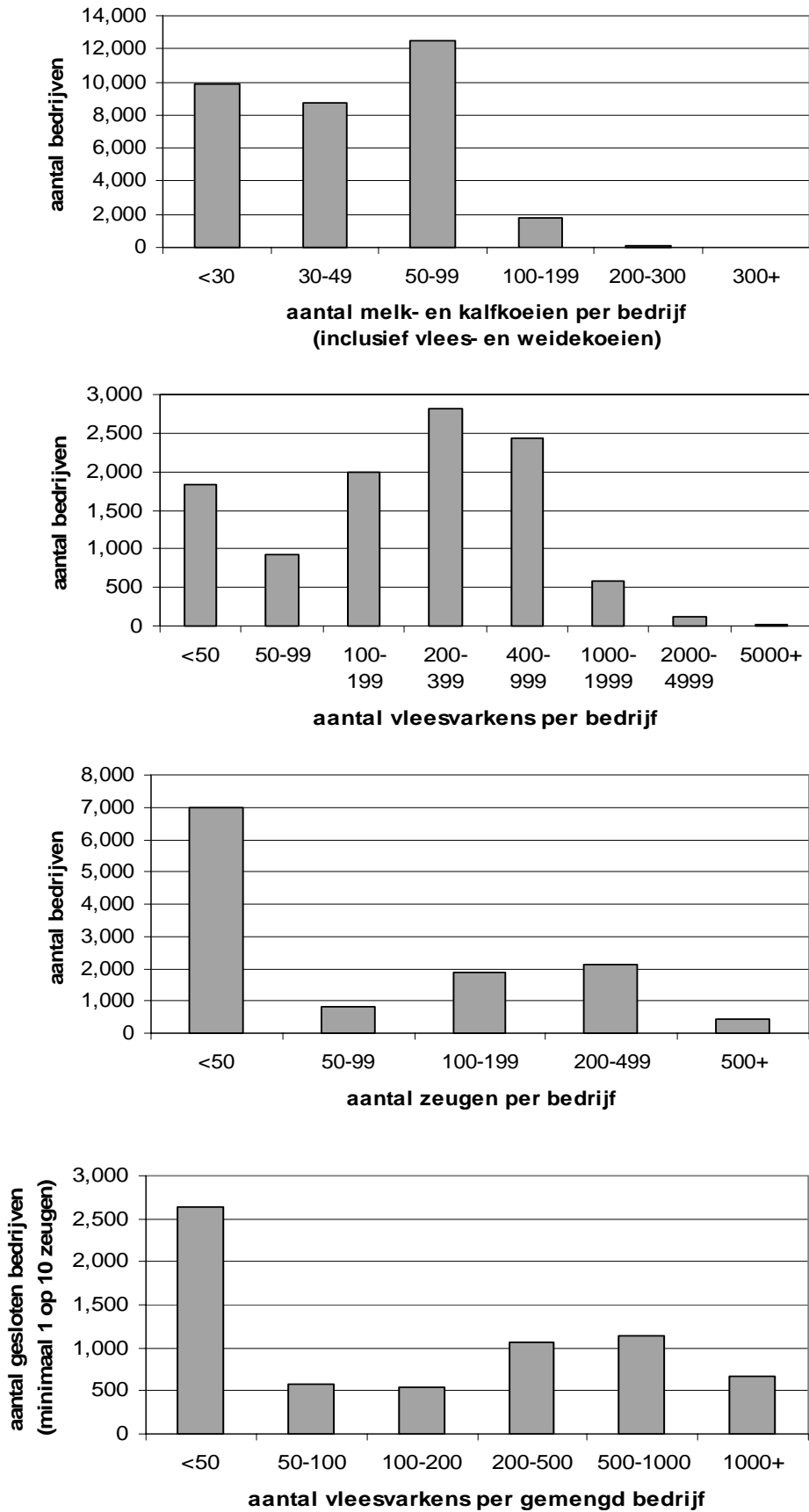
Tabel 18: techno-economische kentallen

<i>Kental</i>	<i>Waarde</i>
Rentevoet	4.5%
Levensduur installatie	15 jaar
Verzekering en onderhoud	4% van de investering
EIA/VAMIL voordeel	44.9% ¹ van de investering
Maximaal aantal draaiuren WKK	7000 uur/jaar
Hoogte:diameter bestaande silo	0.3
Hoogte:diameter nieuwe vergister	0.5
Diepte kelders	1.5 meter

¹ Dit is een bedrag dat vóór belasting is getrokken, uitgaand van een gemiddeld belastingtarief van 35% (voor BV's) en de mogelijkheid de EIA en VAMIL maximaal te benutten. De werkelijke teruggave ná belasting bedraagt 29.2%.

6.3 VERDELING BEDRIJFSGROOTTE

Voordat de economische haalbaarheid wordt bepaald voor de verschillende bedrijfstvormen en bedrijfsomvang, is het nuttig om inzicht te hebben in de verdeling van de bedrijfsgrootten van veehouderijen in Nederland. Figuur 5 geeft een overzicht van deze verdeling voor de melkveehouderij, de varkenshouderij, de zeugenhouderij en de gesloten bedrijven.



Figuur 5a-d: verdeling van de bedrijfsgrootten van veehouderijen in Nederland. Bron: CBS, 2000; voor de gesloten bedrijven: CBS, 1996

Met behulp van de verdeling van de bedrijfsgrootten is per grootteklasse een hoeveelheid dieren berekend. Hiervoor is per grootteklasse het gemiddeld aantal dieren vermenigvuldigd met het aantal bedrijven. Het totaal aantal dieren uit deze berekening komt niet precies overeen met de waarden van het CBS (1999). Om dit bij te stellen is er gecorrigeerd m.b.v. een correctiefactor. In Tabel 19 zijn de aantallen dieren per grootteklasse weergegeven.

Tabel 19: aantallen dieren per grootteklasse, berekend a.d.h.v. CBS waarden van 1999.

<i>Melkkoeien</i> ¹		<i>Vleesvarkens</i> ²		<i>Zeugen</i> ²		<i>Vleesvarkens</i> ²	
Aantal dieren per bedrijf	Totaal aantal dieren	Aantal dieren per bedrijf	Totaal aantal dieren	Aantal dieren per bedrijf	Totaal aantal dieren	Aantal dieren per bedrijf	Totaal aantal dieren
<30	135,294	<50	44,430	<50	134,131	<50	70,364
30-49	318,952	50-99	68,288	50-99	47,330	50-100	45,719
50-99	853,484	100-199	290,243	100-199	214,687	100-200	87,602
100-199	248,941	200-399	825,301	200-499	565,773	200-500	395,756
200-300	23,291	400-999	1,665,988	500+	250,199	500-1000	906,396
300+	8,038	1000-1999	858,897			1000+	1,058,262
		2000-4999	385,140				
		5000+	61,593				

¹ In 1999 waren er 1,588,000 melkkoeien exclusief stieren, jongvee, vleeskalveren en weide-, vlees- en zoogkoeien (CBS).

² In 1999 waren er in totaal 6,774,000 vleesvarkens en 1,554,000 zeugen (CBS), exclusief biggen.

In Tabel 20 wordt de mestproductie volgens het model weergegeven en het bijbehorende biogaspotentieel. De mestproductie volgens het model is berekend met de mestproductie per dier per jaar zoals gegeven in Tabel 14, paragraaf 6.1.1.

Tabel 20: mestproductie en totale biogaspotentieel volgens het model

	<i>Melkkoeien</i>	<i>Varkens</i>	<i>Zeugen</i>	<i>Vleesvarkens gesloten bedrijf</i>	<i>Zeugen gesloten bedrijf</i>	<i>Varkens totaal</i>
Aantal dieren *1000 (CBS 1999)	1,588	4,200	1,219	2,564	342	8,325
Mestproductie volgens model (kton/jr)	49,389 ¹	5,040	6,704	3,077	1,880	16,701
Biogaspotentieel volgens model (PJ/jr)	20.0	3.5	2.8	2.1	0.8	9.2
Mestproductie volgens CBS in 1999 (kton/jr)	52,225 ²					14,700 ³

¹ Inclusief weideproductie.

² Voor alle rundvee, inclusief stieren, jongvee, vleeskalveren en weide-, vlees- en zoogkoeien. Inclusief weideproductie

³ Voor alle varkens, inclusief biggen.

Het verschil tussen de CBS data en de waarden uit het model zou verklaard kunnen worden door verschil in het droge stofgehalte van de mest. Bij de berekeningen is gebruik gemaakt van de modelwaarden.

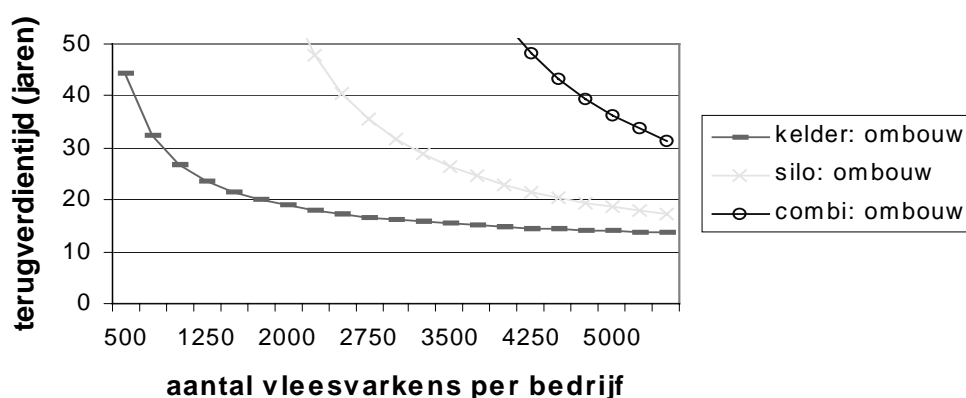
6.4 RESULTATEN ECONOMISCHE ANALYSE

In de agrarische sector worden investeringen veelal beoordeeld op de terugverdientijd⁸. Een verklaring waarom de terugverdientijd als belangrijk criterium geldt is dat de agrariër vrij eenvoudig kan overzien na hoeveel jaar hij winst op de investering gaat maken.

De termijn die binnen de agrarische sector tegenwoordig als rendabel wordt ervaren voor de terugverdientijd ligt, bij installaties met een vergelijkbare levensduur van ongeveer 15 jaar, rond de 6 a 7 jaar⁹ (Kool, 2001). Dit komt doordat boeren niet teveel risico willen nemen voor de verdere toekomst omdat het toekomstperspectief van de sector relatief onzeker is. Investerings moeten zich dus vrij snel kunnen terugverdienen. Het is enigszins subjectief vanaf welke bedrijfsgrootte mestvergisting rendabel wordt, m.a.w. welke terugverdientijd als rendabel wordt beschouwd. In deze studie wordt een terugverdientijd van 7 jaar of minder als rendabel gedefinieerd. Een vergistingsinstallatie wordt in deze studie kostendekkend genoemd indien de interne rentevoet (IRV) gelijk is aan de rente waartegen geleend kan worden (4.5%)¹⁰.

Voor de verschillende systemen is, voor variërende bedrijfsomvang, de terugverdientijd bepaald voor het ombouwen van de bestaande installatie dan wel voor het bouwen van een nieuwe vergister.

Figuur 6 geeft de terugverdientijd weer voor toepassing van koude vergisting op de verschillende bedrijven. Bij koude vergisting wordt geen WKK gebruikt, de gasopbrengsten zijn te laag hiervoor (zie bijlage 4).



Figuur 6: terugverdientijd voor de bouw een vergistingsinstallatie bij vleesvarkensbedrijven, koude vergisting zonder WKK

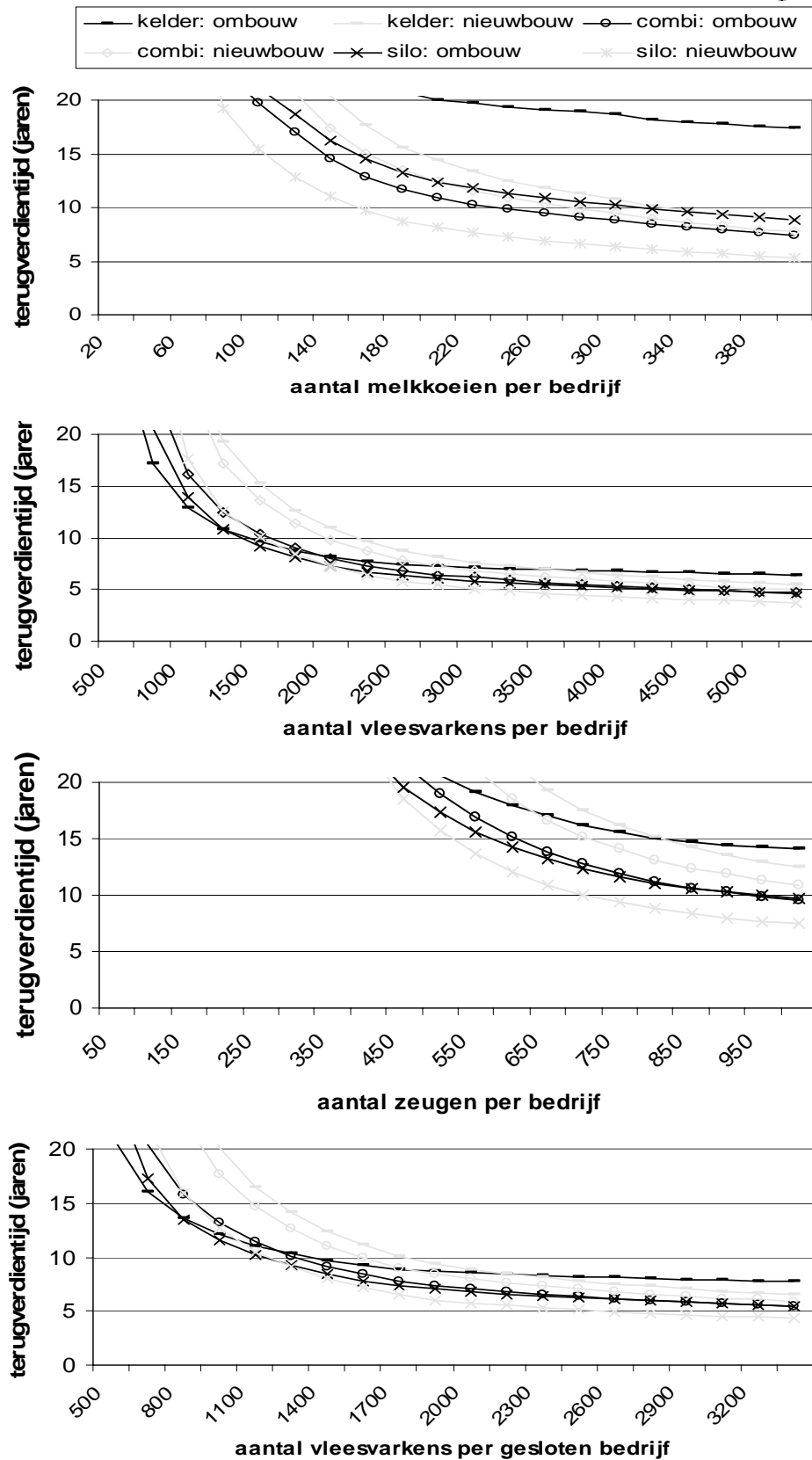
Koude vergisting is voor geen van de mogelijke bedrijfssituaties rendabel of kostendekkend. De voornaamste oorzaak hiervan is de lage gasopbrengst. Koude vergisting zal om deze reden niet verder onderzocht worden.

Figuur 7a-d geeft de terugverdientijd weer voor toepassing van mesofiele vergisting op de verschillende bedrijven.

⁸ De terugverdientijd is gedefinieerd als: Investering / (Jaarlijkse opbrengst zonder de kapitaallast).

⁹ Een terugverdientijd van 7 jaar komt overeen met een interne rentevoet van 11.5% bij een levensduur van 15 jaar.

¹⁰ Bij een IRV van 4.5% en een levensduur van 15 jaar is de terugverdientijd 10.7 jaar.



Figuur 7a-d: terugverdiertijden voor om- dan wel nieuwbouw van een vergistingsinstallatie, mesofiele vergisting met biogasbenutting in een WKK

Mesofiele vergisting wordt rendabel vanaf een bepaalde bedrijfsomvang, afhankelijk van het bestaande mestopslagsysteem. Bij grotere bedrijfsomvang is er meer mest beschikbaar voor vergisting, en hierdoor wordt het financiële plaatje gunstiger. Bij deze grotere bedrijfsgrootte is nieuwbouw de beste keuze, alleen voor het combisysteem blijft ombouw aantrekkelijker. In Tabel 21 wordt een overzicht gegeven van de minimale rendabele bedrijfsgrootte voor de verschillende systemen. Tevens is aangegeven of ombouw dan wel nieuwbouw de beste keuze is.

Tabel 21: minimale bedrijfsomvang voor de verschillende systemen voor het rendabel respectievelijk kostendekkend bedrijven van een vergistingsinstallatie, met keuze voor om- of nieuwbouw

Bedrijfssoort	Mestopslagsysteem	Minimale omvang (aantal dieren)		Ombouw/nieuwbouw
		Rendabel ¹	Kostendekkend ¹	
Melkvee	Kelder	>400	300	Nieuwbouw
Melkvee	Combi	>400	200	Ombouw
Melkvee	Silo	250	140	Nieuwbouw
Vleesvarkens	Kelder	3400	2000 / 1250 ³	Nieuwbouw
Vleesvarkens	Combi	2400	1500	Ombouw
Vleesvarkens	Silo	2100	1500 / 1250 ⁴	Nieuwbouw
Zeugen	Kelder	>1000	800	Nieuwbouw
Zeugen	Combi	>1000	> 1000	Ombouw
Zeugen	Silo	>1000	650	Nieuwbouw
Gesloten	Kelder	2900 ²	2100 / 1200 ⁵	Nieuwbouw
Gesloten	Combi	2000 ²	1150	Ombouw
Gesloten	Silo	1600 ²	1100	Nieuwbouw

¹ Rendabel is gedefinieerd als hebbende een terugverdientijd van 7 jaar, kostendekkend 10.7 jaar

² Aantal vleesvarkens; voor elke 15 vleesvarkens zijn er 2 zeugen op het gesloten bedrijf.

³ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 3250 vleesvarkens.

⁴ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 1800 vleesvarkens.

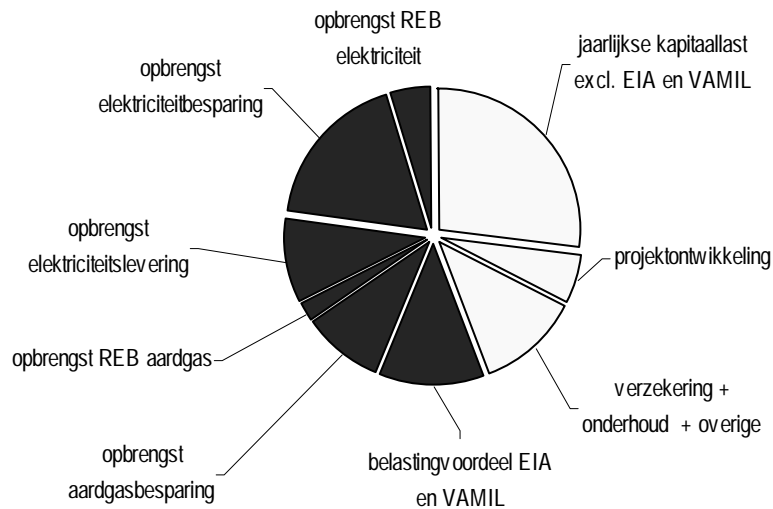
⁵ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 2100 vleesvarkens (en bijbehorend 280 zeugen).

Bedrijven met een silosysteem hebben het minste aantal dieren nodig om rendabel te kunnen vergisten, bedrijven met een kelder de meeste. Bedrijven met vleesvarkens hebben de minste mest nodig voor rendabele vergisting. Dit komt voornamelijk door de grotere biogasopbrengst per m³ mest.

Met behulp van de verdeling van de bedrijfsgrootten (zie Figuur 5, paragraaf 6.3) en de minimale bedrijfsgrootte voor rendabele vergisting (Tabel 21) kan geschat worden op hoeveel bedrijven rendabel vergist kan worden. Voor de melkveehouderij zijn dit maximaal 124 bedrijven (102 in de grootteklasse 200-300 en 22 grootteklasse 300+), voor de vleesvarkenshouderij maximaal 124 (113 grootteklasse 2000-5000 en 11 grootteklasse 5000+), voor de zeugenhouderij maximaal 434 (grootteklasse 500+) en voor de gesloten bedrijven maximaal 662 bedrijven (grootteklasse 1000+). Er kan dus

geconstateerd worden dat bij slechts een klein gedeelte van de veehouderijen in Nederland rendabele vergisting van alleen mest mogelijk is.

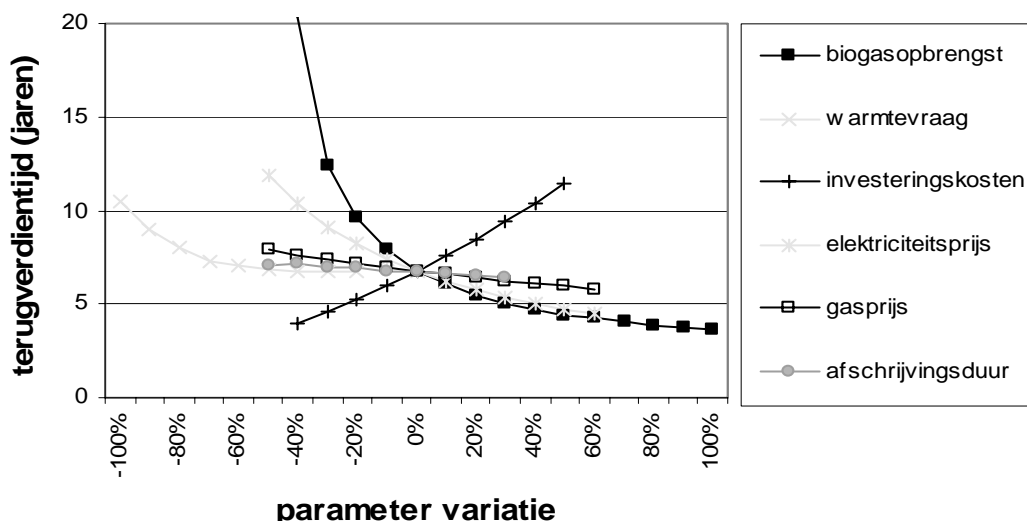
In Figuur 8 wordt de verhouding tussen inkomsten en uitgaven weergegeven voor de bouw van een vergistingsinstallatie van alleen mest op een vleesvarkensbedrijf met 2500 vleesvarkens en een combinatiesysteem als mestopslag. In de figuur is te zien dat het grootste deel van de jaarlijkse kosten voort komt uit de kapitaallast. Het grootste gedeelte van de inkomsten komt voort uit elektriciteitsproductie.



Figuur 8: verhouding tussen inkomsten en uitgaven weergegeven voor een vleesvarkensbedrijf met 2500 vleesvarkens en een combinatiesysteem als mestopslag

6.5 GEVOELIGHEIDSANALYSE

Voor de belangrijkste parameters is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. In Figuur 9 staan de resultaten hiervan weergegeven.



Figuur 9: effect van mogelijke variatie van belangrijke parameters op de terugverdiëntijd, uitgevoerd bij een bedrijf met 2500 vleesvarkens en een combisysteem

De terugverdiëntijd is het meest gevoelig voor de variatie in de gasopbrengst. Dit komt omdat de inkomsten (van elektriciteit en warmte) direct afhankelijk zijn van de hoeveelheid biogas die geproduceerd wordt. Deze parameter is in de praktijk echter relatief goed te voorspellen. Hiernaast is de terugverdiëntijd gevoelig voor de hoogte van de investeringskosten. In Figuur 8 was reeds te zien dat de kapitaallast de grootste kostenpost op de jaarbalans is. De terugverdiëntijd is relatief ongevoelig voor de grootte van de warmtevraag. Dit komt doordat de warmtevraag in de meeste gevallen groter is dan de door de WKK geleverde warmte. Bij de varkenshouderij wordt 's zomers gemiddeld 48% van de warmtevraag gedekt, 's winters 33%. Bij de melkveehouderij is dit 75% en 98%, bij de zeugenhouderij 24% en 16%, bij de gesloten bedrijven 46% en 33%. De gevoeligheid voor de warmtevraag in de melkveehouderij is derhalve groter.

6.6 CONCLUSIES OMBOUW/NIEUWBOUW

De economische haalbaarheid van vergisting is afhankelijk van het type dier, het aantal dieren, en van het huidige type mestopslagsysteem. De volgende waarnemingen hebben betrekking op alle diersoorten.

- Bij kleine bedrijfsomvang geldt voor alle systemen dat voor ombouw een kleinere investering nodig is dan voor nieuwbouw. Dit komt voornamelijk door de relatief hoge investeringskosten van een nieuwe vergistingstank in geval van nieuwbouw. Ook voor een combinatiesysteem en het silosysteem is ombouw bij kleine bedrijfsomvang goedkoper dan nieuwbouw. Aangezien de gasopbrengsten bij ombouw en nieuwbouw ongeveer gelijk zijn, zal bij kleine bedrijfsomvang ombouw economisch aantrekkelijker zijn. Echter, bij deze kleine bedrijfsomvang is mestvergisting zonder co-fermentaten in de meeste gevallen sowieso niet rendabel.

- Bij grotere bedrijfsomvang kan mestvergistings wel rendabel zijn (zie Tabel 22). Bij deze grotere bedrijfsomvang is nieuwbouw het gunstigst voor zowel het keldersysteem als het silosysteem. Bij het silosysteem wordt de bestaande opslag gebruikt als na-opslag. Nieuwbouw is hier voordeliger, omdat de afmetingen van de bestaande opslag ongunstig zijn voor vergisting. Dit leidt tot hoge kosten voor voornamelijk isolatie, gasafdekking en menging. Voor het combinatiesysteem blijft ombouw van de silo voordeliger. Dit komt voornamelijk doordat de silo ongeveer dezelfde afmetingen heeft als een optimaal gedimensioneerde vergistingstank.
- Bij grotere bedrijfsomvang is het silosysteem het voordeligst, daarna het combinatiesysteem, en als laatste het keldersysteem. Het silosysteem is het gunstigst omdat er geen nieuwe na-opslag nodig is. Het keldersysteem is het ongunstigst vanwege de benodigde nieuwe na-opslag van 5 maanden.
- Slechts bij een klein gedeelte van de veehouderijen in Nederland is rendabele vergisting van alleen mest mogelijk. Een overzicht van de minimale bedrijfsomvang voor rendabel respectievelijk kostendekkend vergisten van mest, met bijbehorend potentieel aantal bedrijven in Nederland en aantal dieren, is weergegeven in Tabel 22.

Tabel 22: Minimale bedrijfsomvang voor rendabel respectievelijk kostendekkend vergisten van mest, met bijbehorend potentieel aantal bedrijven in Nederland en aantal dieren

Bedrijfssoort	Mestopslag-systeem	Minimale omvang (aantal dieren)		Maximaal aantal bedrijven ⁶		Maximaal aantal Dieren (*1000) ⁶	
		Rendabel ¹	Kosten-dekkend ¹	Rendabel ¹	Kosten-dekkend ¹	Rendabel ¹	Kosten-dekkend ¹
Melkvee	Kelder	>400	300	13	13	4.7	4.7
Melkvee	Combi	>400	200	4	24	1.5	5.5
Melkvee	Silo	250	140	17	279	4.5	35.5
Vleesvarkens	Kelder	3400	2000 ³	38	73	157	262
Vleesvarkens	Combi	2400	1500	5	79	74	292
Vleesvarkens	Silo	2100	1500 ⁴	28	96	99	291
Zeugen	Kelder	>1000	800	256	256	148	148
Zeugen	Combi	>1000	> 1000	82	82	48	48
Zeugen	Silo	>1000	650	100	100	58	58
Gesloten	Kelder	2900 ²	2100 ⁵	391	391	625	625
Gesloten	Combi	2000 ²	1150	126	126	201	201
Gesloten	Silo	1600 ²	1100	152	152	244	244

¹ Rendabel is gedefinieerd als hebbende een terugverdientijd van 7 jaar, kostendekkend 10.7 jaar (zie paragraaf 6.4)

² Aantal vleesvarkens; voor elke 15 vleesvarkens zijn er 2 zeugen op het gesloten bedrijf.

³ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 3250 vleesvarkens. Kostendekkend zou dit kunnen vanaf 1250 vleesvarkens oftewel op 333 bedrijven.

⁴ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 1800 vleesvarkens. Kostendekkend zou dit kunnen vanaf 1250 vleesvarkens oftewel op 130 bedrijven.

⁵ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 2100 vleesvarkens (en bijbehorend 280 zeugen). Kostendekkend zou dit kunnen vanaf 1200 vleesvarkens.

⁶ Bepaald met behulp van de verdeling van de hoeveelheid mest over de opslagen zoals gegeven in Tabel 1 in paragraaf 3.2.1. In het geval dat de rendabele of kostendekkende hoeveelheid dieren gedeeltelijk in een grootteklasse valt, is een rechtevenredig aantal dieren meegeteld. Indien deze hoeveelheid in de grootste klasse valt is het totaal aantal dieren in deze klasse vermeld.

7 POTENTIEELSCHATTING EMISSIEREDUCTIE

BROEIKASGAS

In dit hoofdstuk zal voor boerderijschaal mestvergisting ingeschat worden wat het totale broeikasgas emissie reductie potentieel voor heel Nederland is, samen met de kosten van deze emissie reductie.

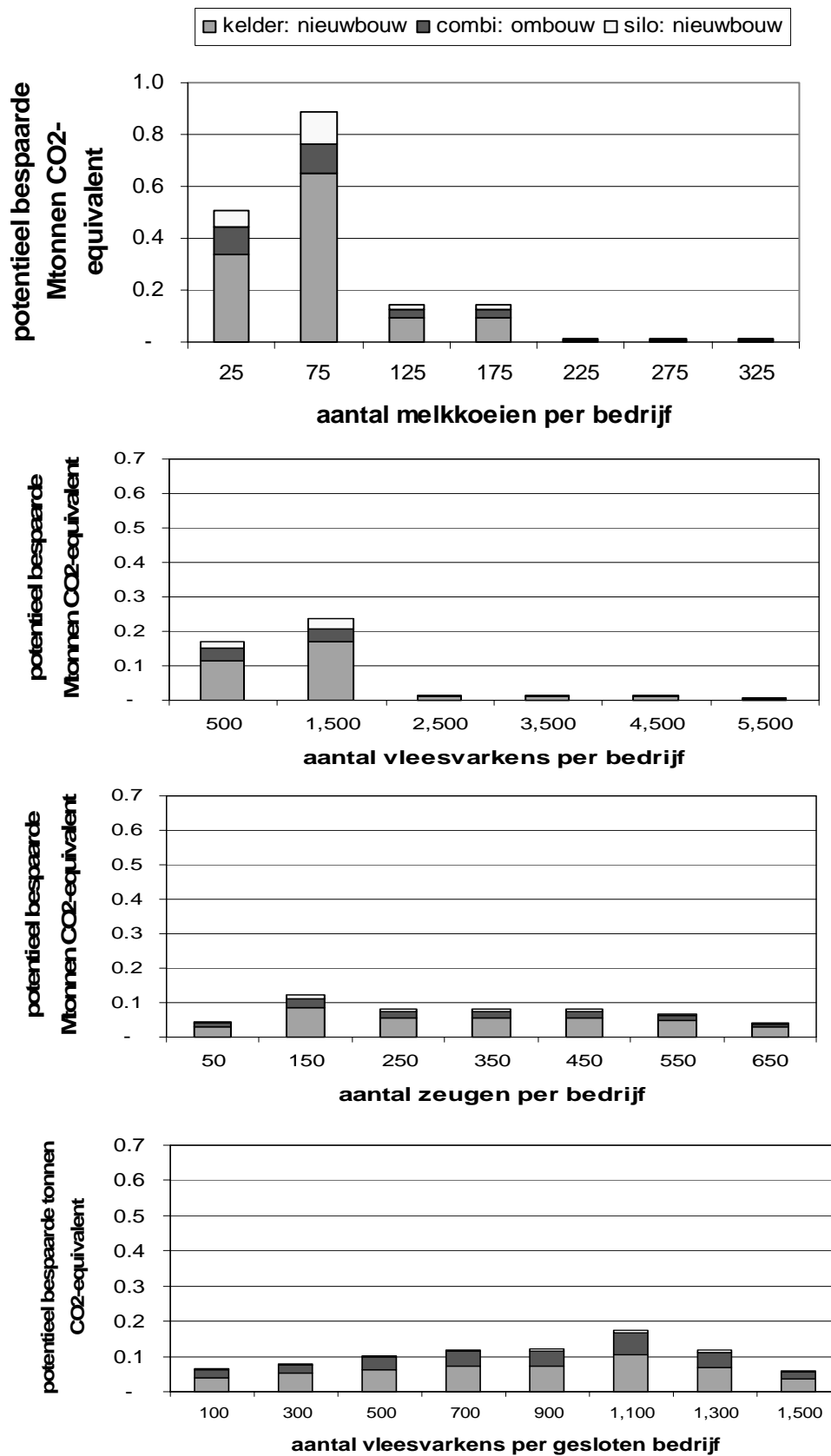
7.1 METHODIEK

Indien er een vergistingsinstallatie op een bedrijf geplaatst wordt, wordt er op 3 manieren broeikasgas emissie verminderd: emissie uit de opslag (methaan), vermeden emissie bij de opwekking van elektriciteit en vermeden emissie bij de opwekking van warmte (zie hoofdstuk 5). Door deze emissie reducties te koppelen aan de verdeling van de bedrijfsgrootten (zie Tabel 19, paragraaf 6.3) en opslagsystemen (volgens Tabel 3, paragraaf 3.2.1) kan de totale potentiële broeikasgasemissie reductie bepaald worden. Samen met de economische analyse voor de verschillende grootteklassen en bedrijfspvormen (zie hoofdstuk 6), kan hiermee ingeschat worden wat de kosten van deze potentiële broeikasgasemissie reductie zijn. De verschillende combinaties van diersoort, mestopslagsysteem en bedrijfsgrootte worden in een supply curve geordend van meest tot minst rendabele broeikasgas emissie reductie optie.

Hoewel ombouw op kleine bedrijven aantrekkelijker kan zijn, is bij de berekening van het emissiereductie potentieel uitgegaan van het meest gunstige systeem voor de grotere bedrijven, d.w.z. nieuwbouw voor het silo- en het keldersysteem en ombouw voor het combisysteem. Voor deze aanpak is gekozen daar vergisting van mest op grotere bedrijfsschaal economisch het meest aantrekkelijk is. Tevens is uitgegaan van een vergister zonder lekkage.

7.2 POTENTIEEL BROEIKASGASEMISSIE REDUCTIE VOOR BOERDERIJSCHAAL MESTVERGISTING NEDERLAND

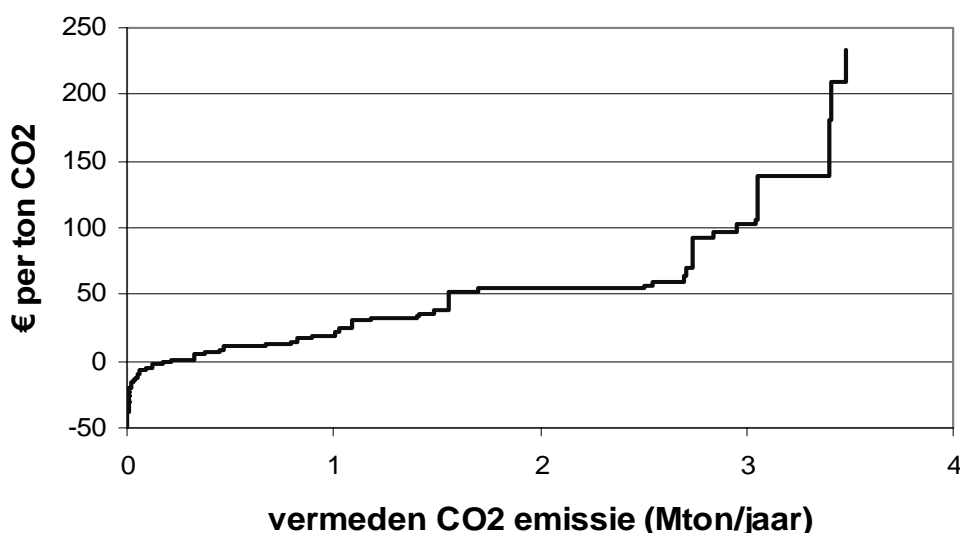
Het totale technische potentieel voor broeikasgas emissiereductie door vergisting in bestaande opslagsystemen is 3.5 Mton CO₂-equivalenten per jaar. Dit heeft betrekking op alle in de stal geproduceerde mest in Nederland. In de melkveehouderij kan totaal 1.7 Mton CO₂-equivalent vermeden worden, in de gehele varkenshouderij is dit 1.8 Mton. In Figuur 10 is per diersoort weergegeven hoeveel ton CO₂-equivalent er per jaar met behulp van mestvergisting vermeden kunnen worden.



Figuur 10: potentieel vermeden emissie per diersoort

Het grootste gedeelte van de (technische) potentiële emissie reductie is te bereiken bij de kleinere bedrijven. De melkveehouderij heeft ondanks de grotere mestproductie een relatief kleinere potentiële emissie reductie. Dit komt voornamelijk door de grotere emissie uit de mestopslag bij varkensbedrijven (zie hoofdstuk 5), en de hogere biogasopbrengst bij vleesvarkensmest (zie Tabel 14, paragraaf 6.1.1).

Door het potentieel aantal te besparen tonnen te koppelen aan de kosten voor vergisting voor de verschillende systemen bij de verschillende grootten wordt een supplycurve zichtbaar (Figuur 11). In deze supplycurve is geaccumuleerd voor alle rundvee¹¹ en varkenshouderijen in Nederland te zien hoeveel Mton CO₂ equivalenten er per jaar bespaard kunnen worden indien vergisting wordt toegepast en welke kosten of opbrengsten hiermee gepaard gaan. De verschillende systemen zijn hierbij geordend van meest naar minst rendabele broeikasgas emissie reductie optie.



Figuur 11: kosten voor mogelijk te reduceren tonnen CO₂-equivalent per jaar, geaggregeerd voor alle rundvee en varkenshouderijen in Nederland

In Figuur 11 is te zien dat door vergisting van alleen mest 0.2 Mton CO₂-equivalenten kostenloos¹² of met winst gereduceerd kan worden. Het grootste gedeelte van deze 0.2 Mton komt uit de vleesvarkenshouderij (>90%). Nog eens 0.3 Mton kan vermeden worden tegen bijbetaling van €10 per ton CO₂-equivalent. In de afgelopen tender van het CO₂-reductieplan lag de gewogen gemiddelde kosteneffectiviteit op €4.59 per ton CO₂ (www.CO2reductie.nl). In de komende tender zal de maximale kosteneffectiviteit op € 9 liggen.

In bijlage 9 wordt een volledig overzicht gegeven van de opbouw van Figuur 11, met benoeming van de bij de stappen behorende systemen.

¹¹ Exclusief vleesstieren.

¹² Vergisting van mest is kostenloos als de jaarlijkse lasten gedekt worden door de jaarlijkse opbrengsten. Dit hoeft in de ogen van de veehouder echter nog niet rendabel te zijn (zie ook paragraaf 6.4).

8 CO-VERGISTING

8.1 KARAKTERISTIEKEN CO-VERGISTING

Een goede optie om de biogasopbrengst van de vergistingsinstallatie, en daarmee zijn rentabiliteit, te vergroten is co-vergisting van organische producten. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld bermgras, aardappelloof, witlofstelen en plantaardige vetten, maar ook aan bedrijfseigen producten zoals voederbieten, mislukt kuilvoer e.d.. Deze organische producten hebben in het algemeen een hoger droge stof gehalte dan mest en derhalve een hogere biogasopbrengst.

Voor co-vergisting dienen een paar extra voorzieningen te worden getroffen. Er dient een droge stofinvoer te zijn of eventueel een voormengput. Een schraper kan nodig zijn om overtollig zand te verwijderen (bijvoorbeeld bij gebruik van bermgras). De mixer en de pompen moeten krachtiger zijn vanwege het grotere droge stofgehalte van het co-fermentaats, en eventueel zijn versnijdende pompen nodig om het co-fermentaats te verkleinen. De bedrijfsvoering van een co-vergister is complexer doordat de mengverhouding van het co-fermentaats afgestemd moet worden op een biogasproductie welke optimaal is voor de gasmotor. Hiermee zal enigszins gevarieerd moeten worden om tot een optimale samenstelling van het fermentaats te komen. Tevens zal de gasmotor groter moeten zijn om de grotere biogasproductie te kunnen verwerken.

In Tabel 23 staan enkele aannamen die zijn gemaakt m.b.t. co-vergisting.

Tabel 23: techno-economische kentallen co-vergisting

<i>Eigenschappen co-fermetaat</i>	
Droge stof (%)	40%
Organische stof (als % van de droge stof)	70%
Biogas productie (m ³ per kg os)	0.6
Inname en afzet co-fermetaat	€ 0
<i>Extra investeringen</i> ¹	
Bij procentuele toevoeging co-fermetaat ²	€ 20,000 + 5% van de overige investeringskosten ³
Bij toevoeging vaste hoeveelheid co-fermetaat	€ 45,000

¹ De extra investeringskosten zijn netto, d.w.z. na aftrek van fiscale stimuleringsmaatregelen (EIA en VAMIL). Extra investeringskosten die afhankelijk zijn van de biogasproductie, zoals voor de WKK en gasopslag, of afhankelijk van de grootte van de vergister, zoals voor de verwarming en de na-opslag, zijn hierbij niet inbegrepen. Deze worden per bedrijfssituatie apart berekend a.d.h.v. respectievelijk de toegenomen gasproductie en het toegenomen volume van het fermentaat.

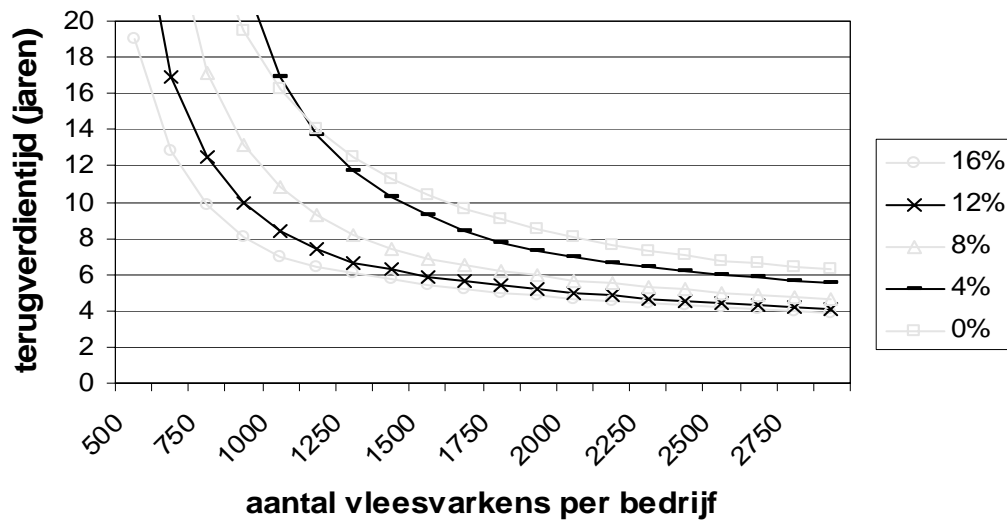
² Bij procentuele toevoeging is de hoeveelheid co-fermetaat een vaste fractie van het gewicht van de totale hoeveelheid mest per bedrijf (inclusief weideproductie). Bij toevoeging van een vaste hoeveelheid co-fermetaat is voor elke bedrijfssituatie 1 ton per dag co-fermetaat toegevoegd.

³ De extra investeringskosten die gemaakt moeten worden voor co-vergisting kunnen verdeeld worden in een gedeelte dat vrijwel onafhankelijk is van de hoeveelheid co-fermetaat en een gedeelte dat recht evenredig toeneemt met de hoeveelheid co-fermetaat. Vrijwel onafhankelijk van de hoeveelheid co-fermetaat zijn o.a. de droge stof injector, een eventuele zandschraper en eventueel duurdere procescontrol. Direct afhankelijk van de hoeveelheid co-fermetaat zijn de o.a. (versnijdende) pompen en de menging.

8.2 ECONOMISCHE ANALYSE

Met behulp van de aannamen in Tabel 23 is berekend wat het effect van co-vergisting is op de economische rentabiliteit van een vergistingsinstallatie. In

Figuur 12 is het effect van co-vergisting op de terugverdientijd weergegeven op de ombouw van een combinatiesysteem. In deze figuur is de hoeveelheid co-fermetaat als gewichtspercentage van de totale hoeveelheid geproduceerde mest weergegeven. Het percentage co-fermetaat wordt gevarieerd van 0% tot 16% van het mestgewicht. Dit leidt tot een verhoging van de biogasproductie van 0-200% bij melkkoeien, van 0-100% bij vleesvarkens, van 0-170% bij zeugen en van 0-140% bij gemengde bedrijven. De toename van de biogasproductie is het hoogst bij melkkoeien, daar de biogasproductie per m³ melkkoeienmest het laagst is (zie Tabel 14 in paragraaf 6.1.1). In de praktijk zal de bovengrens van het gewichtspercentage co-fermetaat afhangen van het droge stof gehalte van het fermentaat. De pompen en de menging van een standaard mestvergistingsinstallatie zullen niet meer goed functioneren indien het droge stof gehalte in de vergister boven de 16% komt. In geval van koeienmest is het ingaande droge stof gehalte 16% indien er 25% op gewichtsbasis wordt co-vergist. De droge stof hoeveelheid van het uitgaande fermentaat is lager, ongeveer 12%, doordat er droge stof wordt omgezet in biogas. Bij varkens- en zeugenmest kan er meer co-fermetaat worden toegevoegd, daar deze mestsoorten een lager droge stof gehalte hebben dan koeienmest.



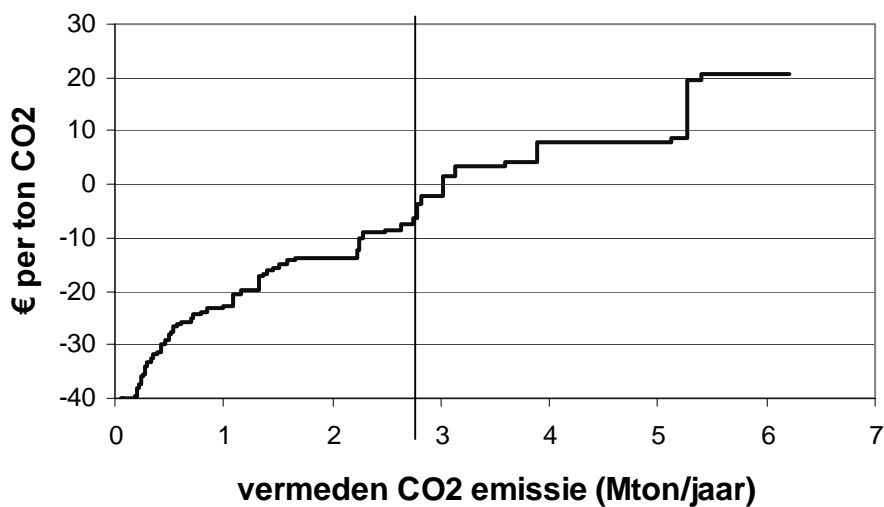
Figuur 12: effect van co-vergisting (bij procentuele toevoeging t.o.v. het gewicht van de hoeveelheid mest) op de terugverdientijd bij ombouw van een combisysteem

Co-vergisting is economisch aantrekkelijk indien er meer dan 8% co-fermetaat op gewichtsbasis wordt toegevoegd. Bij kleinere hoeveelheden wegen de kosten voor de aanpassingen van de installatie niet op tegen de additionele inkomsten. Dit zou opgelost kunnen worden door het co-fermetaat met de hand in de vergister te brengen, in plaats van met een droge stof invoer.

8.3 INDICATIEF POTENTIEEL BROEIKASGAS EMISSIEREDUCTIE VOOR BOERDERIJSCHAAL COVERGISTING IN NEDERLAND

De potentiële emissiereductie van co-vergisting is bepaald voor de toevoeging van 1 ton organisch materiaal (ongeveer 1.6 m³ bij bermgras met een vochtgehalte van 60%) per bedrijf per dag. Dit komt overeen met het toevoegen van 50% op droge stof basis bij een bedrijf met ongeveer 60 melkkoeien, of 1500 vleesvarkens, of 500 zeugen. Hiervoor zou voor alle veehouderijen in Nederland zo'n 60 kton organisch materiaal per dag beschikbaar moeten zijn, oftewel 22 Mton per jaar. De omvang van de beschikbare en voor vergisting geschikte organische reststromen uit huishoudens, gemeenten en de voeding- en genotsmiddelenindustrie wordt in Kuikman et al. (2000) echter geschat op 4 Mton per jaar. Hierbij zijn organische stromen als oogsresten, bedrijfseigen materiaal en specifieke teelt van energiegewassen (zoals maïs) niet meegenomen. De hoeveelheid beschikbaar co-fermetaat is voldoende om co-vergisting op ongeveer 11,000 veehouderijen in Nederland mogelijk te maken.

In Figuur 13 is voor alle rundvee¹³ en varkenshouderijen in Nederland te zien hoeveel Mton CO₂ equivalenten er per jaar gereduceerd kunnen worden indien er naast mestvergisting 1 ton co-fermetaat per dag wordt toegepast, en tegen welke kosten dit mogelijk is. De potentiële emissiereductie van co-vergisting met de maximaal beschikbare hoeveelheid cofermentaten¹⁴ bedraagt 2.8 Mton¹⁵. Dit technische potentieel is geheel kostenloos of met winst te realiseren, onder de hierboven genoemde aannamen met betrekking tot covergisting. Enige voorzichtigheid bij het interpreteren van deze getallen is geboden, daar de investeringskosten niet in detail zijn bepaald. In bijlage 10 wordt een volledig overzicht gegeven van de opbouw van Figuur 13, met benoeming van de bij de stappen behorende systemen.



Figuur 13: indicatieve kosten voor mogelijk te reduceren tonnen CO₂-equivalent in geval van co-vergisting van 1 ton organisch materiaal per dag per vergister, geaggregeerd voor alle rundvee en varkenshouderijen in Nederland. Links van de verticale lijn staat het gedeelte dat gerealiseerd kan worden met de in Nederland beschikbare hoeveelheid co-fermetaat.

¹³ Exclusief vleesstieren.

¹⁴ Vergisting van mest is kostenloos als de jaarlijkse lasten gedekt worden door de jaarlijkse opbrengsten. Dit hoeft in de ogen van de veehouder echter nog niet rendabel te zijn (zie hoofdstuk 4).

¹⁵ Uit 4 Mton co-fermetaat kan 670 miljoen m³ biogas per jaar geproduceerd worden

9 DISCUSSIE

In dit hoofdstuk worden kort een aantal onzekerheden en discussiepunten toegelicht.

- Er is relatief weinig bekend over de verdeling en omvang waarin de verschillende mestopslagvormen voorkomen bij de veehouderijen. De informatie die beschikbaar is, is ook relatief gedateerd.
- De inpasbaarheid van het vergistingsproces zal sterk variëren per bedrijf. Per bedrijf zal er verschil zijn in mesthoeveelheid per dier, mestsamenstelling, warmte- en elektriciteitsvraag, investeringsruimte en beschikbare arbeid. Het in deze studie gehanteerde aggregatieniveau biedt niet de mogelijkheden om dit per individueel geval te beschouwen.
- De warmtevraag van een bedrijf zal per uur, per dag en per maand variëren. De vergister kan als warmtebuffer dienen door de procestemperatuur enkele graden te laten stijgen. Het is niet duidelijk of deze bufferwerking op ieder moment voldoende is om het verschil tussen het moment van warmtevraag en warmteproductie te overbruggen.
- De beschikbare investeringsruimte zal per bedrijf variëren. Indien de investeringsruimte te beperkt is voor een eigen investering in een vergister kan een lease constructie of externe financiering door een energiebedrijf een goed alternatief zijn.
- Co-vergisting is slechts summier bekeken, daar dit op zich buiten de scope van deze studie viel. De investeringskosten gehanteerd voor het bepalen van de rentabiliteit van co-vergisting zijn niet in detail uitgewerkt. Per type co-fermentaat zullen er verschillen in deze investeringskosten zijn. Tevens zal de gasopbrengst variëren voor verschillende soorten co-fermentaat. Verder speelt bij de mogelijkheden rondom co-vergisting de wetgeving m.b.t. meststoffen (MINAS, BOOM) een belangrijke rol.
- De te behalen broeikasgas emissie reductie is sterk afhankelijk van de emissie van methaan uit de mestopslag. De IPCC methodiek met bijbehorende parameters, gebruikt voor het bepalen van de methaanemissies op landelijk niveau, lijkt niet volledig. Zo wordt bij deze IPCC-methodiek geen rekening gehouden met de opslagmethode en de opslagduur. Tevens wordt bij de IPCC-methodiek geen onderscheid gemaakt tussen vlees- en fokvarkens, terwijl de mestsamenstelling (en daarmee de emissie) sterk verschilt voor deze twee diersoorten. Verschillende

parameters kunnen onder Nederlandse omstandigheden verschillen van de IPCC-normen.

- Een gedeelte van de broeikasgas emissie uit combinatiesystemen kan reeds behaald worden door te zorgen dat de mest zoveel mogelijk in de silo opgeslagen wordt. Door dagelijks de mest uit de kelder naar de silo te pompen kan een deel van de methaanemissie ook zonder vergisting vermeden worden. In de praktijk gebeurt dit momenteel echter niet, en derhalve is dit ook niet als referentie gebruikt. Indien er vergist wordt, is dagelijks overpompen wel noodzakelijk voor een goede biogasopbrengst en zal dit hoogstwaarschijnlijk wel gebeuren.
- Lekkage uit de vergister kan zorgen dat het emissie reducerende effect van vergisting sterk verminderd wordt. Technisch lijkt het mogelijk lekkage te voorkomen. Echter, het is van belang dat hier veel aandacht aan wordt besteed gedurende de bouw en het bedrijven van de installatie.
- Een alternatief voor mestvergisting op boerderijschaal is vergisting van mest van een paar bedrijven samen of, zoals nu op een aantal locaties in NL wordt geïnitieerd, op gemeentelijk niveau (bv. rond de 30.000 ton per installatie). Dit kan leiden tot een economisch meer rendabel bedrijf. Een nadeel kan echter de beperktere mogelijkheid van warmteafzet zijn en de beperktere mate van zeggenschap voor de individuele veehouder.

10 CONCLUSIE

Deze studie heeft de techno-economische mogelijkheden bekeken van het gebruik van bestaande mestopslagen binnen vergistingsinstallaties op boerderijschaal. Dit is vergeleken met de huidige situatie waarin mest niet vergist wordt, en met het bouwen van een geheel nieuwe mestvergister.

Van de beschouwde opslagsystemen (kelder, silo, of een combinatie van kelder en silo) is de silo technisch het meest geschikt voor ombouw tot vergister. Vergisting in de kelder is relatief duur, voornamelijk vanwege de grote afmetingen ervan. Ook praktisch zijn er de nodige nadelen, zoals het gevaar voor de dieren en het werken in de kelder tijdens de bouw van de vergister.

Koude vergisting is economisch niet rendabel onder de huidige omstandigheden. Verwarming van de mest tot 20°C, zonder isolatie, is energetisch, en hierdoor ook economisch, niet rendabel. Mesofiele vergisting is een betere optie. Benutting van het biogas in een WKK is financieel gunstiger dan alleen warmteopwekking in een warmwaterketel.

De investeringskosten bij kleine bedrijfsomvang, oftewel bij een kleine hoeveelheid te vergisten mest, zijn lager voor de optie ombouw dan voor nieuwbouw. Bij grotere bedrijfsomvang is nieuwbouw goedkoper. Dit komt voornamelijk doordat de afmetingen van de bestaande opslagen niet optimaal zijn voor vergisting. Bij de ombouw zorgt dit voor hoge kosten voor voornamelijk isolatie, gasafdekking en menging. Op grote schaal uit zich dit effect het sterkst. De omslagpunten waar nieuwbouw goedkoper wordt dan ombouw liggen bij een silo-systeem ongeveer bij 70 melkkoeien, 1600 vleesvarkens, 400 zeugen en in geval van gesloten bedrijven bij 1100 vleesvarkens. Voor het combinatiesysteem geldt dat zowel bij kleine als bij grote bedrijfsomvang ombouw goedkoper is. Dit komt voornamelijk doordat de silo qua afmetingen redelijk overeenstemt met de optimale afmetingen van een vergister. Voor alle systemen geldt dat de investeringen per dier lager worden bij toenemende bedrijfsgrootte.

Wanneer een bestaande mestsilo niet als vergister wordt gebruikt, reduceert het integreren van de bestaande mestopslag in het vergistingsproces, als na-opslag voor de uitgegiste mest, de investeringskosten voor een nieuw te bouwen vergistingsinstallatie. Bij een bedrijf met alleen een silo kan alle na-opslag in de bestaande silo plaatsvinden. Bij het combinatiesysteem is additionele na-opslag (bijv. in de vorm van een mestzak) mogelijk. Het gebruik van een kelder voor na-opslag lijkt economisch niet voordelig (zie paragraaf 3.4).

Om een vergistingsinstallatie van alleen mest rendabel te bedrijven is een relatief grote bedrijfsomvang vereist. Een terugverdiertijd van 7 jaar wordt vaak als rendabel beschouwd door veehouders. In onderstaande tabel staat voor de verschillende bedrijfsvormen de minimale bedrijfsomvang, waarbij rendabele of kostendekkende bedrijfsvoering van een vergistingsinstallatie van alleen mest mogelijk is, weergegeven. In Tabel 24 is bij alle combinaties van diersoorten en opslagsystemen de economisch optimale keuze tussen nieuwbouw en ombouw gemaakt.

Tabel 24: minimale bedrijfsomvang voor de verschillende systemen voor het rendabel respectievelijk kostendekkend bedrijven van een vergistingsinstallatie van alleen mest, met keuze voor om- of nieuwbouw

Bedrijfssoort	Mestopslagsysteem	Minimale omvang (aantal dieren)		Ombouw/nieuwbouw
		Rendabel ¹	Kostendekkend ¹	
Melkvee	Kelder	>400	300	Nieuwbouw
Melkvee	Combi	>400	200	Ombouw
Melkvee	Silo	250	140	Nieuwbouw
Vleesvarkens	Kelder	3400	2000 ³	Nieuwbouw
Vleesvarkens	Combi	2400	1500	Ombouw
Vleesvarkens	Silo	2100	1500 ⁴	Nieuwbouw
Zeugen	Kelder	>1000	800	Nieuwbouw
Zeugen	Combi	>1000	> 1000	Ombouw
Zeugen	Silo	>1000	650	Nieuwbouw
Gesloten	Kelder	2900 ²	2100 ⁵	Nieuwbouw
Gesloten	Combi	2000 ²	1150	Ombouw
Gesloten	Silo	1600 ²	1100	Nieuwbouw

¹ Rendabel is gedefinieerd als hebbende een terugverdiertijd van 7 jaar, kostendekkend 11 jaar (zie paragraaf 6.4)

² Aantal vleesvarkens; voor elke 15 vleesvarkens zijn er 2 zeugen op het gesloten bedrijf.

³ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 3250 vleesvarkens en kostendekkend vanaf 1250 vleesvarkens.

⁴ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 1800 vleesvarkens en kostendekkend vanaf 1250 vleesvarkens.

⁵ Ombouw is gunstiger voor dit systeem tot een bedrijfsomvang van 2100 vleesvarkens (en bijbehorend 280 zeugen) en kostendekkend vanaf 1250 vleesvarkens.

Een vergister (zonder co-vergisting) blijkt voor de melkveehouderij op maximaal 124 bedrijven rendabel te kunnen zijn. Voor de vleesvarkenshouderij geldt dit ook op maximaal 124 bedrijven, voor de zeugenhouderij op maximaal 434 bedrijven en voor de gesloten varkenshouderij op maximaal 662 bedrijven¹⁶.

Uit de ketenanalyse van broeikasgasemissies (volgens de TEWI methodiek) blijkt dat bij varkensbedrijven de vermeden emissie aanzienlijk groter is dan bij melkveehouderijen. Verder blijken kelders hogere methaan emissies te hebben dan combi systemen. Silo's

¹⁶ Dit zijn maximale aantallen, omdat het omslagpunt binnen een bepaalde categorie van grootte ligt, en niet bekend is hoeveel bedrijven er in de betreffende categorie onder het omslagpunt liggen (en daarmee dus niet rendabel zijn).

hebben de laagste emissie. De vermeden broeikasgasemissies bij de verschillende systemen variëren van 32 kg CO₂-eq./m³ stalmest voor melkkoeien met silo opslag (waarvan 94% uit verdringing van fossiele brandstoffen) tot aan 141 kg CO₂-eq./m³ voor vleesvarkens met kelderopslag systemen (waarvan 35% uit verdringing van fossiele brandstoffen). Broeikasgasemissies veroorzaakt door materiaal gebruik voor de constructie van de vergistingsinstallatie blijken verwaarloosbaar.

Het totale technisch potentieel van broeikasgas emissiereductie door mestvergisting is 3.5 Mton CO₂-equivalenten per jaar. Hiervan kan 1.8 Mton in de varkenshouderij gereduceerd worden en 1.7 Mton in de melkveehouderij. Kostendekkend of met winst kan 0.2 Mton bespaard worden, waarvan meer dan 90% in de varkenshouderij. Tegen betaling van € 10 per ton CO₂-equivalent kan er 0.3 Mton extra gereduceerd worden. In de afgelopen tender van het CO₂-reductieplan lag de gewogen gemiddelde kosteneffectiviteit op €4.59 per ton CO₂. In de komende tender zal de maximale kosteneffectiviteit op € 9 liggen.

Door co-vergisting van organische producten is het mogelijk om de biogasopbrengst te verhogen. Dit kan de economische rentabiliteit van deze projecten sterk verbeteren. Met de totale hoeveelheid beschikbaar co-fermetaat in Nederland kan er, naar schatting, een kostendekkende of winstgevende broeikasgas emissiereductie worden bereikt van ongeveer 2.8 Mton CO₂ equivalenten per jaar.

De verwachte inkrimping van de veestapel zal leiden tot een verkleining van het totale broeikasgas emissiereductie potentieel. De verdeling van de bedrijfsgrootten zal waarschijnlijk een verschuiving naar de grotere bedrijven gaan vertonen. Dit zal er voor zorgen dat het gedeelte van het broeikasgas emissiereductie potentieel dat kostenloos of met winst te reduceren is, zal toenemen.

Mestvergisting leidt tot een betere benutting van de nutriënten bij gebruik van mest op het land, de functie van grondverbeteraar blijft behouden. Hierdoor kan het gebruik van kunstmest verminderd worden. Tevens zullen er zich minder pathogenen en onkruidzaden in de vergiste mest bevinden en de stank zal gereduceerd worden.

De ruimte welke een veehouder beschikbaar heeft voor het doen van investeringen kan een belangrijke beperkende factor zijn voor de implementatie van vergisting. Vooral in de varkenshouderij is de investeringsruimte beperkt.

Samenvattend kan er geconcludeerd worden dat ombouw van de bestaande mestopslagsystemen alleen aantrekkelijk is indien er zowel een kelder als een silo aanwezig zijn (combinatiesysteem). In alle andere gevallen is het gunstiger om voor een nieuwe vergister te kiezen, waarbij de bestaande opslag eventueel als na-opslag voor de uitgiste mest kan worden gebruikt. Rendabele vergisting van mest (zonder co-vergisting) is slechts op een beperkt aantal bedrijven mogelijk. Door het co-vergisten van

organisch materiaal is rendabele vergisting op een substantieel deel van de Nederlandse veehouderijen mogelijk.

11 AANBEVELINGEN

Met boerderijschaalvergisting kunnen in Nederland een significant aantal projecten worden gerealiseerd die leiden tot kosteneffectieve broeikasgasemissie reductie. Dit pleit voor een faciliterend beleid vanuit de verschillende betrokken overheden.

Ombouw van bestaande mestopslagen tot vergisters is slechts in een aantal gevallen aantrekkelijker dan de installatie van een nieuwe vergister. Het is aan de markt om per geval te bepalen welke optie het meest aantrekkelijk is.

Co-vergisting van organisch materiaal kan kleinschalige mestvergisting rendabel maken. Het lijkt raadzaam de aandacht van onderzoek te richten op deze vorm van vergisting. De regelgeving omtrent co-vergisting dient gestroomlijnd te worden, zodat kansrijke initiatieven te maken krijgen met eenduidige regelgeving.

Veehouderijen waarvan de opslag vernieuwd wordt, kunnen hierbij rekening houden met de mogelijkheid van vergisting. Het is het meest gunstig voor deze bedrijven om het mestopslagsysteem direct in de vergistingsinstallatie te integreren. Indien er niet voor vergisting wordt gekozen op deze bedrijven, kan er het best gekozen worden voor mestopslag in een silo. Deze opslagvorm brengt de minste methaanemissies met zich mee.

Lekkage uit de vergister kan zorgen dat het emissie reducerende effect van vergisting sterk verminderd wordt. Het is aan te bevelen hier speciale aandacht aan te besteden bij de eerste pilot projecten.

Om een goed inzicht te krijgen in de mogelijkheden om de emissies uit opslagen te beperken, niet alleen door vergisting, is een beter inzicht nodig in de verdeling en omvang waarin de verschillende opslagvormen voorkomen bij de veehouderijen. Inventarisatie op detail niveau lijkt nodig om dit doel te bereiken.

REFERENTIES

- A.G. Williams and E. Nigro, Covering slurry stores and effects on emissions of ammonia and methane. Proceedings of the International Symposium: Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities. Vinkeloord, Nederland, 6-10 Oktober 1997:421-428, 1997
- Aarts, F. 2001. Plan Research International, Wageningen. Persoonlijke Mededeling.
- Amstel, A.R. van, R.J. Swart, M.S. Krol, J.P. Beck, A.F. Bouwman & K.W. van der Hoek, Methane. The other greenhouse gas. Research and policy in the Netherlands. Report no: 481507001, RIVM, 1993.
- Anonymus, 2000a. Met mestvergisting op weg naar een meer duurzame landbouw. ETC Energy, Leusden.
- Anonymus, 2000b. Land- en tuinbouwcijfers 2000. Landbouw-Economisch Instituut (LEI) en Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), 's Gravenhage en Voorburg/Heerlen.
- Bergen, J.A.M. van & E.E. Biewinga. Landbouw en broeikas-effect. Een aanpak voor het beperken van de bijdrage van land- en tuinbouwbedrijven. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht, 1992
- Bijman T., Mestvergisting op boerderijschaal, Eindrapport, Ecogas International BV, Januari 2001
- Bijman, T., Ecogas International BV. Persoonlijke mededeling, 2001.
- Braam, R. , Persoonlijke mededeling, 2001
- Braam, R. Betonnen opslagsystemen voor mengmest in: Agribeton, jaargang 3, nr.2, pag. 14-17, 2000
- Buiter, M., Winter, J. de, Duurzaamheidsanalyse van technieken voor bewerking en opwaardering van mest, ETC Energy , Leusden, november 1999
- CBS en LEI-DLO, Land- en tuinbouwcijfers 1997, 1997
- Chen, Y. R. and A. G. Hashimoto, Kinetics of Methane Formation. Biotechnology and Bioengineering Symposium No 8, Gatlinburg, Tennessee, JohnWiley & Sons Inc, 1978.
- Cumby, T., Fugitive emissions of methane from anaerobic digestion. Maff report nr. CC0222, Silsoe Research Institute, Wrest Park, Silsoe UK, 2000.
- Dreeuws H. J., agrarische specialist bij ANB-Amro, persoonlijke communicatie, april 2001
- Ellis, S., comments by Sharon Ellis (UK Ministry of Agriculture) on the options to reduce greenhouse gas emissions from agriculture, 2001
- Engel, T. 2001. Gemeente Lopik. Persoonlijke Mededeling

- Gunnerson Charles G., *Anaerobic Digestion : Principles and Practices for Biogas Systems/0752* (World Bank Technical Paper, No 49 (Undp Project Management Report, No 5))
- Hageman, I.W., J. van Miltenburg, M.C. Hanegraaf & J. van Bergen 1996. *Werken met de energiemeetlat voor melkveehouders*. Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM), Utrecht.
- Harreveld, A.P. H. Van, *De Geuremissie tijdens en na het verspreiden van varkensmest*. IMAG. Wageningen, rapport nr. 37.981
- Haskoning,. *Kwantificering van de nevenaspecten van mestvergisting*. NOVEM/RIVM, no. 9255, 1992.
- Henkens Ch. H., *Bemestingswaarde vergiste mest, lezing op informatie dag 'Biogas uit mest'*, NVTL, Ede, 7 juni 1983
- Hilhorst, M.A., G.J. Monteny, P. de Gijssel, H.J.C. van Dooren & A.J.H. van Lent, 2001. *Duurzame energie en vermindering methaanemissies: emissiearme mestopslag*. IMAG Rapport 2001-06.
- Hoek, K.W. van der. *Uitgangspunten voor de mest- en ammoniakberekeningen 1998/1999 zoals gebruikt in de Milieubalans 2000*, RIVM, Bilthoven, rapport 773004 0xx.
- Hoeksma P., Poelma H., Zadelhoff A., *Koude vergisting van mengmest, mogelijkheden voor praktijktoepassing*, IMAG, december 1987.
- Hoste. *Oorzaken van verschillen in energieverbruik op varkensbedrijven*. Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), Den Haag, 1995.
- IKC-veehouderij, *Handboek varkenshouderij*, 1993
- Infomil. 2001a. *Richtlijn Mestverwerkingsinstallaties*. LA01 Landbouw., Infomil, Den Haag.
- Infomil. 2001b. *Handreiking Juridische aspecten vergunningverlening mestbewerking en -verwerking*. 2001. LA02 Landbouw. Infomil, Den Haag.
- Informatiecentrum Duurzame Energie (IDE). 2001. *Bio-energie, op maat voor agrariërs*. Informatieblad voor agrariërs. Projectbureau Duurzame Energie, Arnhem.
- IPCC, *Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference manual*, 1996.
- Kool, A., *notulen bijeenkomst melkveehouders 13 juli 2001*, CLM, 2001
- Koskamp, G.J., O.J.H. van der Laan, N. Middelkoop en F.C. van der Schans. 2000. *Energie op De Marke*. Centrum voor Landbouw en Milieu.
- Kuikman P.J., Buitter M., Dolfing J., *Perspectieven van co-vergisting voor beperking van emissies van broeikasgassen uit de landbouw in Nederland*, Alterra, Wageningen, 2000.
- Laan, O. van der. *Biogasproductie door mestvergisting*. Afstudeeronderzoek voor Hogeschool Holland te Diemen, bij het Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht, 2001.
- LEI, *Bedrijven-informatienet van het Landbouw Economisch Instituut (LEI)*. 's Gravenhage, 2001.
- Lent, A.J.H. van, Dooren, H.J.C., *Perspectieven mestvergisting op Nederlandse melkvee- en varkensbedrijven*, PR, rapport 124, januari 2001

- Mensink, E.. Biogasinstallatie bezorgt veehouder extra inkomstenpost. Agrarisch Dagblad, 19 november 1999.
- Michels, K., Opdam, H., Faaij, A., Kleinschalige energieopwekking uit pluimveemest op bedrijfsniveau, Ecofys, Universiteit Utrecht, 2000.
- Mol, R.M. de & M.A. Hilhorst. Methaan-, lachgas en ammoniakemissies bij productie, opslag en transport van mest. Tussenrapport t.b.v. Novem, september 2001.
- Møller, H.B.. Overdækning af lagertanke på biogasanlæg Sinding (Covering of slurry stores at the biogas plant Sinding ørre. Herning Kommunnale Værker, Herning, Denmark, 1995.
- Nes, W. van. Diemen, F. van, Schomaker, A. Mestvergisting in Nederland, 10 jaar kennis en ervaring in de praktijk, 1990
- Nijssen J.M.A., Antuma S.J.F., Scheppingen A.T.J. van, Perspectieven mestvergisting op Nederlandse melkveebedrijven, PR, rapport 122, april 1997
- Novem, Protocol Monitoring Duurzame Energie, september 1999
- Oenema et al., Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen, 2000.
- PR, Perspectieven van vergisting van dierlijke mest en agri-organische bijproducten in Nederland, 1998.
- Rutgers, R. Boerderij Automatisering Melkveehouderij. Stageverslag over de effecten van automatisch melken op de bedrijfsvoering. Stichting Stimuland, Deventer, 2001
- Safley, L.M., M.E. Casada, J.W. Woodbury & K.F. Roos., Global methane emissions from livestock and poultry manure. EPA, United States Environmental Protection Agency, Air and Radiation (ANR-445) EPA/400/1-91/048, February 1992.
- Schans, F.C. van der. Koeien binnen of buiten? Afwegingen bij het weiden van melkvee. Centrum voor Landbouw en Milieu. Utrecht, 2000
- Schomaker, A. Expert mestvergisting bij Haskoning, persoonlijke communicatie, april 2001
- Senter, brochure EIA en VAMIL, 2001
- Senter, op: www.senter.nl, 2001
- Silvis, H.J. en C. van Bruchem (red.), Landbouw-Economisch bericht 1999. Landbouw-Economisch Instituut(LEI-DLO). Den Haag, 1999.
- Silvis, H.J. en C. van Bruchem (red.). Landbouw-Economisch bericht 2000. Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO). Den Haag, 2000.
- Snoek, H., H. Hemmer, L. Kuunders, H. Ellen en I. Vermeij. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2000-2001. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad, 2000.
- Sommer, S.G., S.O. Petersen & H.T. Søgaard. Atmospheric pollutants and trace gases: Greenhouse gas emissions from stored livestock slurry. J. Environ. Qual., 29:744-751, 2000
- Stut, expert mestopslagsystemen bij het IKC, Persoonlijke mededeling, 2001.
- Uenk, G.H., T.G.M. Demmers, M.G. Hissink, 1993. Luchtsamenstelling onder de overkapping van mestsilo's vóór en na het mixen van de mest. IMAG-DLO Wageningen, rapport 93-10, mei 1993.

- Van den Broek, R. Sustainability of biomass electricity systems: an assessment of costs, macro-economic and environmental impacts in Nicaragua, Ireland and the Netherlands, dissertation, 2000
- Velsen, F.M. van. Anaerobic digestion of piggery waste. Proefschrift, Landbouwhogeschool, Wageningen, 1981.
- Welten, J.P.P.J., Monitoring van het energiegebruik in de veehouderij 1991/92. LEI-DLO, Den Haag, 1994.
- Williams, A.G. & E. Nigro, Covering slurry stores and effects on emissions of ammonia and methane. In: J.A.M. Voermans & G.-J. Monteny (eds.), Proceedings Ammonia and odour emissions from animal production facilities, 6-10 October 1997, Vinkeloord, The Netherlands, p 421-428, 1997.
- www.CO2reductie.nl
- www.lei.dlo.nl
- www.ROB-klimaat.nl
- Zeeman, G., Mesophilic and psychophilic digestion of liquid manure, proefschrift, Landbouwwuniversiteit van Wageningen, 1991

BIJLAGE 1: BESCHRIJVING BIOGAS INSTALLATIE

BIOGAS PRODUCTIE

Het gedeelte van de vergistingsinstallatie (Figuur 1) waar biogas geproduceerd wordt, omvat verschillende componenten. Deze worden hieronder besproken.

- Vergistingstank, bestaande uit een betonnen of metalen (geëmailleerde) silo zoals die veelal voor de opslag van mest wordt gebruikt.
- Isolatie. Om het warmteverlies te beperken wordt de vergistingstank geïsoleerd. De wand wordt meestal met polyurethaan (PUR) geïsoleerd, de vloer met polystyreen (PS). In geval van koude vergisting hoeft er niet geïsoleerd te worden.
- Afdekking mestoppervlak en gasopslag (biogashouder). De silo dient gasdicht afgedekt te worden om het gas niet te laten ontsnappen. Hiertoe kan gebruik gemaakt worden van een drijfzeil, welke aan de rand van de silo in de mest gedrukt wordt door een verzwaarde constructie. Doordat het zeil niet aan de wand vastzit drijft het op de mest. Een drijfzeil op een silo heeft een gasopslag van 50-200 m³ biogas (55-225 kg biogas). Dit is, afhankelijk van de gasproductie, voldoende voor enkele uren opslag. De gasopslag kan ook in een externe gaszak worden opgeslagen.
- Mengsysteem. Een mengsysteem is nodig om te zorgen dat de mest in de vergister goed gemengd blijft en er geen drijf- en bezinklagen ontstaan.
- Verwarmingssysteem. Het verwarmingssysteem dient om de mest op te warmen en als compensatie van het warmteverlies. Het bestaat uit een warmtewisselaar voor compensatie van het warmteverlies, warmwaterleidingen, een warmwaterpomp en een warmtebron. Er kan in principe gebruik gemaakt worden van een in- of externe warmtewisselaar. Een interne warmtewisselaar is aangebracht in de vergister of in de wand van de vergister. Een externe warmtewisselaar bevindt zich buiten de vergister, waarbij de mest met een pomp door de wisselaar wordt gestuurd. Interne warmtewisselaren worden voor deze processen het meest gebruikt. Eventueel kan er, bij hoge (thermofiele) processtemperaturen, gebruik gemaakt worden van een warmtewisselaar om de binnenkomende meststroom op te warmen met behulp van de warmte van de uitgaande meststroom.
- Veiligheidsvoorzieningen. De gaszijde van de vergister wordt beveiligd tegen onder- en overdruk door een overdrukventiel plus een waterslot. Het overdrukventiel stelt in geval van overdruk een fakkel in werking. Meetapparatuur, voor de meting van het H₂S en het CO₂ gehalte in het biogas, alsmede een H₂S melder en een explosiemelder maken meestal deel uit van de installatie.
- Gasbehandeling. Het geproduceerde biogas bevat naast methaan en kooldioxide ook nog waterdamp en zwavelwaterstof (H₂S). Het water condenseert bij afkoeling van

het gas en wordt ter plekke door de zwaartekracht verwijderd. Meevoeren van schuim, dat het transport van gas kan blokkeren, wordt voorkomen door een ontschuimvat te plaatsen vlak achter de gasafvoer uit de vergister. Zwavelwaterstof is een corrosief gas dat schadelijk is voor de verbrandingsmotor. Voor de verwijdering hiervan kan gebruik gemaakt worden van een biologische techniek voor zwavelverwijdering. Het principe van deze techniek is een lichte beluchting van het biogas onder het drijfzijl om de H₂S concentratie te verlagen.

- Mestpompen. Een mestpomp wordt gebruikt om de mest in en uit de vergister te pompen. Om zoveel mogelijk bezinkende mestdeeltjes te verwijderen wordt de afvoerbuis nabij de bodem van de vergister bevestigd.

BIOGAS BENUTTING

Om het geproduceerde biogas om te zetten in elektriciteit en warmte, wordt een gasmotor met een generator gebruikt. De basis van deze WKK vormt een gasmotor van hetzelfde type dat voor aardgas kan worden gebruikt. Meerdere merken en typen zijn hiervan in de handel. De restwarmte van de gasmotor kan tevens worden benut, zodat er sprake is van warmtekracht koppeling (WKK)

De WKK bestaat uit de volgende onderdelen:

- Basisset, bestaande uit een gasmotor en aangekoppelde synchroon generator;
- Warmtewisselaars voor warmteterugwinning op motorkoeling en uitlaat, rookgasafvoer en geluidempers;
- Radiatorset voor noodkoeling ;
- Besturingspaneel met meet-, besturings- en veiligheidssysteem.

De geproduceerde warmte zorgt in de warmtewisselaars voor de opwarming van proceswater tot een temperatuurniveau van ongeveer 80°C. Een gedeelte van de warmte is nodig om de ingaande mest op te warmen voor het vergistingsproces.

Naast de WKK dient een voorziening te worden aangebracht om gas te verbranden indien de WKK buiten gebruik is. Dit is meestal een fakkelinrichting, maar kan ook een warmwaterketel zijn. Een warmwater ketel heeft als voordeel dat er bij langdurig gebruik geen energie verloren gaat, maar is duurder in aanschaf. Op boerderijschaal zal er om deze reden eerder voor een fakkel gekozen worden.

VOOR- EN NA- OPSLAG VAN MEST

Voor- en nadat de mest in de vergistingstank zit, dient de mest opgeslagen te worden. De verse mest moet hierbij van de uitgegiste mest gescheiden blijven. Indien er een nieuwe vergistingstank wordt gebouwd vindt vooropslag meestal plaats in het bestaande mestopslagsysteem. De na-opslag is vaak in de vorm van een additionele silo, mestbassin of een mestzak. De massa die uit de vergister komt zal nog nagisten; om die reden zal de na-opslag gasdicht moeten zijn. Bij ombouw van bestaande mestopslagsystemen tot

vergisters is de manier van voor- en na-opslag afhankelijk van het huidige opslagsysteem. Dit wordt is meer detail behandeld in hoofdstuk 3.

BIJLAGE 2: METHAANEMISSIE BIJ PRODUCTIE EN OPSLAG VAN MEST

REKENMODEL METHAANEMISSIE BIJ PRODUCTIE EN OPSLAG VAN MEST, WERKWIJZE EN UITGANGSPUNTEN

Bij de berekening van de methaanemissie uit dierlijke mest volgens de IPCC-normen is de emissie evenredig met de mestproductie. In Safley et al. (1992) wordt de volgende formule gebruikt voor de berekening van de methaanemissie bij de productie en opslag van mest van een diersoort bij een bedrijfssysteem met definities als in Tabel 25:

$$TM = VS \cdot B_0 \cdot MCF \cdot CAF \cdot \text{Density}$$

Tabel 25: definitie van symbolen in IPCC-formule voor berekening methaanemissie.

<i>Symbol</i>	<i>Engelse naam</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Eenheid</i>
TM	total methane	totale methaanproductie	kg CH ₄ /jaar
VS	volatile solids	vluchtige bestanddelen in de mest; berekend als fractie van de mestproductie per jaar	kg VS/kg mest-jaar
B ₀	Biodegradability	methane emission potential , het methaanemissie-potentieel afhankelijk van de diersoort en de voeding	m ³ CH ₄ /kg VS
MCF	methane conversion factor	methaanconversiefactor, geeft aan in hoeverre B ₀ wordt gerealiseerd, afhankelijk van het bedrijfssysteem	%
CAF	climate adjustment factor	klimaataanpassingsfactor, geeft de invloed van het klimaat (temperatuur en vochtigheid)	%
Density		dichtheid van methaan, omrekening van m ³ naar kg	0,662 kg CH ₄ /m ³ CH ₄

Deze formules worden gebruikt, onder meer door de IPCC, voor de berekening van de methaanemissie op landelijk niveau. Methaangas dat wordt opgevangen en gebruikt als brandstof, kan in mindering worden gebracht op de emissie.

Bij toepassing van deze formule worden VS, B₀ en CAF per diersoort vast gehouden, terwijl de MCF wel kan variëren. De invulling hangt af van het bedrijfssysteem, voor

verschillende temperatuurzones en specifiek voor Nederland zijn aannames gemaakt, zoals opgenomen in Tabel 26 (Van Amstel et al., 1993: 56).

Tabel 26: invulling van de parameters van de IPCC-formule bij verschillende temperatuurzones en specifiek voor Nederland (Van Amstel et al., 1993).

Diertype	VS ¹	B ₀ (m ³ CH ₄ / kg VS)	MCF·CAF				TM ³ in NL (kg CH ₄ / 1000 kg mest)
			10°C	20°C	30°C	NL ²	
Rundvee: stal	12,4%	0,17	5%	18%	33%	5%	0,698
Rundvee: weide	11,6%	0,24	1%	1,5%	2%	0%	0
Vleesstieren	11,6%	0,33	10%	35%	65%	10%	2,534
Vleeskalveren	11,6%	0,33	10%	35%	65%	10%	2,534
Schape en geiten	25,0%	0,18	1%	1,5%	2%	10%	2,979
Varkens ⁴	10,1%	0,45	10%	35%	65%	10%	3,009
Pluimvee: droge mest	19,4%	0,32	1%	1,5%	2%	10%	4,110
Pluimvee: dunne mest	19,4%	0,32	10%	35%	65%	10%	4,110

¹) Invulling parameters conform IPCC-normen, gehalten kunnen onder Nederlandse omstandigheden (veel) lager zijn, bijv. 10% voor rundvee en 8% voor vleesvarkens

²) 10% bij opslag langer dan een maand, 0% bij weidemest, 5% bij rundvee

³) $TM = VS \cdot B_0 \cdot MCF \cdot CAF \cdot Density \cdot 1000$

⁴) Bij de IPCC-methodiek wordt geen onderscheid gemaakt tussen vlees- en fokvarkens, VS zal voor fokvarkens lager zijn dan voor vleesvarkens

Volgens Safley et al. (1992) is voor Nederland de CAF gelijk aan 1. Daarnaast wordt in Van Amstel et al. (1993) de MCF bij verschillende temperaturen gegeven.

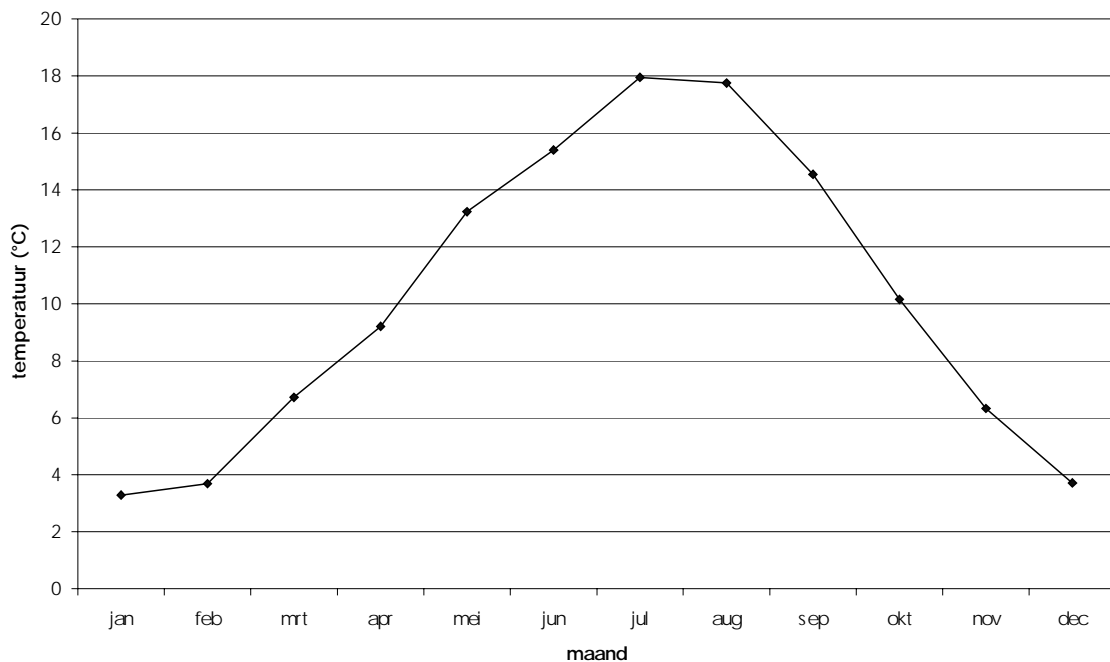
Bij deze IPCC-methodiek wordt geen rekening gehouden met de opslagmethode en de opslagduur. De opslagmethode kan van invloed zijn omdat bekend is dat er vanuit een kelder methaanemissie te verwachten is, terwijl de emissie vanuit een afgedekte silo beperkt is (Hilhorst et al., 2001). De opslagduur heeft invloed omdat bekend is dat de methaanproductie in bijv. mestvergisters tijdsafhankelijk is. In het begin is de emissie beperkt, na verloop van tijd neemt de emissie duidelijk toe. De methaanemissie kan dynamisch gemodelleerd worden, rekening houdend met de opslagmethode en de opslagduur (de Mol & Hilhorst, 2001).

De mestkelder is een zogeheten accumulatiesysteem: er is constante voeding van de 'reactor' (= kelder) en het mestvolume in de kelder neemt toe. De methaanemissie in dergelijke systemen hangt af van de vultijd en de inoculatie. Dit staat beschreven in Zeeman (1991), waar bekeken is in hoeverre het mogelijk is om methaan te produceren uit mest in stallen. Bij verschillende experimenten is de emissie in de loop der tijd gemeten. Op basis van die experimenten (Zeeman, 1991) wordt verondersteld dat de methaanemissiesnelheid in een accumulatiesysteem voor rundermest, bij 15 °C, lineair

afhankelijk is van de vultijd (in dagen). De emissie is dan kwadratisch afhankelijk van de vultijd (de Mol & Hilhorst, 2001). Deze relatie geldt zowel voor rundermest als voor varkensmest, alleen begint de emissie bij varkensmest eerder en blijft op een hoger niveau dan bij rundermest.

Deze relaties kunnen worden gebruikt om de afhankelijkheid van de methaanconversiefactor (MCF) van de vultijd te maken. Ook de MCF wordt op deze wijze kwadratisch afhankelijk van de vultijd.

Zoals onder meer uit Tabel 26 blijkt, is de methaanemissie sterk afhankelijk van de temperatuur. Bijvoorbeeld bij rundvee in de stal is de MCF bij 10 °C gelijk aan 5%, bij 20 °C 18% en bij 30 °C 33%. De emissie is evenredig met de MCF. Volgens Safley et al., 1992 is er geen emissie beneden 4 °C. Bij varkens zal de temperatuur in de stal niet sterk variëren omdat daar het klimaat zodanig geregeld wordt dat de staltemperatuur zoveel mogelijk in de comfortzone blijft. Hier is verondersteld dat de temperatuur in de mestkelder bij varkens constant 15 °C is. Rundveestallen zijn over het algemeen open gebouwd, daar zal de temperatuur in de mestkelder gerelateerd zijn aan de buitentemperatuur en de bodemtemperatuur. De gemiddelde buitentemperatuur in de loop van een jaar is weergegeven in Figuur 14.



Figuur 14: gemiddelde maandtemperatuur in De Bilt over de jaren 1991-2000 (KNMI).

Omdat de bodemtemperatuur vrij constant is (ca. 10 °C) zal de keldertemperatuur ergens tussen de buitentemperatuur en de bodemtemperatuur liggen: in de zomer iets meer dan de bodemtemperatuur maar minder dan de buitentemperatuur, in de winter iets meer dan

de buitentemperatuur. Om het temperatuureffect in te schatten zijn hier de volgende aannames gemaakt:

- de temperatuur in de mestkelder bij rundvee is 15 °C gedurende de maanden juni, juli, augustus en september en 10 °C in de overige maanden;
- bij 10 °C is de methaanemissie de helft lager dan bij 15 °C

De tweede aanname is gebaseerd op het verloop van de MCF afhankelijk van de temperatuur, zoals hierboven besproken, en de ondergrens voor methaanemissie bij 4 °C.

Bovenstaande modellering geldt voor een accumulatiesysteem, d.w.z. voor de mestkelder onder de stal. Voor de berekening van de emissie uit de silo worden emissiefactoren gebruikt, zie Tabel 27. Verder is in de berekeningen verondersteld dat de afdekking van de silo als effect heeft dat de emissie uit de silo met 75% gereduceerd wordt (Williams & Nigro, 1997; Hilhorst et al., 2001).

Tabel 27: gemiddelde methaanproductie over 180 dagen in ml CH₄/kg mest per dag (volgens Hilhorst et al., 2001, gebaseerd op Haskoning, 1992).

<i>Temperatuur</i>	<i>Varkensmest</i>	<i>Rundermest</i>
10 °C	36	13
15 °C	53	24

Deze dynamische modellering afhankelijk van de vultijd en de buitentemperatuur kan worden toegepast op specifieke bedrijven. Ter illustratie worden hier de resultaten gegeven bij een veehouderijbedrijf. Dit bedrijf kan een rundvee- of varkensbedrijf zijn, er is geen mestafvoer en er is geen beweiding. De mestproductie is 100 m³ per maand. In de uitgangssituatie is de bruto opslagcapaciteit van 800 m³ verdeeld over een kelder van 500 m³ en een silo van 300 m³. Varianten op dit bedrijf hebben een verschillende inhoud van kelder en silo, bij gelijke totale opslagcapaciteit. Een kelder is altijd nodig om de mest uit de stal op te vangen, hier is verondersteld dat de minimumgrootte 100 m³ is. De berekende MCF en emissie is in Tabel 28 weergegeven, deze resultaten zijn ook in Figuur 15 weergegeven.

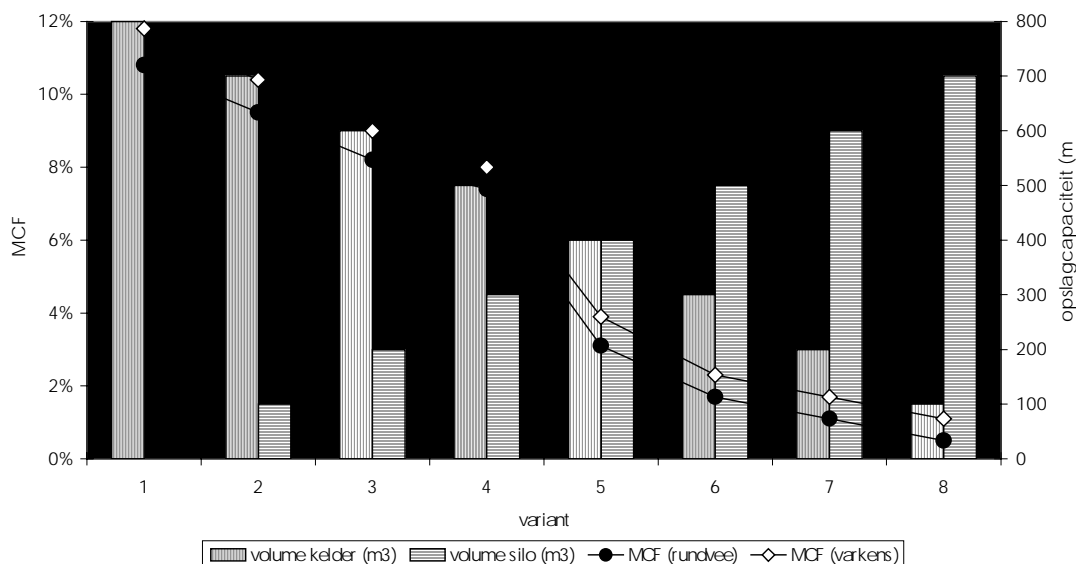
Tabel 28: resultaten van emissieberekeningen bij verschillende varianten voor de verdeling van de opslag over de kelder en de silo bij een voorbeeldbedrijf.

variant			Rundveebedrijf			Varkensbedrijf				
	kelder (m ³)	silo (m ³)	MCF	emissiefactor ¹⁾	emissie ²⁾	emissie ²⁾	MCF	emissiefactor ¹⁾	emissie ²⁾	emissie ²⁾
1	800	0	10,8%	1,511	1,81	-	11,8%	3,537	4,24	-
2	700	100	9,5%	1,330	1,60	0,00	10,4%	3,117	3,74	0,01
3	600	200	8,2%	1,148	1,38	0,01	9,0%	2,697	3,24	0,04
4	500	300	7,4%	1,027	1,23	0,03	8,0%	2,417	2,90	0,07
5	400	400	3,1%	0,436	0,52	0,06	3,9%	1,169	1,40	0,16
6	300	500	1,7%	0,233	0,28	0,08	2,3%	0,686	0,82	0,22
7	200	600	1,1%	0,160	0,19	0,09	1,7%	0,501	0,60	0,24
8	100	700	0,5%	0,076	0,09	0,11	1,1%	0,317	0,38	0,29

¹⁾ kg CH₄/1000 kg mest

²⁾ ton CH₄

Uit de resultaten bij het voorbeeldbedrijf blijkt dat de emissie vooral uit de kelder komt. De emissie neemt af naarmate de kelder een kleiner deel van de totale opslag is.



Figuur 15: verdeling van opslagcapaciteit en de berekende MCF voor rundvee- en varkensmest bij verschillende varianten van een voorbeeldbedrijf. De methaanemissie is lineair met de MCF.

METHAANEMISSIONS HUIDIGE SITUATIE

Om de mogelijkheden van mestvergisting op bedrijfsniveau te bekijken zijn in 3.2.3 veehouderijbedrijven gedefinieerd. Deze bedrijven kunnen rundvee- of varkensbedrijven zijn. De mest wordt op het eigen bedrijf gebruikt, er is geen mestafvoer. Hier is verder verondersteld dat de mestproductie 100 m³ per maand is.

In geval van een rundveebedrijf zijn er zeven uitrijmomenten (elke maand van februari t/m augustus), in geval van een varkensbedrijf zijn er drie uitrijmomenten (in februari, mei en augustus).

De netto opslagcapaciteit is 600 m³ (d.i. de productie van 6 maanden). Omdat bij leging van de opslag 10% achterblijft, is de bruto capaciteit 660 m³.

In geval van een rundveebedrijf worden de dieren in de maanden april tot en met september beperkt geweid, in die maanden komt 60% van de mest in de kelder terecht (van der Hoek, 2000).

Voor de opslag van mest kunnen een kelder, een silo, een mestzak en een vergister worden gebruikt. Opslag in een kelder en silo geeft methaanemissie, bij opslag in een mestzak is er geen emissie. Bij verblijf in een vergister kan er lekkage van methaangas optreden.

Er zijn negen varianten (zie Tabel 6 in paragraaf 3.2.3), met verdeling van de opslagcapaciteit over kelder, silo, mestzak (na-opslag) en vergister (zie Tabel 29).

Tabel 29: beschrijving van de verschillende systemen waarbij de inpassing van een mestvergister wordt bekeken met de procentuele verdeling van de opslag over verschillende systemen (100% = 660 m³).

<i>Systeem</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Kelder</i>	<i>Silo</i>	<i>Mestzak</i>	<i>Vergister</i>
kelder: huidige situatie	wel kelder, geen silo, geen vergisting	100%	-	-	-
kelder: ombouw	vergisting in kelder	-	-	-	100%
kelder: nieuwbouw	nieuwe vergister, na-opslag in mestzak	-	-	83%	17%
combi: huidige situatie	kelder en silo, geen vergisting	67%	33%	-	-
combi: ombouw	silo als vergister, na-opslag in mestzak	-	-	67%	33%
combi: nieuwbouw	nieuwe vergister, na-opslag in silo, mestzak	-	33%	50%	17%
silo: huidige situatie	wel silo, geen kelder, geen vergisting	-	100%	-	-
silo: ombouw	als 3 met vergisting in silo	-	-	-	100%
silo: nieuwbouw	als 3 met nieuwe vergister	-	83%	-	17%

Op basis van deze uitgangspunten is de benutting van de opslag bepaald voor de drie situaties zonder vergister: kelder, combi en silo, voor zowel een varkensbedrijf en een rundveebedrijf. De benutting van de opslag gedurende het jaar is weergegeven in Figuur 16 tot en met Figuur 21, in Bijlage 2.

Op basis van de benutting van de opslag is met het dynamisch emissiemodel (zie vorige paragraaf) de emissie berekend in de huidige situatie, zie Tabel 30 (varkensmest) en Tabel 31 (rundermest). De emissie is hoger naarmate een groter deel van de opslag uit de kelder bestaat (vgl. Figuur 15).

Tabel 30: berekende emissie (ton CH₄) bij varianten voor varkensmest (mestproductie in kelder/silo 1200 m³) in de huidige situatie (volgens Tabel 29).

<i>Systeem</i>	<i>Kelder</i>	<i>Silo</i>	<i>Totaal</i>	<i>Emissiefactor</i> (kg CH ₄ /m ³ mest)
kelder: huidige situatie	5,22	-	5,22	4,35
combi: huidige situatie	3,88	0,07	3,95	3,29
silo: huidige situatie	-	0,38	0,38	0,32

Tabel 31: berekende emissie (ton CH₄) bij varianten voor rundermest (mestproductie in kelder/silo 960 m³) in de huidige situatie (volgens Tabel 29)

<i>Systeem</i>	<i>Kelder</i>	<i>Silo</i>	<i>Totaal</i>	<i>Emissiefactor</i> (kg CH ₄ /m ³ mest)
kelder: huidige situatie	1,54	-	1,54	1,60
combi: huidige situatie	1,31	0,02	1,33	1,39
silo: huidige situatie		0,09	0,09	0,09

METHAANEMISSIONS INDIEN VERGISTER AANWEZIG

De methaanemissie kan ook berekend worden voor de systemen waarbij vergisting wordt toegepast. Hierbij is er geen sprake meer van een accumulatiesysteem voor de opslag. Daarom is het dynamisch emissiemodel hier niet gebruikt. Voor de emissieberekeningen zijn de volgende aannames gemaakt:

- emissie uit de vergister is afhankelijk van de lekkage, hiervoor zijn twee varianten bekeken: zonder lekkage uit de vergister of lekkage die overeenkomt met een MCF van 5% (IPCC, 1996);
- geen emissie bij na-opslag van vergiste mest in een mestzak, dit zou bereikt kunnen worden door de lucht uit de na-opslag te gebruiken als verbrandingslucht voor de WKK;
- bij na-opslag van vergiste mest in een silo is de emissie gelijk aan de emissie van onvergiste mest; hier is ook geen rekening gehouden met gewijzigde emissiefactoren bij de toediening van mest.

De resultaten van de berekeningen zijn opgenomen in Tabel 32 en Tabel 33. Methaanemissie kan worden omgerekend naar CO₂-equivalenten met een conversiefactor van 21.

Tabel 32: berekende methaanemissie (ton CH₄) bij varianten voor varkensmest (mestproductie in kelder/silo 1200 m³) met vergister (volgens Tabel 29).

Systeem	Kelder Silo Mestzak			Vergister		Totaal	Emissiefactor (kg CH ₄ /m ³ mest)
				excl. lek ¹⁾	incl. lek ²⁾		
kelder: ombouw	-	-	-	0	1,81	0 - 1,81	0 - 1,51
kelder: nieuwbouw	-	-	0	0	1,81	0 - 1,81	0 - 1,51
combi: ombouw	-	-	0	0	1,81	0 - 1,81	0 - 1,51
combi: nieuwbouw	-	0,07	0	0	1,81	0,07 - 1,88	0,06 - 1,57
silo: ombouw	-	-	-	0	1,81	0 - 1,81	0 - 1,51
silo: nieuwbouw	-	-	-	0	1,81	0 - 1,81	0 - 1,51

¹⁾ lekkage bij vergister niet inbegrepen

²⁾ lekkage van 5% bij vergister inbegrepen

Tabel 33: berekende methaanemissie (ton CH₄) bij varianten voor rundermest (mestproductie in kelder/silo 960 m³) met vergister (volgens Tabel 29).

Systeem	Kelder Silo Mestzak			Vergister		Totaal	Emissiefactor (kg CH ₄ /m ³ mest)
				excl. lek ¹⁾	incl. lek ²⁾		
kelder: ombouw	-	-	-	0	1,44	0 - 1,44	0 - 1,50
kelder: nieuwbouw	-	-	0	0	1,44	0 - 1,44	0 - 1,50
combi: ombouw	-	-	0	0	1,44	0 - 1,44	0 - 1,50
combi: nieuwbouw	-	0,02	0	0	1,44	0,03 - 1,46	0,03 - 1,52
silo: ombouw	-	-	-	0	1,44	0 - 1,44	0 - 1,50
silo: nieuwbouw	-	-	-	0	1,44	0 - 1,44	0 - 1,50

¹⁾ lekkage bij vergister niet inbegrepen

²⁾ lekkage van 5% bij vergister inbegrepen

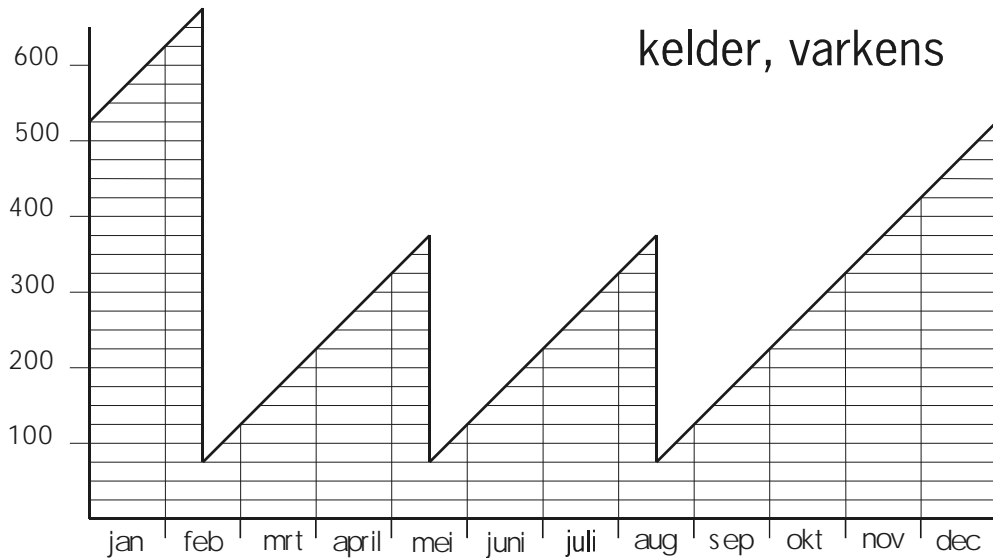
OVERIGE EMISSIES

Toepassing van mestvergisting levert geen verhoogd of gereduceerd risico op ammoniakemissies op (Buiter et al., 1999).

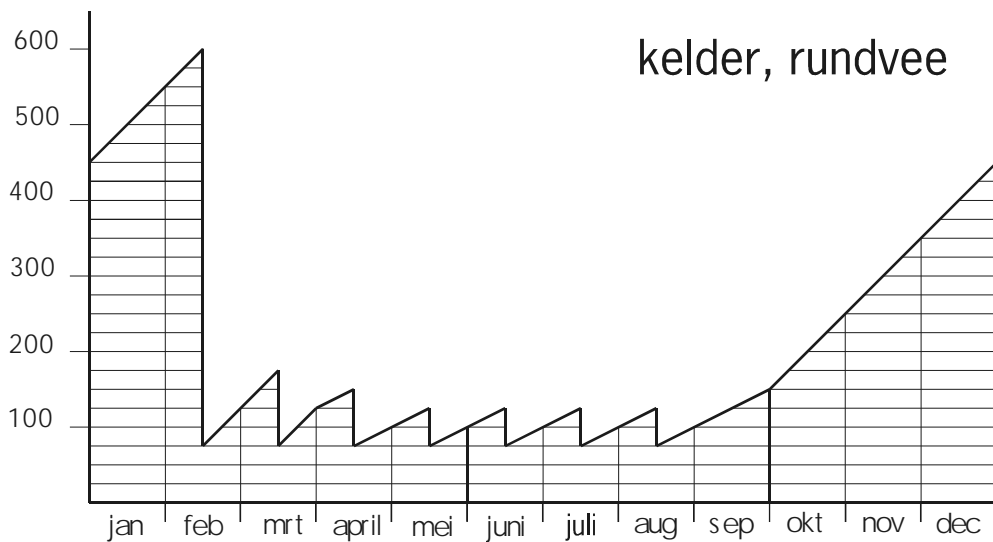
De lachgasemissie uit de stal en de opslag is volgens de IPCC 1 kg N₂O-N/1000 kg N voor runder- of varkensmest. De lachgasemissie is in alle systemen beperkt omdat er uitgegaan wordt van dunne-mestsystemen. In de berekeningen is lachgas niet meegenomen¹⁷.

¹⁷ Voor vleesvarkens bijvoorbeeld: 7.2 kg N/ton mest komt neer op 7.2 mg N₂O emissie per ton mest. Indien wordt aangenomen dat 1 ton N₂O gelijk staat aan 310 ton CO₂-equivalenten, is het aantal CO₂ equivalenten per ton mest 2.3 gram. Dit is ongeveer een factor 1000 lager dan de emissies van methaan uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Tevens is onduidelijk wat het verschil is tussen onvergiste en vergiste mest.

BIJLAGE 3: BENUTTING VAN DE MESTOPSLAG

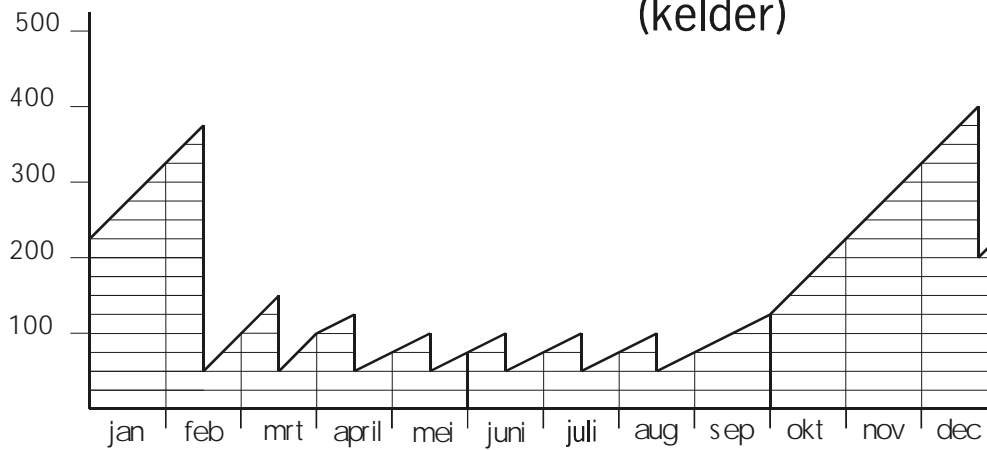


Figuur 16: benutting van de opslag in de huidige situatie gedurende het jaar voor de variant kelder, varkens.

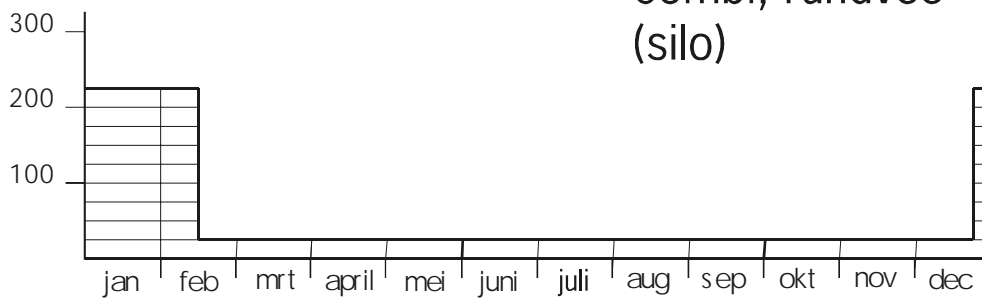


Figuur 17: benutting van de opslag in de huidige situatie gedurende het jaar voor de variant kelder, rundvee.

combi, rundvee
(kelder)

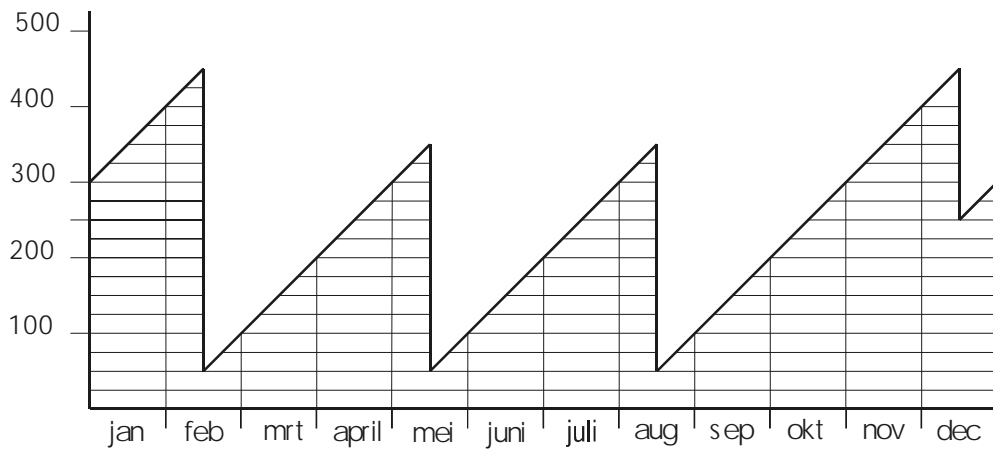


combi, rundvee
(silo)

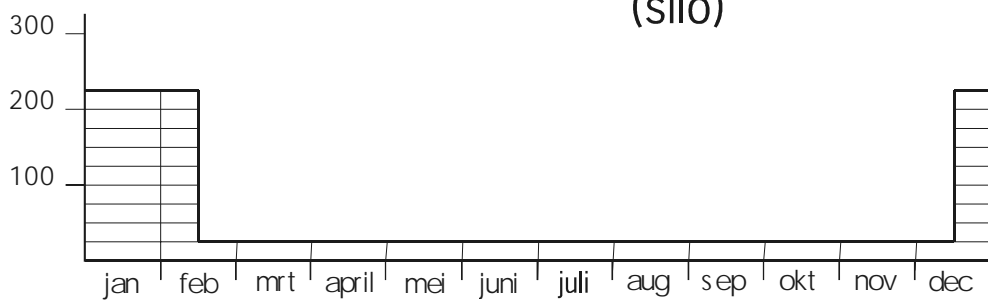


Figuur 18: benutting van de opslag in de huidige situatie gedurende het jaar voor de variant combi, varkens.

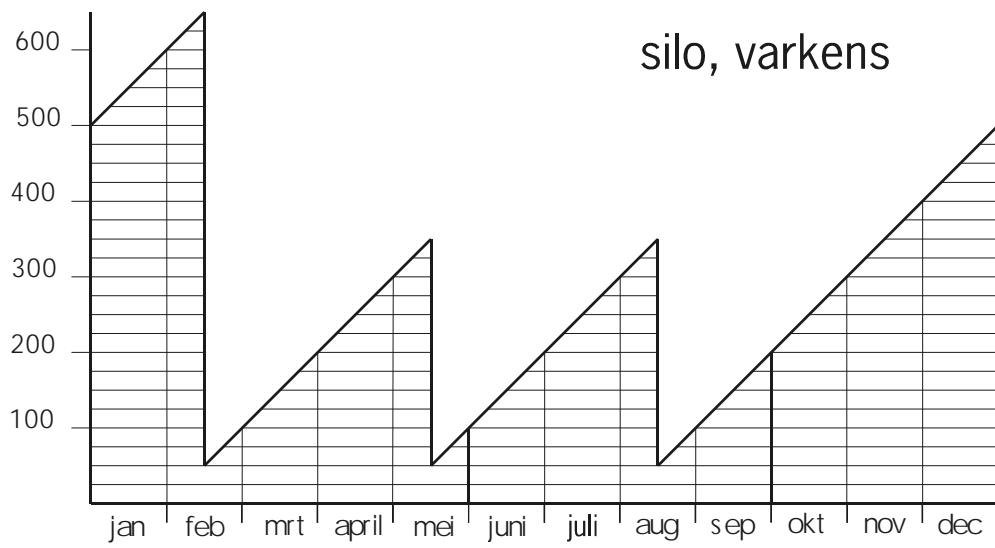
combi, varkens
(kelder)



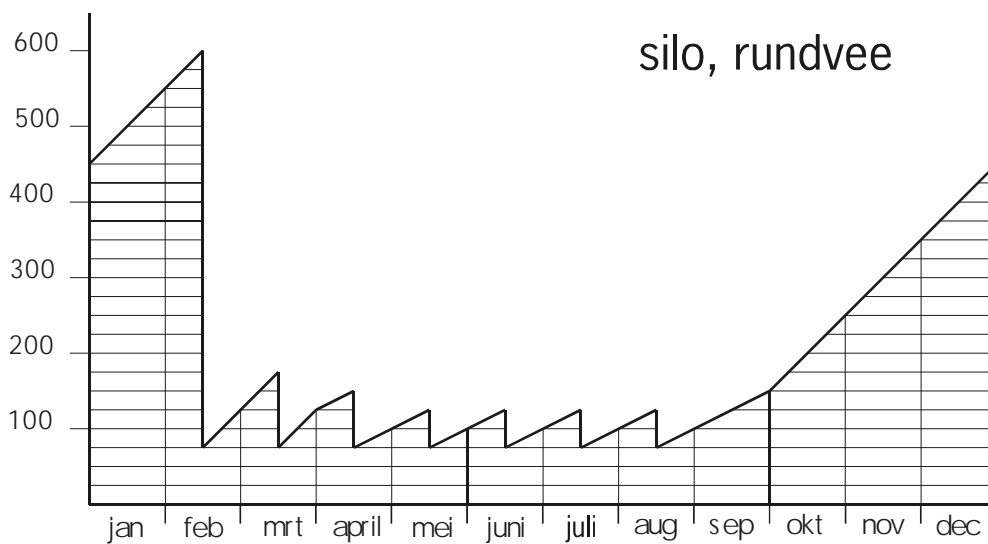
combi, varkens
(silo)



Figuur 19: benutting van de opslag in de huidige situatie gedurende het jaar voor de variant combi, rundvee.



Figuur 20: benutting van de opslag in de huidige situatie gedurende het jaar voor de variant silo, varkens.



Figuur 21: benutting van de opslag in de huidige situatie gedurende het jaar voor de variant silo, rundvee.

BIJLAGE 4: VERGISTINGSTEMPERATUUR

MESOFIELE VERGISTING

De biogasopbrengst die in de praktijk behaald wordt hangt af van de verblijftijd en temperatuur in de vergister. De meeste berekeningen gaan uit van de maximale theoretische biogasopbrengst (zie Tabel 14). Voor vergisting in bestaande opslagsystemen kan is de verblijfsduur niet gelijk voor alle mest. Voor deze situaties is het met behulp van een rekenmodel mogelijk de haalbare biogasopbrengst als percentage van de theoretisch maximale biogasopbrengst te berekenen (Chen en Hashimoto, 1978; Gunnerson). Het model is geldig voor temperaturen tussen 20 and 60°C, en berekent de biogasopbrengst volgens de onderstaande formule.

$$\gamma_v = [Bo * So / HRT] * [1 - K / (HRT * \mu_m - 1 + K)] \quad (1)$$

waarbij:

γ_v = volumetrisch methaan productie snelheid (m³ biogas/m³ reactor - dag),

So = inkomende organische stof concentratie (kg OS/m³)

Bo = maximale theoretische biogas opbrengst (m³ biogas /kg aangevoerde OS) bij oneindige HRT

HRT = hydraulisch retentie tijd (gemiddelde verblijftijd in dagen)

μ_m = maximale specifieke groei snelheid van micro-organismen (dagen⁻¹)

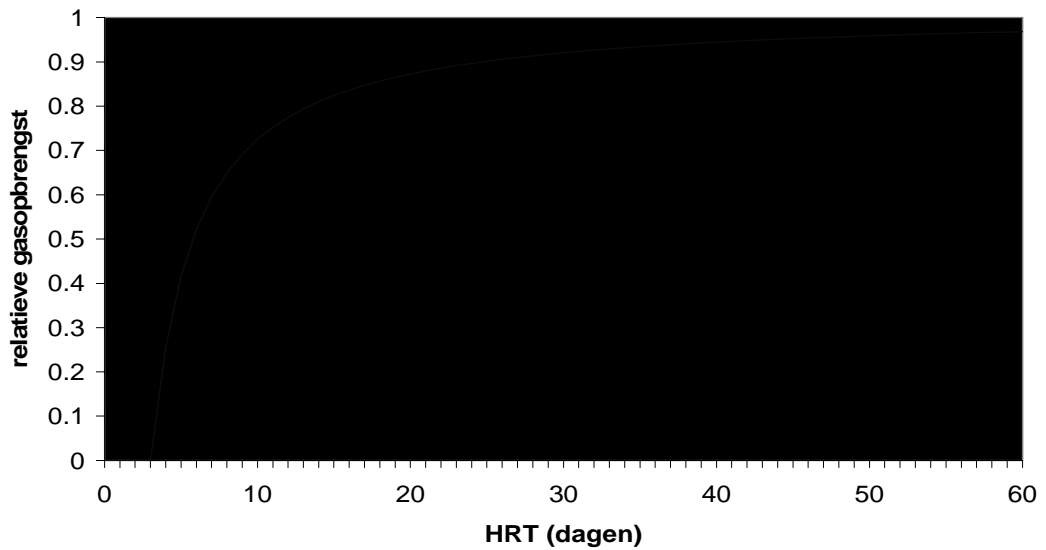
($\mu_m = 0.013 * HRT - 0.129$, met de HRT tussen 20 and 60°C)

K = dimensieloze kinetische parameter

(voor rundvee $K = 0.8 \pm (0.0016)e^{0.06(So)}$ voor een vergister met 40-100 kg OS/m³,

voor varkens $K = 0.6 \pm (0.00206)e^{0.051(So)}$ (Gunnerson))

In Figuur 22 wordt de gasopbrengst als functie van de HRT weergegeven voor rundermest, zoals berekend met het model.



Figuur 22 : relatieve biogasopbrengst van rundermest bij 35°C als functie van de gemiddelde verblijftijd (HRT)

Voor de systemen met alleen een kelder of alleen een silo zal de verblijftijd niet optimaal zijn. Een deel van de mest zal relatief kort voor het uitrijden in de vergister worden gepompt en hierdoor niet de volledig gewenste verblijftijd kunnen volmaken. Dit gaat ten koste van de gasopbrengst. Het model maakt het mogelijk per dag de gasopbrengst te berekenen. Bij het combinatiesysteem en bij nieuwbouw is de vergister constant gevuld. Dit betekent dat de verblijftijd even groot is als de opslagcapaciteit van de vergister. Er is gerekend met een optimale HRT van 30 dagen, en een temperatuur van 35 °C.

KOUDE VERGISTING

Koude vergisting vindt plaats op omgevingstemperatuur. Het model van Chen, Hashimoto en Gunnerson is hierop niet van toepassing. Bij koude vergisting is een langere verblijftijd nodig om dezelfde gasopbrengsten te halen als bij mesofiele vergisting (meer dan 110 dagen, zie paragraaf 2.1). Het bouwen van een nieuwe vergister lijkt niet aantrekkelijk, want de nieuwe vergistingstank zal relatief grote afmetingen moeten hebben om een lange verblijftijd van de mest te kunnen verwezenlijken. Voor het bepalen van de gasopbrengst bij koude vergisting is er rekening mee gehouden dat niet alle mest even lang in de opslag/vergister aanwezig kan zijn. Bij het bepalen van de gasopbrengst van koude vergisting is gebruik gemaakt van de waarden in onderstaande tabel. Bij het bepalen van de fracties van de maximale gasopbrengst die bij koude vergisting haalbaar zijn, is rekening gehouden met het verschil in verblijftijd tussen de verschillende fracties mest (zie bijlage 2 voor de hoeveelheden mest in de mestopslag per tijdseenheid).

Tabel 34: gasopbrengsten bij koude vergisting als fractie van de maximale gasopbrengst (afgeleid van Zeeman, 1991, Hoeksma et al., 1987 en Ellis, 2001)

buitenopslag	relatieve gasopbrengst
zomer	0.30
winter	0.05
kelderopslag	
zomer	0.20
winter	0.30

VERGISTING OP 20°C, ZONDER ISOLATIE

Om de gasopbrengst te verhogen en toch lagere investeringskosten te houden dan bij mesofiele vergisting is gekeken naar de mogelijkheid om het vergistingsproces op 20°C te brengen, zonder gebruik te maken van isolatie. Om het warmteverlies te berekenen zijn aannames gemaakt zoals weergegeven in Tabel 35.

Tabel 35: aannames voor berekening warmteverlies bij vergisting op 20°C, zonder isolatie

<i>factor</i>	<i>waarde eenheid Bron</i>
λ beton	1.72 Wm ⁻¹ K ⁻¹ Polytechnisch zakboekje
T buiten (zomer)	15 °C KNMI 2000
T buiten (winter)	5.4 °C KNMI 2000
dikte beton kelderwand	0.3 meter aanname
dikte beton silowand	0.2 meter aanname
T rundermest ¹	17 °C Nes et al, 1990
T varkensmest ¹	13 °C Nes et al, 1990
T bodem (zomer)	12 °C Nes et al, 1990
T bodem (winter)	8.4 °C Nes et al, 1990

¹ Na excretie

Het eerder genoemde model van Chen, Hashimoto en Gunnerson is van toepassing op de gasopbrengst bij 20°C. Uit berekeningen¹⁸ bleek dat het warmteverlies door de verhoging van de vergistingstemperatuur groter is dan de energie-inhoud van de biogasopbrengst. Dit betekent dat het energetisch niet rendabel is om op deze wijze te vergisten.

¹⁸ Het warmteverlies door de wand (MJ/jaar) kan als volgt berekend worden:
 $\lambda / \text{dikte betonwand} * (T \text{ vergisting} - T \text{ omgeving}) * \text{seconden in een jaar} * 0.5 / 10^6 * (2 * \pi * \text{straal} * \text{hoogte})$

BIJLAGE 5: ONDERDELEN VAN DE BIOGASINSTALLATIE EN HUN SCHAALFACTOREN

Bij het bepalen van de investeringskosten zijn de volgende systeemonderdelen zijn meegenomen:

- Verwarming van de te vergisten mest (schaalfactor 0.65)
- Koppeling van het warmwatersysteem van de WKK aan CV van de veehouderij, inclusief 20 meter warmteleiding (schaalfactor 0.6)
- Menging van de mest in de vergister (in een kelder is per 20x20 meter is één menger nodig, bij een silo per 1000 m³)
- WKK basisset: gasmotor + generator (schaalfactor 0.75). De minimale omvang van de WKK is 20 kW, kleiner WKK's zijn niet of nauwelijks leverbaar.
- Behuizing WKK incl. geluidsisolatie, elektriciteits- en wateraansluiting en fundering (schaalfactor 0.75)
- Affakelingsinstallatie (schaalfactor 0.75)
- Gasdicht maken mestzak (indien van toepassing)
- Gasdicht maken bassin (indien van toepassing)
- Afdekking kelder inclusief constructie (indien van toepassing)
- Silo gasdicht maken, incl. gasafdekking, incl. 50-200 m³ gasopslag (indien van toepassing, met een schaalfactor van 0.53)
- Mestpomp
- Mestafvoer uit vergister
- Ontzwavelingsinstallatie
- Meting gasflow
- Vergistingstank (beton) inclusief gasafdekking (indien van toepassing, met een schaalfactor van 0.42). De minimale grootte 300 m³, kleinere silo's zijn niet leverbaar.
- Gaszak voor de separate opslag van biogas (schaalfactor 0.81)
- Na-opslag van de vergiste mest (indien van toepassing)

BIJLAGE 6: EXTRA VOORZIENINGEN NA-OPSLAG VERGISTE MEST

Tabel 36: kosten en mogelijke problemen van de verschillende opties voor na-opslag van de vergiste mest in geval van een kelder met (half)open roostervloer

<i>Systeem</i>	<i>Kosten voor 3000 ton mest/jr Problemen (€)</i>	
• dichtmaken vloer met beton	90,000 ¹	werken in de stal
• schuine afdekking - beton - zeil	45,000 ¹ 8,500 ² (excl. constructie)	werken onder de kelder, afname opslagcapaciteit, warme uitgiste mest warmt verse mest op (zorgt voor voor-gisting), bij zeil: extra constructie nodig (bijv. houten latten om doorbuigen tegen te gaan)
• mestzak	32,000 ³	-
• silo	> 100,000	-

¹ Gegeven kosten gaan uit van € 45/m² (volgens prijsopgave Multibouwssystemen BV) en 1.5 meter diepte van de kelder

² Gegeven kosten gaan uit van € 8.5 /m² (volgens prijsopgave ISS BV, op basis van 850 gram/m²) en 1.5 meter diepte van de kelder

³ volgens prijsopgave ISS BV, voor 1250 m³ (6 maanden opslag nodig minus de hoeveelheid in de vergister).

Ongeveer 80-90% van de kelder heeft een (half)open roostervloer, hiervoor zullen dus aanvullende maatregelen nodig zijn. Bij de verschillende systemen met kelders is uitgegaan van de noodzaak van deze aanvullende maatregelen. Op basis van bovenstaande eigenschappen is gekozen om voor de na-opslag gebruik te maken van een mestzak. Een mestzak heeft een schaalfactor van 0.55. De benodigde capaciteit van de mestzak voor de na-opslag is afhankelijk van het bestaande mestopslagsysteem en de verblijftijd van de mest in de vergister.

BIJLAGE 7: DATA ENERGIEBEHOEFTE

In deze bijlage zal besproken worden hoe de elektriciteits- en warmtebehoefte zijn bepaald. Dit zal apart gebeuren voor de melkvee-, de vleesvarkens- en de zeugenhouderij. Tevens zullen de kosten en opbrengsten van energie besproken worden.

Melkvee

Tabel 37: overzicht van de gemiddelde behoefte aan elektriciteit en warmte op een melkveebedrijf per 100 kg melk (exclusief privé-gebruik) (gebaseerd op Welten 1994).

		totaal	piektarief	daltarief
elektriciteit	kWh/100 kg melk	5,6	3,6 (64%)	2,0 (36%)
warmte	MJ/100 kg melk	17		

De elektriciteit- en warmtebehoefte is uitgedrukt per 100 kg melk op jaarbasis. Voor het model is inzicht nodig in de elektriciteit- en warmtebehoefte per maand. Om de elektriciteit- en warmtebehoefte per maand te berekenen wordt uitgegaan van 1/12 van de jaarlijkse melkproductie. Voor elektriciteit en warmte is het aannemelijk te veronderstellen dat de verdeling van het verbruik over de maanden heen ongeveer gelijk is. De belangrijkste energievragende posten (90%) hebben betrekking op het melken. Hierin zit per maand weinig variatie.

De behoefte aan warmte is gebaseerd op gegevens omtrent gemiddeld brandstofverbruik. Hierbij moet opgemerkt worden dat er tussen bedrijven een grote spreiding is in brandstofverbruik. Er wordt van uitgegaan dat het warmteverbruik gelijk is voor de verschillende maanden omdat de meeste warmte gebruikt wordt voor de reiniging van de melkinstallatie, hetgeen gelijk over het jaar verdeeld is.

Voor de verdeling van de elektriciteitsvraag naar piek- en daltarief wordt uitgegaan van een bepaalde verdeling van het elektriciteitsverbruik over verschillende posten en tijdstippen. Uit onderzoek blijkt dat melkwinning (melken, koelen en reinigen) de grootste elektriciteitsvragende post is op een melkveebedrijf met 90% (Welten, 1994 en Hageman et al, 1996). Voor de studie van PR (PR, 2001) is uitgegaan van een verdeling over piek- en daltarief van het totale dagelijkse elektriciteitsbehoefte van resp. 90 en

10%. Dit geldt voor doordeweekse dagen, in het weekend geldt het daltarief voor de gehele dag. De verdeling van de elektriciteitsvraag over piek- en daltarief is zodoende resp. 64 en 36%.

Varkens

Tabel 38: overzicht van de gemiddelde behoefte aan elektriciteit en warmte op varkensbedrijven per gemiddeld aanwezig dier (exclusief privé-gebruik) (gebaseerd op Hoste 1995).

	<i>totaal</i>	
vleesvarkens		
elektriciteit	kWh/gem. aanw. dier	36
warmte	MJ/ gem. aanw. dier	420
zeugen		
elektriciteit	kWh/gem. aanw. dier	190
warmte	MJ/ gem. aanw. dier	4100

Tabel 39 geeft een overzicht hoe de verdeling gemiddeld over de maand is van het elektraverbruik over piek- en daluren. Dit is gebaseerd op berekeningen voor de studie van PR (van Lent et al., 2001). Uitgangspunten hierbij waren dat ventilatie de grootste energievragende post in de varkenshouderij is (90% en 60% bij resp., vleesvarkens en zeugen). In de winter zal ventilatie veelal geleidelijk over de dag verspreid zijn. In de zomer zal echter het merendeel van de totale ventilatie overdag plaatsvinden.

Tabel 39: verdeling (in %) van het elektriciteitsverbruik over piek en daluren voor de verschillende seizoenen.

	vleesvarkens		zeugen	
	daluren	piekuren	daluren	piekuren
winter (dec-feb)	52	48	52	48
voorjaar (ma-mei)	47	53	48	52
najaar (sep-nov)	47	53	48	52
zomer (jun-aug)	42	58	45	55

Tabel 40: maandelijkse warmtebehoefte (MJ/gem. aanw. dier) voor de verschillende seizoenen voor vleesvarkens en zeugen

	vleesvarkens	zeugen
winter (dec-feb)	46	451
voorjaar (ma-mei)	35	342
najaar (sep-nov)	35	342
zomer (jun-aug)	24	232

Privé-verbruik energie

Als aanvulling op het elektra- en warmtegebruik vanuit de bedrijfstakken kan ook het privé-gebruik aan elektra en warmte in het model worden meegenomen. Tabel 41 geeft de gemiddelde elektriciteitsbehoefte bij verschillende gezinsgrootte.

Tabel 41: gemiddeld privé-verbruik van elektriciteit per jaar

aantal personen	elektriciteit kWh
1	2020
2	3025
3	3830
4	4325
5	4810

Het gemiddelde gebruik aan energie voor verwarming (2500) en warm water (500) is 3000 m³ aardgas bij normaal stoken (Hageman et al, 1996). Dit is gelijk aan een warmtevraag van 96.900 MJ op jaarbasis of 8075 MJ per maand.

Kosten en opbrengsten van elektriciteit en warmte

Tabel 42: gegevens over aardgas- en elektriciteitsprijzen

<i>warmte</i>	
energie-inhoud aardgas	0.0314 GJ/m ³
prijs aardgas	0.214 €/m ³
REB 0-5000 m ³	0.12 €/m ³
REB > 5000	0.056 €/m ³
<i>karacterisering energievraag²</i>	
daltarief	0.050 €/kWh
piektarief	0.088 €/kWh
aandeel daluren varkenshouderij	53%
aandeel piekuren varkenshouderij	47%
aandeel daluren melkveehouderij	36%
aandeel piekuren melkveehouderij	64%
dekkingsgraad elektriciteitsgebruik melkvee	62% ¹
<i>elektriciteit</i>	
vermeden kosten voor eigen gebruik varkenshouderij, ex. REB ³	0.068 €/kWh
vermeden kosten voor eigen gebruik melkveehouderij, ex. REB ³	0.074 €/kWh
Terugleververgoeding duurzame elektriciteit ⁴	0.077 €/kWh
REB 0 – 10000 kWh	0.058 €/kWh
REB 10000 – 50000 kWh	0.019 €/kWh
REB > 50000 kWh	0.006 €/kWh

¹ Door de grote elektriciteitsintensiteit van het melken is het bij de melkveehouderij niet mogelijk de gehele elektriciteitsvraag te dekken. In de varkens- en zeugenhouderij kan dit wel.

² Gebaseerd op Hoste (1995) en Welten (1994).

³ Door een grote aandeel van het piekverbruik in het totale elektriciteitsgebruik in de melkveehouderij zijn de elektriciteitskosten hoger.

⁴ Deze prijs voor duurzame elektriciteit kan als representatief worden beschouwd voor de huidige marktprijs.

BIJLAGE 8: BENUTTING EIA EN VAMIL

Bij een fiscale winst (inkomen) van 80 duizend gulden per jaar zou een boer in jaar 1 maximaal 4 keer 80,000 gulden kunnen afschrijven (van het huidige jaar en van de drie voorafgaande jaren). Dit betekent dat een veehouder in jaar 1 zijn volledige VAMIL en EIA voordeel kan gebruiken bij een investering van maximaal 206 duizend gulden ($206 \text{ duizend} * 155\% = 4 * 80 \text{ duizend}$).

Een veehouderij kan een eenmanszaak zijn, maar vooral grotere bedrijven kunnen ook BV's zijn. In Tabel 43 staan de verschillende belastingschalen voor een eenmanszaak en voor een BV. De belastingschalen bepalen wat het netto voordeel van de belastingaftrek is.

Tabel 43: loonbelasting schalen voor veehouderijen

<i>Categorie</i>	<i>Loonbelasting</i>
Eenmanszaak: loonbelasting	
Eerste schijf: f 0 - f 15.161	0 % ¹
Tweede schijf: f 15161 – f 32770	32.35 %
Derde schijf: f 32770 - f 59521	37.6 %
Vierde schijf: f 59521 - f 102053	42 %
Vijfde schijf: f 102053 en meer	52 %
BV: vennootschapsbelasting	35%

¹ Na aftrek van de loonheffingskorting, zonder deze korting is deze schaal 32.35%.

Een eenmansbedrijf met een inkomen van 80,000 gulden betaalt 30.4% belasting. De EIA en de VAMIL leveren samen in dit geval een belastingvoordeel van 25.4% van de investering¹⁹. Echter, dit is een winst na belastingen. Uitgaande van 30.4% belasting, wordt het voordeel vóór belasting 36.4%²⁰. Indien er niet voldoende winst wordt gemaakt, kan het voordeliger zijn om met een leaseconstructie te werken. Met een leaseconstructie ligt het voordeel van de EIA en de VAMIL tussen de 20-25% t.o.v. een rentedragende lening zonder benutting van de EIA en de VAMIL. Het daadwerkelijk te behalen voordeel van de EIA en VAMIL zal dus afhangen van de winst die gemaakt wordt door een veehouderij. In de berekeningen is uitgegaan van een belastingtarief van 35% (als voor een BV) en de mogelijkheid om het voordeel van de EIA en VAMIL geheel in jaar 1 te benutten.

¹⁹ EIA 16.72%, VAMIL 8.63%

²⁰ Een belastingvoordeel is relatief meer waard dan winst van een bedrijf. Over winst moet belasting betaald worden, over een belastingvoordeel niet. Een belastingteruggave kan gelijk worden gesteld aan eenzelfde bedrag vóór belasting m.b.v. de volgende formule: $\text{belastingvoordeel} / (100\% - \text{belastingtarief}(\%))$

BIJLAGE 9: KOSTEN MOGELIJK TE REDUCEREN TONNEN CO₂ PER SYSTEEM

Tabel 44: Mogelijk te besparen tonnen CO₂-equivalenten en bijbehorende kosten. Per hoeveelheid CO₂-equivalent is weergegeven welk systeem hierbij hoort.

<i>Diersoort</i>	<i>Systeem</i>	<i>Grootte-Klasse¹</i>	<i>Kosten per ton CO₂(€)</i>	<i>Mogelijk aantal tonnen CO₂</i>
vleesvarken	silos: nieuwbouw	5500	57.32-	794
vleesvarken	silos: nieuwbouw	4500	54.34-	1,651
vleesvarken	silos: nieuwbouw	3500	48.79-	1,646
vleesvarken	silos: nieuwbouw	2500	38.37-	1,634
melkkoeien	silos: nieuwbouw	300+	37.83-	1,712
melkkoeien	silos: nieuwbouw	250-300	30.78-	1,716
gesloten	silos: nieuwbouw	1500	25.76-	2,585
melkkoeien	silos: nieuwbouw	200-250	22.39-	1,717
vleesvarken	combi: ombouw	5500	20.62-	1,505
vleesvarken	combi: ombouw	4500	19.34-	3,134
vleesvarken	combi: ombouw	3500	16.75-	3,131
vleesvarken	kelder: nieuwbouw	4500	15.47-	9,902
vleesvarken	kelder: nieuwbouw	5500	14.74-	4,755
vleesvarken	combi: ombouw	2500	12.76-	3,123
vleesvarken	kelder: nieuwbouw	3500	12.08-	9,890
gesloten	silos: nieuwbouw	1300	11.46-	5,165
melkkoeien	combi: ombouw	300+	8.99-	1,971
gesloten	combi: ombouw	1500	6.22-	20,676
vleesvarken	kelder: nieuwbouw	2500	6.08-	9,858
melkkoeien	combi: ombouw	250-300	5.51-	2,859
vleesvarken	silos: nieuwbouw	1500	4.60-	28,313
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	300+	3.15-	6,231
gesloten	combi: ombouw	1300	1.65-	41,334
melkkoeien	combi: ombouw	200-250	1.44-	2,860
gesloten	silos: nieuwbouw	1100	1.44-	7,735
vleesvarken	combi: ombouw	1500	0.96-	36,426
zeugen	silos: nieuwbouw	650	0.85	3,525
gesloten	kelder: nieuwbouw	1500	0.92	35,234
gesloten	combi: ombouw	1100	1.61	61,967
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	250-300	1.66	9,037

zeugen	combi: ombouw	650	5.01	8,858
gesloten	combi: ombouw	900	5.78	42,430
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	200-250	7.67	9,040
gesloten	kelder: nieuwbouw	1300	7.70	70,434
zeugen	combi: ombouw	550	8.94	14,743
vleesvarken	kelder: nieuwbouw	1500	11.17	171,829
zeugen	kelder: nieuwbouw	650	11.63	28,001
gesloten	silo: nieuwbouw	900	11.70	5,289
gesloten	kelder: nieuwbouw	1100	12.37	105,586
melkkoeien	silo: nieuwbouw	150-200	13.67	18,277
zeugen	combi: ombouw	450	14.07	17,746
zeugen	silo: nieuwbouw	550	14.35	5,850
zeugen	kelder: nieuwbouw	550	16.90	46,605
melkkoeien	combi: ombouw	150-200	17.36	30,508
gesloten	kelder: nieuwbouw	900	18.40	72,289
gesloten	combi: ombouw	700	19.58	42,391
zeugen	combi: ombouw	350	22.21	17,692
zeugen	kelder: nieuwbouw	450	24.32	56,097
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	150-200	31.28	96,438
melkkoeien	combi: ombouw	50-100	32.45	109,903
melkkoeien	combi: ombouw	100-150	32.45	30,351
gesloten	combi: ombouw	100	32.99	23,524
gesloten	combi: ombouw	300	32.99	23,666
gesloten	combi: ombouw	500	32.99	36,541
zeugen	silo: nieuwbouw	450	33.76	7,013
zeugen	kelder: nieuwbouw	350	35.67	55,926
zeugen	combi: ombouw	250	36.16	17,594
gesloten	kelder: nieuwbouw	700	38.61	72,211
melkkoeien	silo: nieuwbouw	50-100	51.50	122,026
melkkoeien	silo: nieuwbouw	100-150	51.50	18,085
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	50-100	54.62	652,758
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	100-150	54.62	95,942
zeugen	kelder: nieuwbouw	250	55.52	55,616
vleesvarken	combi: ombouw	500	56.80	36,062
gesloten	silo: nieuwbouw	700	57.19	5,275
gesloten	kelder: nieuwbouw	100	59.11	40,095
gesloten	kelder: nieuwbouw	300	59.11	52,249
gesloten	kelder: nieuwbouw	500	59.11	62,217
zeugen	silo: nieuwbouw	350	64.26	6,946
zeugen	combi: ombouw	150	69.67	26,726
melkkoeien	combi: ombouw	0-50	93.23	107,325
vleesvarken	kelder: nieuwbouw	500	96.45	113,995
zeugen	kelder: nieuwbouw	150	103.22	84,483

gesloten	silos: nieuwbouw	100	105.58	2,875
gesloten	silos: nieuwbouw	300	105.58	3,783
gesloten	silos: nieuwbouw	500	105.58	4,526
zeugen	silos: nieuwbouw	250	119.64	6,826
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	0-50	139.74	339,266
vleesvarken	silos: nieuwbouw	500	180.71	18,526
melkkoeien	silos: nieuwbouw	0-50	208.85	61,784
zeugen	combi: ombouw	50	233.10	9,697
zeugen	silos: nieuwbouw	150	262.51	10,075
zeugen	kelder: nieuwbouw	50	345.03	30,653
zeugen	silos: nieuwbouw	50	1,181.07	3,076

¹ Grootteklasse 4500 bij de vleesvarkens slaat op alle bedrijven met 4000-5000 dieren, enz. Bij de zeugen slaat grootteklasse 150 op alle bedrijven met 100-2000 dieren, enz. Bij de gesloten bedrijven slaat grootteklasse 300 op alle bedrijven met 200-400 dieren, enz. De grootste bovenklasse bevat alle bedrijven met meer dieren dan de andere klassen.

BIJLAGE 10: KOSTEN MOGELIJK TE REDUCEREN TONNEN CO₂ PER SYSTEEM, CO-VERGISTING

Tabel 45: Mogelijk te besparen tonnen CO₂-equivalenten en bijbehorende kosten bij co-vergisting van 1 ton organisch materiaal per dag. Per hoeveelheid CO₂-equivalent is weergegeven welk systeem hierbij hoort.

<i>Diersoort</i>	<i>Systeem</i>	<i>Grootte- Klasse¹</i>	<i>Kosten per ton CO₂(€)</i>	<i>Mogelijk aantal tonnen CO₂</i>
vleesvarken	silos: nieuwbouw	5,500	61.78-	2,019
vleesvarken	silos: nieuwbouw	4,500	60.16-	4,429
vleesvarken	silos: nieuwbouw	3,500	56.07-	4,737
vleesvarken	silos: nieuwbouw	2,500	50.51-	5,525
gesloten	silos: nieuwbouw	1,500	48.83-	2,903
gesloten	silos: nieuwbouw	1,300	46.03-	6,031
gesloten	silos: nieuwbouw	1,100	43.71-	9,474
melkkoeien	silos: nieuwbouw	300+	42.87-	3,873
zeugen	silos: nieuwbouw	650	40.99-	11,999
gesloten	silos: nieuwbouw	900	40.59-	6,873
vleesvarken	combi: ombouw	5,500	40.33-	966
zeugen	silos: nieuwbouw	550	39.96-	21,882
vleesvarken	silos: nieuwbouw	1,500	39.84-	112,096
vleesvarken	combi: ombouw	4,500	39.57-	2,084
melkkoeien	silos: nieuwbouw	250-300	38.39-	4,125
zeugen	silos: nieuwbouw	450	38.04-	29,670
vleesvarken	combi: ombouw	3,500	37.31-	2,181
zeugen	silos: nieuwbouw	350	35.87-	34,826
vleesvarken	kelder: nieuwbouw	4,500	35.50-	7,764
vleesvarken	kelder: nieuwbouw	5,500	34.80-	3,581
gesloten	silos: nieuwbouw	700	34.28-	7,388
vleesvarken	combi: ombouw	2,500	34.04-	2,417
zeugen	silos: nieuwbouw	250	33.40-	44,105
melkkoeien	silos: nieuwbouw	200-250	32.58-	4,369
vleesvarken	kelder: nieuwbouw	3,500	32.40-	8,184
gesloten	combi: ombouw	1,500	32.30-	14,223
gesloten	combi: ombouw	1,300	31.80-	29,188
gesloten	combi: ombouw	1,100	31.22-	45,166
gesloten	combi: ombouw	900	29.84-	32,160
vleesvarken	combi: ombouw	1,500	29.28-	33,638

vleesvarken	kelder: nieuwbouw	2,500	28.21-	9,259
gesloten	combi: ombouw	700	27.74-	33,766
gesloten	silo: nieuwbouw	100	26.56-	6,891
gesloten	silo: nieuwbouw	300	26.56-	7,200
gesloten	silo: nieuwbouw	500	26.56-	7,450
zeugen	combi: ombouw	250	26.17-	19,677
gesloten	kelder: nieuwbouw	1,500	26.11-	28,902
zeugen	silo: nieuwbouw	150	25.71-	97,019
zeugen	combi: ombouw	350	25.03-	16,206
gesloten	kelder: nieuwbouw	1,300	24.41-	59,459
zeugen	combi: ombouw	450	24.13-	14,278
zeugen	combi: ombouw	150	23.96-	41,183
zeugen	combi: ombouw	550	23.88-	10,821
zeugen	combi: ombouw	650	23.82-	6,070
gesloten	combi: ombouw	100	23.24-	29,535
gesloten	combi: ombouw	300	23.24-	24,677
gesloten	combi: ombouw	500	23.24-	32,365
melkkoeien	silo: nieuwbouw	150-200	23.21-	50,462
gesloten	kelder: nieuwbouw	1,100	22.74-	92,318
gesloten	kelder: nieuwbouw	900	20.37-	66,043
vleesvarken	kelder: nieuwbouw	1,500	19.81-	183,072
zeugen	kelder: nieuwbouw	650	17.13-	22,139
zeugen	kelder: nieuwbouw	550	16.77-	39,468
zeugen	kelder: nieuwbouw	450	15.86-	52,074
gesloten	kelder: nieuwbouw	700	15.57-	69,815
zeugen	kelder: nieuwbouw	350	14.93-	59,107
zeugen	kelder: nieuwbouw	250	14.05-	71,765
melkkoeien	combi: ombouw	300+	13.91-	1,958
melkkoeien	silo: nieuwbouw	50-100	13.67-	523,574
melkkoeien	silo: nieuwbouw	100-150	13.67-	60,820
melkkoeien	combi: ombouw	250-300	12.17-	2,931
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	300+	9.95-	7,140
vleesvarken	combi: ombouw	500	9.92-	42,638
melkkoeien	combi: ombouw	200-250	9.87-	3,022
gesloten	kelder: nieuwbouw	100	8.95-	59,283
gesloten	kelder: nieuwbouw	300	8.95-	64,160
gesloten	kelder: nieuwbouw	500	8.95-	68,129
zeugen	kelder: nieuwbouw	150	8.46-	150,202
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	250-300	7.44-	10,688
vleesvarken	silo: nieuwbouw	500	7.41-	99,180
melkkoeien	combi: ombouw	150-200	6.43-	33,707
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	200-250	4.10-	11,021
zeugen	combi: ombouw	50	3.75-	33,192

melkkoeien	combi: ombouw	50-100	2.32-	158,359
melkkoeien	combi: ombouw	100-150	2.32-	37,581
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	150-200	1.71	122,934
melkkoeien	silo: nieuwbouw	0-50	3.60	448,764
zeugen	silo: nieuwbouw	50	4.14	83,657
melkkoeien	combi: ombouw	0-50	4.30	221,986
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	50-100	7.94	1,085,177
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	100-150	7.94	137,065
vleesvarken	kelder: nieuwbouw	500	8.64	155,506
zeugen	kelder: nieuwbouw	50	19.36	121,055
melkkoeien	kelder: nieuwbouw	0-50	20.76	809,614

¹ Grootteklasse 4500 bij de vleesvarkens slaat op alle bedrijven met 4000-5000 dieren, enz. Bij de zeugen slaat grootteklasse 150 op alle bedrijven met 100-2000 dieren, enz. Bij de gesloten bedrijven slaat grootteklasse 300 op alle bedrijven met 200-400 dieren, enz. De grootste bovenklasse bevat alle bedrijven met meer dieren dan de andere klassen.