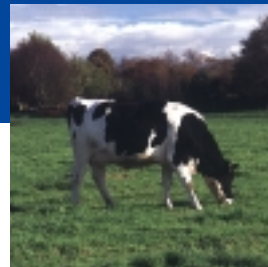


Perspectieven van co-vergisting voor beperking van emissies van broeikasgassen uit de landbouw in Nederland

P.J. Kuikman (*Alterra*)

M. Buijer (*ETC*)

J. Dolfing (*Alterra*)



Alterra-rapport 210, ISSN 1566-7197

Perspectieven van co-vergisting voor beperking van emissies van broeikasgassen uit de landbouw in Nederland

Perspectieven van co-vergisting voor beperking van emissies van broeikasgassen uit de landbouw in Nederland

P.J. Kuikman¹
M. Buiten²
J. Dolfing¹

¹ Alterra – Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen UR

² ETC-Nederland, Leusden

Alterra-rapport 210

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000

REFERAAT

Kuikman, P.J., M. Buijter en J. Dolfing, 2000. Perspectieven van co-vergisting voor beperking van emissies van broeikasgassen uit de landbouw in Nederland, Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 210. 118 blz.; 4 fig.; 20 tab.; 64 ref.

In het kader van het Reductieplan Overige Broeikasgassen is voor NOVEM een "Perspectiefstudie co-vergisting en mestkwaliteit" uitgevoerd. De voornaamste bijdrage van co-vergisting (dierlijke mest met organische reststromen) aan beperking van emissie van broeikasgassen is de gecontroleerde productie en opvang van methaan in biogas. Methaan kan worden toegepast voor de opwekking van energie en vervangt fossiele brandstoffen. Dit levert een duurzame bijdrage aan de reductie van de emissie van broeikasgassen CO₂ en CH₄. Daarnaast wordt verwacht dat co-vergiste mest een lagere lachgasemissie tot gevolg heeft bij toepassing van het product als meststof op het land in vergelijking met ruwe mest. Verwerking van 10 tot 25% van alle mest in Nederland via co-vergisting leidt tot een emissiereductie van 0,7 – 1,5 Mton CO₂-equivalenten per jaar. Hiervoor zijn enkele honderden regionale vergistingsinstallaties nodig die in 5 jaar kunnen worden opgezet. De investeringskosten bedragen ongeveer 150 gulden per vermeden ton CO₂ emissies en kunnen naar verwachting worden terugverdiend. Toepassing van co-vergisting in Nederland op grote(re) schaal kan leiden tot een emissiereductie in de orde van 5 Mton CO₂-equivalenten per jaar uit de Nederlandse landbouw. Er zijn nog onzekerheden in de berekening die de emissiereductie van lachgas nog kunnen laten toenemen. Co-vergisting biedt handreikingen voor beperking van het mineralenoverschot cf. MINAS en leidt tot minder kunstmestbehoefte. Het belangrijkste dilemma van co-vergisting is de beperkte mate van acceptatie door boeren van het eindproduct als gevolg van onbekendheid met productiewijze en productkwaliteit. Mogelijkheden om de acceptatie te vergroten en voor ontwikkeling van adequate kwaliteitscontrole worden in dit rapport besproken.

Trefwoorden: co-vergisting, emissie broeikasgassen, klimaatbeleid, koolstof, lachgas, mest, methaan, organisch afval, reststromen, stikstof

Opdrachtnummer NOVEM: 374299/0100

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 50,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 210. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

Inhoud

Samenvatting	9
1 Inleiding	15
1.1 Aanleiding tot deze studie	15
1.2 Doelstelling	15
1.3 Vraagstelling	16
1.4 Beoogde resultaten	16
1.5 Werkwijze	17
2 Co-vergisting van mest en organische reststromen	19
2.1 Technische karakterisering van co-vergisting	19
2.2 Mest als grondstof voor co-vergisting	22
2.3 Organische reststromen als grondstof voor co-vergisting	24
2.3.1 Meerwaarde van toevoeging reststromen aan mest bij co-vergisting	24
2.3.2 Beschikbaarheid organische reststromen voor co-vergisting	25
2.3.3 Geschiktheid van organische reststromen voor co-vergisting	27
2.4 Mestproducten van co-vergisting	28
2.4.1 Samenstelling van fermentaat	28
2.4.2 Bemestende waarde van fermentaat	29
2.4.3 Verbetering benuttingsefficiëntie van mineralen (N en P)	30
2.4.4 Invloed op bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid	31
2.4.5 Beheersing van (fyto)sanitaire risico's	32
2.5 Techniek, schaal en logistiek van co-vergistingsinstallaties	32
3 Reductie broeikasgasemissies en overige milieu-effecten	35
3.1 Klimaatverandering: beleid en bijdrage agrarische sector	35
3.2 Beperking emissie van methaan en lachgas bij opslag mest	36
3.3 Toepassing van biogas uit co-vergisting voor energie-opwekking	37
3.4 Beperking kunstmesttoepassing door gebruik van voedingsstoffen uit organische afvalstromen in de landbouw	39
3.5 Toepassing van nieuwe meststoffen en organische stof en emissie van lachgas en kooldioxide	39
3.6 Overige milieuaspecten	40
3.6.1 Milieuaspecten van fermentaat	41
3.6.2 Beheersing van (fyto)sanitaire risico's	41
3.7 Mestbewerking als oplossingsalternatief voor mestoverschot	42
3.7.1 Mestbewerking ter facilitering van regionaal gemengde bedrijven	43
3.7.2 Mestbewerking ter ondersteuning van (overschakeling op) biologische landbouw	43
3.8 Mestvergisting en andere verwerkingsalternatieven	44
4 Ervaringen met co-vergisting in europa	47
4.1 Ervaringen in Denemarken	47
4.1.1 Inleiding	47
4.1.2 Vergisting op de boerderij	47
4.1.3 Regionale mestvergisting	47

4.1.4	Biomassa en gas productie in regionale installaties	48
4.1.5	Verklaringen voor het succes van co-vergisting in Denemarken	49
4.1.5.1	Landbouwkundige factoren	49
4.1.5.2	Economische factoren	50
4.2	Ervaringen in Duitsland	51
4.3	Co-vergisting in Frankrijk en Spanje	53
4.4	Ervaringen in Nederland	54
4.4.1	Voorgeschiedenis	54
4.4.2	Proefproject co-vergisting in Ysselsteyn	54
4.4.3	Toepassing van producten van co-vergisting	55
4.4.4	Economische rentabiliteit en haalbaarheid van co-vergisting	55
4.5	Lessen uit Europa voor Nederland	57
4.5.1	Ervaringen en percepties bij consumenten	57
4.5.2	Kansen voor implementatie van co-vergisting in Nederland	58
5	Emissiereductie van broeikasgassen bij implementatie van co-vergisting in Nederland	59
5.1	Macro-perspectieven van co-vergisting in Nederland	59
5.1.1	Referentiesituatie voor berekening emissiereductie op macroniveau	59
5.1.2	Aannames bij de berekening van emissiereductie broeikasgassen door co-vergisting	62
5.1.3	Potentiele emissiereductie via co-vergisting op macro-niveau	64
5.1.4	Reductiepotentieel bij lagere doordringing van co-vergisting in Nederland	66
5.1.4.1	Beperking van de beschikbare hoeveelheid mest	66
5.1.4.2	Lagere efficiëntie van biogasproductie	66
5.1.4.3	Grotere beschikbaarheid van co-substraat	66
5.1.5	Aantal installaties en kostenindicatie	66
5.2	Potentie van co-vergisting op micro-niveau	71
5.2.1	Mogelijkheden op micro-niveau	71
5.2.2	Resultaatverwachting in een Centrale Vergistings Installatie (CVI)	73
6	Mestverwerking in de praktijk	75
6.1	Beleid, wet- en regelgeving	75
6.1.1	Beoordeling nieuwe meststoffen	75
6.1.2	Stimulering en regulering van duurzame energie en hergebruik van grondstoffen	75
6.1.3	Bemestende waarde van producten van co-vergisting	76
6.1.4	Helpt een classificatiesysteem?	77
6.2	Organisatorische randvoorwaarden en sociale aspecten	77
6.2.1	Brede inzet van ecologisch efficiënte mestverwerking	77
6.2.2	Duurzaamheid in beheer van mestverwerkingsinstallaties	78
6.2.3	Ontwikkeling van een afzetmarkt voor verwerkte meststoffen in de 'regio'	78
6.2.4	Efficiënte aanwending van verwerkte meststoffen en terugdringing van het kunstmestgebruik	79
6.2.5	Er is tijd nodig om kennis en ervaring op te doen ten aanzien van duurzame mestverwerking	79

6.2.6	Bevordering van een duurzame implementatie van ecologisch efficiënte mestverwerking	79
6.2.7	Bestuursackoord Duurzame mestverwerking	80
6.3	Integrale kwaliteitszorg op basis van HACCP-principes	81
6.3.1	Wat is HACCP-kwaliteitszorg en hoe werkt het?	81
6.3.2	Meerwaarden HACCP-kwaliteitszorg	82
6.3.2.1	HACCP als integrale kwaliteitszorg	83
6.3.2.2	HACCP-kwaliteitszorg en afzetmarkt	84
6.3.2.3	HACCP en vergunningen en handhaving	84
6.3.3	Ontwikkeling instrumentarium HACCP-kwaliteitszorg mestverwerking	85
7	Toekomstbeeld, conclusies, aanbevelingen en kennisleemtes	87
7.1	Toekomstbeeld van co-vergisting	87
7.2	Conclusies	89
7.2.1	Broeikasgasemissies: het reductiepotentieel van co-vergisting	89
7.2.2	Agrarisch, ecologisch en economisch nut van co-vergisting	89
7.2.3	Randvoorwaarden voor duurzame ontwikkeling en inzet van co-vergisting	90
7.2.4	Dilemma's rond implementatie van co-vergisting – aanbevelingen	90
7.3	Kennisleemtes	91
	Literatuur	93
 <i>Aanhangsels</i>		
1	Begrippenlijst	99
2	Technische specificaties en milieu-en beheersaspecten van co-vergistingsinstallaties	103
3	Mestverwerking via co-vergisting, grondstoffen, producten en beschrijving van vergistingsinstallatie van de toekomst	107
4	Bemestende waarde van dierlijke mest	109
5	Berekening van energiekosten van verschillende mestverwerkingsscenario's	111
6	Technische en operationele gegevens van mestverwerking in Denemarken	117

Samenvatting

CO-VERGISTING

Vergisting van mest, al dan niet met andere organische reststromen als co-vergisting, is een gangbare technologie in West-Europa. De techniek is ontwikkeld en geïntroduceerd in de jaren 70 en 80 met als drijvende kracht de mogelijkheid om energie (biogas) te produceren. In Nederland is de (kleinschalige) mestvergisting nooit goed van de grond gekomen. Oorzaken zijn tegenvallende gasopbrengsten, onvoldoende warmte-afzetmogelijkheden, technische problemen en lage energieprijzen. Een verdere reden is dat in mestvergisting een oplossing voor het regionale mestoverschotten werd gezocht. Deze techniek bood daar echter niet direct een oplossing voor (NOVEM, 1999). Daarnaast leefde de overtuiging dat de overheid dan wel landbouworganisaties via grootschalige oplossingen (zie PROMEST) voor een effectievere aanpak en oplossing van de (lokale) mestoverschotten kon zorgen. Dit laatste is een illusie gebleken vooral omdat (internationale) afzetmarkten ontbraken en mestdistributie goedkoper was (NOVEM, 1999).

CO-VERGISTING EN BROEIKASGASSEN

Co-vergisting draagt bij aan beperking van emissie van broeikasgassen via gecontroleerde productie en opvang van methaan in biogas. Dit methaan kan worden toegepast voor de opwekking van energie en vervangt daarmee fossiele brandstoffen. Op deze wijze wordt een duurzame bijdrage geleverd aan de reductie van de emissie van broeikasgassen CO₂ en CH₄. De omvang van deze reductie is relatief goed gedocumenteerd.

Via verbetering van de benutting van stikstof en organische reststromen kan co-vergisting ook leiden tot minder kunstmestgebruik. Dit resulteert in een reductie van emissies van CO₂ en N₂O die het gevolg zijn van kunstmestproductie en -transport. Daarnaast leeft de verwachting dat co-vergiste mest een lagere lachgasemissie tot gevolg heeft bij toepassing van het product als meststof op het land. Deze verwachting is gebaseerd op zeer beperkte wetenschappelijke gegevens. Petersen (1999) laat zien dat het gebruik van vergiste mest tot reductie van lachgasemissie kan leiden van 30% in vergelijking met verse mest.

EMISSIEBEPERKING DOOR CO-VERGISTING

In dit rapport is een potentiële emissiereductie berekend van 0,7 – 1,5 Mton CO₂-equivalenten, als in Nederland 10 tot 25% van de beschikbare mest (7 – 18 Mton) met 50 – 100 % van het beschikbare bermgras en GFT afval (ca. 1,8 – 3,7 Mton) wordt verwerkt in co-vergistingsinstallaties. Voor deze inzet zijn enkele honderden regionale vergistingsinstallaties nodig. Indien Duitsland model staat, zijn deze installaties in een periode van 5 jaar op te zetten. De investeringskosten bedragen ongeveer 150 gulden per vermeden ton CO₂ emissies en kunnen naar verwachting worden terugverdiend.

Grootschalige toepassing van co-vergisting in Nederland kan leiden tot een emissiereductie in de orde van 5 Mton CO₂-equivalenten per jaar uit de Nederlandse landbouw. Hierbij wordt maximaal gebruik gemaakt van benutting van nutriënten uit organische mest- en reststromen in Nederland en maximale vervanging van kunstmest. In deze berekening zijn nog onzekerheden aanwezig die mogelijkheden bieden voor een grotere emissiereductie van vooral lachgas. In Nederland is voldoende mest beschikbaar. De beschikbare omvang van reststromen is niet voldoende omdat een groot gedeelte al wordt hergebruikt in de Nederlandse landbouw als veevoer. Een alternatieve reststroom bestaat uit gewasresten die nu op het land achterblijven en daar soms en afhankelijk van het gewas voor omvangrijke emissies van lachgas en verliezen van stikstof kunnen zorgen. Deze gewasresten kunnen in principe goed worden vergist om in het groeiseizoen weer te worden gebruikt als meststof, c.q. bodemverbeteraar.

VOORDELEN VAN CO-VERGISTING VOOR LANDBOUW EN MILIEU

Co-vergisting is *vandaag de dag* de belangrijkste methode voor behandeling van natte afvalstromen in West-Europa. Co-vergisting kent een aantal significante voordelen ten opzichte van andere technieken van mestverwerking of het niet bewerken van mest:

- Co-vergisting van dierlijke mest met organische afvalfen leidt tot een betere stabiliteit van het vergistingsproces en een hogere methaanopbrengst per eenheid grondstof dan vergisting van alleen mest;
- Via (co-)vergisting kan netto hernieuwbare energie worden opgewekt uit natte reststromen zoals dunne dierlijke mest (5-25% d.s.) als uit meer geconcentreerde mestsoorten (>25% d.s.);
- Het product na co-vergisting van mest met afvalfen heeft volgens enkele rapportages een superieure kwaliteit vergeleken bij de afzonderlijke grondstoffen al dan niet na alternatieve mestbewerking:
 1. Behoud en verbeterde beschikbaarheid van nutriënten voor gewassen;
 2. Concentratie van nutriënten in meer homogene en beter hanteerbare en transporteerbare (minder water, minder organische stof) mestproducten
 3. Isolatie van nutriënten in geconcentreerde mestproducten
 4. Diversificatie van het aanbod van organische mestproducten (productie van meststoffen op maat) waardoor co-vergisting een oplossing kan bieden voor de gewenste verhoging van efficiënt gebruik van mineralen binnen de land- en tuinbouw en voor optimaler nutriënten management bedrijfsniveau.
- Co-vergisting biedt mogelijkheden voor samenwerking tussen gespecialiseerde veehouders en akkerbouwers in het beheersbaar maken van regionale nutriëntenstromen en voor vergroting van het aandeel biologische landbouw waarin geen kunstmest wordt toegepast.
- Met behulp van co-vergisting kunnen een aantal fyto-sanitaire risico's beter beheersbaar worden gemaakt (onkruidzaden en ziekten).

Co-vergisting biedt handreikingen bij het beperken van het mineralenoverschot cf. MINAS. Door toepassing van reststromen in co-vergisting hoeft minder kunstmest te worden gekocht omdat efficiënter met de aanwezige stikstof in Nederland wordt

omgegaan. Hierdoor is er sprake van een reductie van de emissie van lachgas. Maar eerst en vooral leidt (co-)vergisting tot productie van methaan dat bij opvang en toepassing als energiedrager fossiele brandstoffen vervangt. In andere gevallen van mestverwerking wordt methaan geëmitteerd. Co-vergisting in vergelijking met andere mestbewerkingstechnieken heeft als voordeel dat nutriënten maximaal worden behouden voor toepassing in de landbouw en niet worden verwijderd. Zo is maximale vervanging van uit energetisch oogpunt kostbare kunstmest mogelijk.

ACCEPTATIE VAN DE TECHNIEK

Het belangrijkste dilemma van co-vergisting is de beperkte mate van acceptatie door boeren van het eindproduct van co-vergisting. De reden hiervoor is dat boeren niet bekend zijn met productiewijze en productkwaliteit. Deze kan worden vergroot door een adequate kwaliteitscontrole van het eindproduct en voorlichting over en demonstratie van de werking als meststof. Daarnaast is het van belang boeren financieel deelnemer te maken van co-vergistingsinstallaties zodat zij niet uitsluitend lasten maar ook lusten genieten.

KWALITEITSZORG ALS RANDVOORWAARDE VOOR DUURZAME ONTWIKKELING VAN CO-VERGISTING

De opzet van een integraal kwaliteitssysteem voor de gehele keten op basis van HACCP principes biedt goede ondersteuning bij het voldoen aan mogelijke beperkingen die de wet aan co-vergisting stelt. In een dergelijk kwaliteitssysteem kunnen de relevante milieunormen als minimumeis worden opgenomen. Op termijn kan dan bij indienen van vergunningaanvragen worden volstaan met de wettelijke verplichting tot het ontwikkelen en implementeren van een HACCP kwaliteitssysteem. Het aangaan van een bestuursakkoord over de ontwikkeling van een kwaliteitssysteem is een snellere weg om eventuele wettelijke bezwaren weg te nemen dan het stuk voor stuk wegnemen van afzonderlijke belemmeringen in wet- en regelgeving. Bij een dergelijk ontwikkelingstraject worden alle belangrijke actoren actief betrokken.

WETTEN, REGELS EN SUBSIDIE

De huidige wet- en regelgeving (BOOM/BGDM, MINAS, subsidieregeling duurzame energie en mestafzetovereenkomsten) is te weinig integraal om de voordelen van co-vergisting zoals het beter sluiten van kringlopen van koolstof en stikstof en beter hergebruiken van grondstoffen binnen de landbouw voldoende te stimuleren. (Her)overweging van huidige fiscale en subsidieregelingen voor ontwikkeling en stimulering van groene energie is gewenst.

LEREN VAN DE DENEMARKE ERVARING

Met name in Denemarken bestaat een uitgebreide en langdurige praktijkervaring met co-vergisting. Ook zijn er uitgebreide ervaringen met de economische aspecten van installaties voor co-vergisting. Verder weten we uit Denemarken dat het goed is om de boeren als leveranciers en afnemers van de fermentaat-meststof zeer nauw te

betrekken bij de bedrijfsvoering en de kwaliteitscontrole het (co-)vergistingsproces. Ook al levert de bank het kapitaal voor de vergistingsinstallatie, het is toch verstandig om een landbouwer voorzitter te maken van de raad van bestuur. Het helpt als de overheid bereid is het mogelijk te maken om de groene stroom voor een redelijke prijs aan het net te leveren, net als in Duitsland en Denemarken. Dan zijn er op voorhand geen financiële en organisatorische obstakels om ook co-vergisting van dierlijke mest in Nederland een succes te laten worden. Immers, de productie en afname van groene stroom (NUON) lijkt aan de vraag van consumenten te voldoen. Daarbij levert co-vergisting additionele voordelen voor het milieubeleid via reductie van emissie van broeikasgassen (o.a. methaan uit mest, lachgas en kooldioxide bij productie kunstmest). Co-vergisting combineert het sluiten van N- en C-kringloop en faciliteert daarmee een groter aandeel van biologische landbouw waar geen kunstmest wordt toegepast.

DRAAGVLAK BIJ ONDERNEMERS

Er zijn verschillende mogelijkheden om het draagvlak voor co-vergisting te vergroten: beschikbaar stellen van subsidies voor ontwikkeling, bouw en exploitatie van installaties, scholing, demonstratieprojecten etc. Wij stellen voor om gebruik te maken van buitenlandse, draaiende installaties voor proeven met Nederlandse grondstoffen. Verder stellen wij voor om excursies voor voormannen in boerenland en van agrarische ondernemers te organiseren naar draaiende installaties (boeren praten met boeren). Voor verhoging van de acceptatie zijn de volgende actoren van belang: financiers, lokale overheid, boerenorganisaties.

KENNISVRAGEN

Een aantal aspecten van co-vergisting zijn onvoldoende cijfermatig onderbouwd om uitspraken te doen over duurzaamheidsaspecten van co-vergisting m.b.t. emissiebeperking van broeikasgassen en m.b.t. bemestende waarde van producten van co-vergisting.

De potenties van productie van meststoffen op maat zijn (nog) nauwelijks onderzocht maar kunnen aanzienlijk bijdragen aan het verbeteren van mest- en nutriëntenmanagement op bedrijfsniveau en aan emissie- en verliesarme landbouwpraktijk. Daartoe is een inventarisatie van wensen en acceptatie bij potentiële afnemers gewenst (marktonderzoek).

In Nederland is buitengewoon weinig informatie beschikbaar over de kwaliteit en toepassingsmogelijkheden – bemestende waarde, benuttings-efficiëntie en mogelijke verliezen – van het fermentaat uit co-vergistingsinstallaties als meststof binnen de landbouw. Als gevolg daarvan is moeilijk in te schatten welke gevolgen toepassing van fermentaat als meststof voor de emissie(factoren) voor lachgas heeft. Het is efficiënt en snel om gericht gebruik te maken van buitenlandse installaties voor proeven met Nederlandse mest en afvalstromen en de het fermentaat toe te passen onder Nederlandse (toedienings) condities en restricties bijvoorbeeld in demonstraties.

Naast een referentiescenario op macroniveau zouden er ook referentiescenario's op microniveau uitgewerkt kunnen worden. Zo kan de vraag worden beantwoord waar binnen Nederland en in welke sectoren in de landbouw en met welke reststromen co-vergisting (kosten)effectief kan zijn. Deze informatie zou voor *standaardbedrijven* kunnen worden ontwikkeld.

Het is onduidelijk hoe de organische stof in het fermentaat wordt omgezet na toediening aan grond en in hoeverre het fermentaat bijdraagt aan opbouw en behoud van organische stof. Dit is een belangrijk aspect binnen de biologische landbouw, maar heeft ook gevolgen voor de mogelijke verliezen van stikstof uit het fermentaat onder meer als nitraat en/of lachgas.

Het is zinvol om demonstratieprojecten te ontwikkelen om (representatieve) ervaringen op praktijkschaal op te doen qua prestatie van proces en product, qua marktontwikkeling en qua opleiding en training. In het kader van demonstratieprojecten zou ook de praktische haalbaarheid van productie van meststoffen op maat via gerichte menging van mest en restproducten kunnen worden onderzocht. Op dit vlak is nog weinig (buitenlandse) ervaring opgedaan. Demonstratie kan ook het draagvlak en acceptatie bij agrariërs verhogen. Demonstratie stelt vertegenwoordigers van belanghebbenden – provinciale overheid, bedrijfsleven (kunstmestindustrie, voedselverwerking, energieleveranciers), agrarische sector (veehouders en akkerbouwers), milieubeweging – in staat om te participeren in een stuurgroep met de taak markten en kwaliteitszorg te ontwikkelen.

1 Inleiding

Co-vergisting is een biologisch proces waarbij een mengsel van dierlijke mest en organische reststromen – bij voorbeeld GFT-afval of bermgras – onder gecontroleerde omstandigheden wordt omgezet in biogas en fermentaat. Biogas kan worden gebruikt voor opwekking van energie en fermentaat kan als meststof worden toegepast in de landbouw.

Deze studie wordt uitgevoerd in het kader van het Reductieplan Overige Broeikasgassen¹ van de Nederlandse overheid en past als zodanig binnen de doelstellingen zoals geformuleerd in de Uitvoeringsnota Klimaat, deel I: *Binnenlandse maatregelen* (Ministerie VROM, Juni 1999).²

In dit hoofdstuk worden de aanleiding, doelstelling en vraagstelling van deze studie beschreven. Tenslotte wordt de werkwijze en de indeling van het rapport beschreven.

1.1 Aanleiding tot deze studie

Mestvergisting geniet al ruim 30 jaar een wisselende belangstelling van beleid, onderzoek en praktijk. In Nederland is vergisting van mest, al of niet vermengd met organische reststromen, door allerlei oorzaken nauwelijks van de grond gekomen. Recent is er bij de Nederlandse overheid spraken van een hernieuwde belangstelling, vooral als gevolg van de intensivering van beleid gericht op de terugdringing van broeikasgasemissies, energiebesparing en opwekking van duurzame energie. Deze hernieuwde interesse is mede gewekt door positieve ervaringen in landen zoals Denemarken, Duitsland en Zwitserland waar mest- en co-vergisting reeds breed worden toegepast.

In het vooronderzoek voor de Uitvoeringsnota Klimaat is de verwachte directe emissiereductie via co-vergisting geschat op 0,2 Mton CO₂-equivalenten ten opzichte van 1990 bij bestaand beleid en bij additioneel beleid op 0,6 Mton CO₂-equivalenten. Deze omvang is exclusief eventuele indirecte emissiereductie via kunstmestsubstitutie (zie ECN / RIVM “*Optiedocument voor emissiereducties van broeikasgassen; inventarisatie in het kader van de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid*”, 1998).

1.2 Doelstelling

De doelstelling van deze studie is om een integrale verkenning uit te voeren van de perspectieven van duurzame toepassing van co-vergisting van dierlijke mest met

¹ Deze studie wordt uitgevoerd in het kader van het Reductieplan Overige Broeikasgassen en past in cluster 2 *Duurzame energie en vermindering van methaan-emissie uit mestopslagen*.

² Deze nota richt zich op het beleid om het binnenlandse aandeel in de reductieverplichting voor broeikasgassen van –6% in de 1^e budgetperiode 2008-2012 van het Kyoto Protocol en de daaruit voortvloeiende afspraken binnen de Europese Unie te realiseren.

diverse organische reststromen met het oog op het genereren van een reductie van de emissie van broeikasgassen in Nederland. Deze integrale verkenning betreft aspecten van milieu, mestkwaliteit en agrarische en economisch nut van co-vergisting binnen de relevante kaders van beleid, wet- en regelgeving. De resultaten dienen beleidsmakers in staat te stellen zich een geïnformeerd oordeel te vormen over de wenselijkheid van co-vergisting van mest en organische reststoffen in Nederland.

1.3 Vraagstelling

De centrale vraagstelling van het onderzoek is tweeledig:

- In welke mate kan de ontwikkeling en implementatie van co-vergisting bijdragen aan de beperking van broeikasgasemissies in Nederland en onder welke voorwaarden binnen de relevante kaders van beleid, wet en regelgeving en (landbouw)economische randvoorwaarden kan dit plaatsvinden?
- In hoeverre is co-vergisting verenigbaar met het streven naar een duurzame landbouw en een duurzaam gebruik van dierlijke mest en organische reststromen?

1.4 Beoogde resultaten

Deze rapportage is gericht op bespreking van de volgende resultaten.

- (i) Een kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van milieu-effecten van co-vergisting in termen van emissies van broeikasgassen en in termen van overige milieuprestaties, mede in vergelijking tot de huidige alternatieven voor verwerking en toepassing van dierlijke mest en diverse organische reststromen.
- (ii) Een beschrijving van de technische, logistieke, juridische, maatschappelijke en economische aspecten van de ontwikkeling en implementatie van co-vergisting van dierlijke mest met diverse organische reststoffen op verschillende schaalniveau's (klein – bedrijf tot groot – regionaal). Hierbij worden ingegaan op beschikbaarheid van grondstoffen, veranderingen in mestkwaliteit en acceptatie van eindproducten van co-vergisting door consument en markt.
- (iii) Een bespreking van mogelijkheden en belemmeringen in (voorgestelde) wet- en regelgeving en eventuele aanpassingen daarin; optimale prestaties inzake reductiedoelstelling voor emissies van broeikasgassen enerzijds en bemesten binnen de MINAS normen, beheersing van (fyto-)sanitaire risico's en economische rentabiliteit van co-vergisting van dierlijke mest met diverse organische afvalproducten staan hierbij voorop.
- (iv) Een schets van een systeem voor kwaliteitsborging rond co-vergisting van dierlijke mest met verschillende organische afvallen waarbij onder meer wordt aangegeven welke eisen aan aard, herkomst, samenstelling en kwaliteit van grondstoffen voor en eindproducten van co-vergisting kunnen worden gesteld bijvoorbeeld in het kader van milieuvergunningen.

1.5 Werkwijze

In deze studie is gekozen voor een integrale verkenning van duurzaamheidsperspectieven van co-vergisting van dierlijke mest en organische reststromen en de winning van biogas. Dit heeft tot voordeel dat meerdere doelen en belangrijke nevenaspecten integraal worden meegewogen. Deze studie analyseert en kwantificeert de technische, logistieke, ecologische, landbouwkundige, sociale en economische aspecten die samenhangen met co-vergisting. Vervolgens wordt de overall milieuprestatie van co-vergisting vergeleken met de huidige alternatieven voor verwerking en toepassing van mest en reststromen. Zo kunnen beleidsmakers bij de Ministeries van VROM, LNV, EZ tot een geïnformeerd oordeel komen over de wenselijkheid van co-vergisting van mest en organische reststoffen in Nederland.

Het onderzoek is gebaseerd op een inventarisatie en analyse van resultaten in beschikbare rapporten over mest- en co-vergisting in Nederland en ons omringende landen. De resultaten worden besproken in de context van Nederlands klimaatbeleid en Nederlandse landbouw en de wens om te komen tot de ontwikkeling van een *broeikasgasemissie-arme-landbouwpraktijk*.

In deze rapportage worden op basis van *expert opinion* aanbevelingen geformuleerd over kansen en bedreigingen van implementatie van co-vergisting in de landbouwpraktijk en worden kennishiaten geïdentificeerd. Tenslotte wordt een schets voor een systeem voor kwaliteitsborging van co-vergisting gepresenteerd.

De keuze voor een integrale benadering impliceert dat co-vergisting wordt geëvalueerd vanuit het perspectief van de agro-technologische keten (grondstof tot product) en vanuit de kwaliteitsketen (product kwaliteit tot milieuprestatie). Er zal specifiek aandacht besteed worden aan de volgende aspecten:

- Productie van hernieuwbare energiedragers en emissies van broeikasgassen (hoofdstuk 3)
- Beschikbaarheid en geschiktheid van grondstoffen voor co-vergisting (hoofdstuk 2)
- Mestkwaliteit en de benutting van nutriënten van het mestproducten uit co-vergisting (hoofdstuk 2)
- Verspreiding van zware metalen, organische micro's en onkruidzaden en (fyto)pathogenen: sanitaire risico's voor mens, dieren en gewassen (hoofdstuk 3)
- Economische en arbeidstechnische aspecten van omvang en exploitatie van een vergistingsinstallatie (hoofdstuk 5 en 6)
- Juridische aspecten van bouw en exploitatie van een vergistingsinstallatie binnen relevante kaders van wet- en regelgeving: vergunningen voor installaties en voor gebruik fermentaatproducten als meststof in de landbouw (BOOM en BGDM (hoofdstuk 6)
- Verstoringaspecten zoals, geluids- en geurhinder als gevolg van transport en geuremissies rond vergistingsinstallaties (hoofdstuk 4)
- Kwaliteitsborging in relatie tot beheersing van milieurisico's in de keten rond mestvergisting (hoofdstuk 6).

2 Co-vergisting van mest en organische reststromen

In dit hoofdstuk wordt co-vergisting beschreven en gepositioneerd in de context van de agro-industriële productiekolom. De aandacht gaat hierbij primair uit naar de technische, logistieke, maatschappelijke en economische aspecten die speciaal van belang zijn bij een ontwikkeling en implementatie van co-vergisting binnen het netwerk van agro-industriële activiteiten in Nederland. In paragraaf 2.1 wordt co-vergisting eerst gekarakteriseerd door een beschrijving van een aantal specifieke kenmerken van de technologie, mede in vergelijking met andere technieken voor verwerking en opwaardering van mest en/of andere organische reststromen. Vervolgens wordt in de paragrafen 2.2 en 2.3 nader ingegaan op een aantal relevante duurzaamheidsaspecten rond de beschikbaarheid en geschiktheid van de grondstoffen voor co-vergisting: dierlijke mest en organische reststromen zoals GFT-afval, bermgras en reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie. De landbouwkundige waarde van meststoffen die met behulp van co-vergisting kunnen worden geproduceerd wordt besproken in paragraaf 2.4. Het hoofdstuk wordt in paragraaf 2.5 afgesloten met enige relevante afwegingen bij de techniek, schaal en logistiek van mestverwerkinginstallaties rond co-vergisting.

2.1 Technische karakterisering van co-vergisting

Co-vergisting is een bewezen techniek voor de productie van biogas³ en opgewaardeerde meststoffen (fermentaatproducten) uit mest en organische reststromen (zie ook aanhangsel 2). Co-vergisting vindt plaats onder zuurstofloze omstandigheden in een vergistingsinstallatie en biedt goede mogelijkheden voor beperking van risico's op verbreiding van ziektekiemen en onkruidzaden. Een goed uitgevoerde vergisting kan de hoeveelheid pathogene organismen in biomassa met minimaal een factor 1000 reduceren (Schomaker, 1995; De Boo et al., 1993; Buijter et al., 1999; Bendixen, 1997).

In het hierna volgende worden een aantal typerende kenmerken van co-vergisting van mest en organische reststromen beschreven, mede in vergelijking met andere mestverwerkingstechnieken.

- *Geschikt voor alle mestsoorten.*

Met behulp van co-vergisting kunnen in principe alle mestsoorten worden behandeld. Dit in afwijking van mestverwerkingstechnieken zoals compostering en indamping, die voornamelijk geschikt zijn voor behandeling van respectievelijk meer geconcentreerde (>25% d.s.), of juist dunne (< 4% d.s.).

³ Biogas is een mengsel van methaan (50-80% CH₄), kooldioxyde (20-50% CO₂), waterdamp (H₂O), zwavelwaterstof (<1%H₂S) en een aantal sporengassen en wordt toegepast voor energie-opwekking in een warmte-kracht installatie of, na opwerking tot aardgaskwaliteit, in een gasmotor of elektriciteitscentrale.

mestfracties. Er kan globaal onderscheid worden gemaakt tussen twee soorten vergistingsinstallaties.

1. Installaties voor meer geconcentreerde biomassastromen (>25% d.s.). Voorbeelden van deze zogenaamde ‘vaste stof vergisters’ zijn: Biocel, Valorga, Dranco (Heijdemij). De meeste meststromen hebben echter onvoldoende structuur om de inzet van deze typen vergisters te rechtvaardigen.
2. Installaties voor verwerking van natte biomassastromen (5-25% d.s.) zoals de volledig gemengd doorstroomreactoren (Deense standaard), propstroomreactoren en UASB-reactoren.

- *Verhoging van de hoeveelheid effectief beschikbare nutriënten in de meststof*

Bij toepassing van co-vergisting blijven de nutriënten, die aanwezig zijn in de grondstoffen, behouden. Bij andere vormen van mestverwerking worden meestal nutriënten uit de mest verwijderd. Zo wordt bij toepassing van compostering en beluchting stikstof verwijderd terwijl bij mestverbranding en -vergassing naast de stikstof ook de bestendige organische stof uit de mest wordt omgezet in gasvormige verbindingen waaronder NO_x en CO₂.

Bij co-vergisting *kan* de hoeveelheid voor de plant beschikbare nutriënten, in relatieve en absolute zin, toenemen. In relatieve zin, doordat bij vergisting de in de organische stof ingebouwde nutriënten – met name N- en P-verbindingen – grotendeels in minerale vorm vrijkomen.⁴ In absolute zin, omdat samen met mest een co-substraat wordt vergist dat ook nutriënten bevat. Behalve dierlijk vet zijn organische reststromen van dierlijke oorsprong doorgaans rijk aan mineralen, vooral als ze vooraf zijn geconcentreerd (zie ook tabel 2.4). Organische reststromen van plantaardige oorsprong, zoals bermmaaisel en GF(T)-afval, bevatten in de regel veel minder mineralen (Visser et al., 2000).

Bij de relatieve toename van nutriënten moet worden opgemerkt dat de mate van mineralisatie afhankelijk is van de effectiviteit van het vergistingsproces die mede wordt beïnvloed door de verblijftijd en de samenstelling van de ingevoerde biomassa. De mineralisatie kan dus in belangrijke mate worden aangestuurd – en ook verstoord – via het beheer van installaties. Van een absolute toename van de hoeveelheid mineralen kan alleen sprake zijn indien de bijgemengde reststroom, in de referentiesituatie zonder co-vergisting, *niet* al werd gebruikt als meststof, grondvulling of bodemverbeteraar in de landbouw. Van een absolute toename van de hoeveelheid mineralen kan overigens alleen sprake zijn indien de bijgemengde reststroom, in de referentiesituatie zonder co-vergisting, *niet* al werd gebruikt als meststof, grondvulling of bodemverbeteraar in de landbouw (Buiter et al., 2000).

- *Veranderingen in organische stof bij co-vergisting*

Bij co-vergisting wordt een beperkte hoeveelheid organische stof uit het substraat afgebroken en omgezet in een gasmengsel (biogas) van o.a. methaan en

4 Het gehalte aan ammoniumstikstof (NH₄-N) kan bij voorbeeld onder invloed van vergisting bij runderdrijfmest worden verhoogd van 15% naar 60% van de totale hoeveelheid stikstof en bij varkensdrijfmest van 15% naar 80% (Van Nes et al., 1990)

kooldioxide. Dit leidt tevens tot mineralisatie van stikstof en fosfor in het vergistingssubstraat. Een veel voorkomend misverstand is het idee dat bij vergisting álle in de biomassa aanwezige organische stof zou worden afgebroken. Het zijn echter alleen de makkelijk afbreekbare organische moleculen zoals vetzuren, die tijdens het gistingproces worden omgezet in biogas. De bestendige organische stof, met moeilijk afbreekbare organische verbindingen zoals lignine, blijft in de mest aanwezig. Hierdoor zijn vergiste mestproducten doorgaans ook aantrekkelijk voor bodemverbetering (Van Nes, 1990; Buijter et al, 1999).

- *Opwekking van hernieuwbare energie uit mest en organische reststromen zonder ontwatering.*

In tegenstelling tot verbranding en vergassing kan met behulp van co-vergisting netto energie worden opgewekt uit natte biomassastromen (<25% droge stof) zonder dat deze eerst hoeven te worden 'ontwaterd' door middel van scheiding en/of droging (Buijter et al., 2000). Deense centrale co-vergistingsinstallaties, waarin gemiddeld zo'n 25 volumepercent organische reststromen wordt bijgemengd, produceren 20 tot 90 m³ biogas per m³ vergiste biomassa, mede afhankelijk van de samenstelling en kwaliteit van de ingevoerde biomassa (DEA, 1994). Ter indicatie van de energie-opbrengst uit co-vergisting kan worden verwezen naar een centrale vergistingsinstallatie van het Volledig Gemengd Doorstroom-type in Ribe (Denemarken) waarin op jaarbasis 82.500 m³ dierlijke mest en 27.500 m³ organische reststromen⁵ wordt verwerkt. De netto-energieproductie van deze installatie is ca. 2,2 miljoen aardgasequivalenten per jaar, hetgeen overeenkomt met een jaarlijkse energie-opbrengst van ongeveer 75 TJ (Schomaker, 1995).⁶ Door vervanging van aardgas kan met deze hoeveelheid biogas een emissiereductie van zo'n 4,1 kton CO₂ per jaar worden gerealiseerd.⁷

- *Combinatie met andere mestverwerkingstechnieken*

Co-vergisting kan goed worden gecombineerd met mechanische en fysisch-chemische scheidings- en bindingstechnieken zoals schroefpersen, membraanstechnieken (MF, UF en OO) en ammoniakstrippen. Dit zijn technieken waarmee meer geconcentreerde mestfracties kunnen worden geproduceerd. Uit Deens onderzoek is naar voren gekomen dat er een hoge scheidingsefficiëntie kan worden bereikt indien er bij toepassing van scheidingstechnieken zoals een schroefpers of een decanteercentrifuge gebruik wordt gemaakt van vergiste biomassa waar vluchtige vetzuren uit zijn verwijderd (Knudsen et al., 1997).

- *Emissierisico's tijdens co-vergisting goed beheersbaar*

Co-vergisting vindt plaats onder anaërobe procescondities in een gesloten systeem. Hierdoor hoeft bij vergisting, in tegenstelling tot bij voorbeeld compostering, droging en beluchting, geen proceslucht te worden gereinigd. Tijdens de (co-)vergisting ontstaat nagenoeg geen ammoniak. Wel wordt het biogas ontzwaveld ter voorkoming van corrosie aan energie-installaties. En

⁵ Het betreft hier varkens- en runderdrijfmest en organische reststromen uit slachthuizen zoals flotatieslib en vetafvallen; er worden *geen* hoog-risico-afvallen zoals bloed- en beenresten gebruikt.

⁶ 1 m³ biogas = 0,67 aardgasequivalent (a.e.); 1 a.e. = 31,65 MJ. Net als de hoeveelheid kan de samenstelling van biogas sterk variëren, afhankelijk van onder andere de ingevoerde biomassa, de gehanteerde vergistingstechniek en de procesvoering.

⁷ Omrekeningsfactoren: 1 aardgasequivalent = 34 MJ; 1 MJ aardgas = 0,055 kilo CO₂. (Wit et al., 1997)

uiteraard dienen, na verbranding van het biogas, de rookgassen te worden gereinigd. De te behandelen volumina zijn echter relatief klein. Dit is een voordeel ten opzichte van andere mestverwerkingstechnieken vanwege (milieu)technische onzekerheden en relatief hoge kosten bij procesluchtreiniging, is dit aspect een voordeel van vergisting ten opzichte van andere mestverwerkingstechnieken. Om emissies van methaan bij co-vergisting te voorkomen is het van belang om de gangbare voorzieningen te treffen zoals een affakkelveorziening en een gasdichte afdekking van de na-opslag. Laatstgenoemde voorziening kan tevens worden gebruikt voor 'afvang' van extra biogas voor energie-opwekking (Buiter et al., 2000; Ten Cate, 2000; Schomaker et al. 2000).

2.2 Mest als grondstof voor co-vergisting

In Nederland wordt momenteel circa 70 Mton mest per jaar geproduceerd (tabel 2.1). Een groot deel van de geproduceerde mest kan in Nederland binnen de huidige regelgeving worden toegepast in de landbouw. Het overschot bedraagt ruim 15 Mton mest. Er is dus in principe meer dan voldoende mest beschikbaar voor mestverwerking, onder andere in co-vergistingsinstallaties. Het mestaanbod is echter niet overal in Nederland even groot en de aard en kwaliteit verschilt, al naar gelang de verschillende veehouderijsystemen in verschillende regio's (tabel 2.2). In de zogenaamde mestconcentratiegebieden, met name in het centraal en zuidelijk veehouderijgebied wordt verreweg de meeste mest geproduceerd (CBS, 1997). Een klein deel van het mestoverschot wordt geëxporteerd. De komende jaren zal het mestbeleid verder worden aangescherpt waardoor het mestoverschot naar verwachting verder zal toenemen.

De beschikbaarstelling door agrariërs van mest voor co-vergisting zal tegen deze achtergrond vooral afhangen van:

1. de afzetbaarheid van de eindproducten, biogas en fermentaat; de afzetbaarheid van fermentaatproducten uit co-vergisting hangt weer sterk af van de (door de praktijk erkende) toegevoegde waarde ten opzichte van kunstmest, ruwe mest en overige organische meststoffen.
2. de kosten van verwerking in een co-vergistingsinstallatie in vergelijking met concurrerende alternatieven zoals distributie van ruwe mest⁸ en andere mestverwerkingsopties zoals verbranding, vergassing, beluchting en (co-)compostering.

⁸ Prijzen voor afzet van mestoverschotten belopen volgens berekeningen van LEI gemiddeld zo'n 25 gulden per ton en verschillen niet veel per mestsoort. De mestafzetkosten voor veehouders zullen overigens variëren onder invloed van schommelingen in vraag en aanbod gedurende het seizoen.

Tabel 2.1 Hoeveelheid mest in Nederland per diergroep volgens CBS in de periode 1994-1997

Mestsoort	Percentage van de totale mestproductie in Nederland
Dunne rundveemest	70.8
Vaste rundveemest	1.3
Dunne kalvermest	3.4
Vaste pluimveemest	1.6
Dunne pluimveemest	1.2
Dunne vleesvarkensmest	10.3
Dunne fokvarkensmest	8.9
Overige mest	2.4
Totaal	100.0

Tabel 2.2 Productie en beschikbaarheid van mest en mineralen in de periode 1994- 1997 volgens CBS statistieken voor verschillende regio's in Nederland.

	Productie van mest en mineralen				
	Totaal (ton mest)	Stikstof productie ³ (kg N)	Fosfaat (kg P)	Resterende plaatsingsruimte ¹ (kg P)	Benuttingsgraad plaatsingsruimte ² (%)
Bouwhoek en Hogeland	1 877 158	13 535 445	3 907 306	6 177 893	41
Veenkoloniën en Oldambt	2 860 189	22 065 249	7 202 053	9 643 620	57
Noordelijk weidegebied	13 698 515	91 155 538	26 988 367	13 641 165	68
Oostelijk veehouderijgebied	17 355 646	116 906 924	42 386 381	406 895	99
<i>Centraal veehouderijgebied</i>	<i>5 544 256</i>	<i>37 352 647</i>	<i>15 249 331</i>	<i>-1 460 249</i>	<i>118</i>
Ijsselmeerpolders	1 100 300	7 201 584	2 365 346	5 845 711	52
Westelijk Holland	3 080 086	21 497 776	6 217 291	8 740 311	45
Waterland en Droogmakerijen	1 044 573	7 268 529	1 980 594	2 231 871	47
Hollands/Utrechts weidegebied	4 619 382	31 146 113	9 405 215	3 195 461	75
Rivierengebied	3 585 960	24 095 225	8 073 582	2 271 597	80
Zuidwestelijk akkerbouwgebied	1 498 407	11 380 682	3 752 631	11 440 445	49
Zuidwest Brabant	1 508 283	10 169 880	3 695 122	698 347	85
<i>Zuidelijk veehouderijgebied</i>	<i>18 113 511</i>	<i>137 062 128</i>	<i>55 371 350</i>	<i>-5 862 238</i>	<i>119</i>
Zuid-Limburg	887 678	5 643 678	1 829 273	1 503 538	62
Totaal	76 773 944	536 481 398	188 423 842	58 474 367	

¹ De plaatsingsruimte minus de gebruikte hoeveelheid fosfaat. Een positieve resterende plaatsingsruimte betekent dat volgens de wettelijke normen nog extra fosfaat mag worden gebruikt in een gebied. Een negatieve resterende plaatsingsruimte betekent dat er meer fosfaat gebruikt is dan toegestaan volgens de geldende normen.

² Benuttingsgraad van de plaatsingsruimte van fosfaat binnen een geografisch gebied over alle bedrijven en grondgebruik volgens de in 1994, 1995, 1996 en 1997 geldende wettelijke normen.

³ Stikstofproductie in de mest (als N-totaal), d.w.z. exclusief ammoniak vervluchtigd in de stal en in de wei, van de gehele veestapel.

De samenstelling van mest en de organische stof daarin varieert per diersoort en hangt af van het voedingsaanbod van de dieren en van de verteerbaarheid van de voeding (zie tabel 2.3). Er is keuze tussen meststromen met hoge en lage concentraties nutriënten.

Tabel 2.3 Samenstelling van dierlijke mest in kg per 1000 kg product. De informatie is gebaseerd op Velthof et al. (2000) en Mooij, (1996)

Mestsoort	Droge stof	Organische stof	Totaal N	Minerale N	Organische N	P ₂ O ₅
Dunne mest						
Rundvee	90	66	4,9	2,6	2,3	1,8
Vleesvarkens	90	60	7,2	4,2	3,0	4,2
Zeugen	55	35	4,2	2,5	1,7	3,0
Vleeskalveren	20	15	3,0	2,4	0,6	1,5
Kippen	145	93	10,2	5,8	4,4	7,8
Vloeibare mest						
Rundvee	25	10	4,0	3,8	0,2	0,2
Vleesvarkens	20	5	6,5	6,1	0,4	0,9
Zeugen	10	10	2,0	1,9	0,1	0,9
Vaste mest						
Rundvee	235	153	6,9	1,6	5,3	3,8
Varkens (stro)	230	160	7,5	1,5	6,0	9,0
Leghennen	515	374	24,1	2,4	21,7	18,8
Kippenstrooiselmest	640	423	19,1	8,6	10,5	24,2
Vleeskuikens	605	508	30,5	5,5	25,*	17,0
Vleeskalkoenen	565	464	24,7	6,4	18,3	19,6
Schapen	290	205	8,6	2,0	6,6	4,2
Geiten	265	182	8,5	2,6	5,9	5,2
Nertsen	285	185	17,7	10,1	7,6	27,0
Eenden	265	209	8,3	1,7	6,6	7,4
Konijnen	450	367	13,6	3,3	10,3	13,8

2.3 Organische reststromen als grondstof voor co-vergisting

2.3.1 Meerwaarde van toevoeging reststromen aan mest bij co-vergisting

Voor de toevoeging van organische reststromen aan mest in een co-vergistingsinstallatie kunnen drie bedrijfseconomische en milieukundige argumenten worden aangevoerd:

- substantiële *verhoging van de biogasopbrengst*; ter indicatie: uit 1 m³ mest kan 18-35 m³ biogas worden gewonnen, terwijl vergisting van 1 m³ GFT-afval 80-90 m³ biogas kan opleveren (Van Nes et al., 1990; Zanstra, 1994).
- verwerking van organische reststromen levert *additionele inkomsten* op die de inkomsten van biogas kunnen overtreffen⁹ (Visser et al., 2000; Buiters et al., 1999).
- de beschikbaarheid van verschillende (seizoensgebonden) mestsoorten en organische reststromen biedt een exploitant van een co-vergistingsinstallatie mogelijkheden om *meststoffen op maat* te produceren (zie ook paragraaf 2.4 en aanhangsel 3 voor co-vergistingsinstallatie van de toekomst).

⁹ De hoogte van deze inkomsten is direct afhankelijk van de concurrerende tarieven voor alternatieven zoals compostering en de verwerking tot veevoer. Uit een door ETC uitgevoerde haalbaarheidsstudie is naar voren gekomen dat de rentabiliteit van de beoogde Centrale Co-vergistingsinstallatie – 25.000 ton biomassa/jaar, waarvan 15.000 ton mest en 10.000 ton Swill - het meest gevoelig is voor aanpassingen in de prijs aan de poort voor inname van het organisch afval. Deze inkomstenpost ligt grofweg zo'n factor 10 hoger dan de inkomsten uit het biogas (Buiters et al. 1999a).

2.3.2 Beschikbaarheid organische reststromen voor co-vergisting

In Nederland worden jaarlijks zo'n 22 Mton organische reststromen geproduceerd (zie overzicht in tabel 2.4 en 2.5 voor hoeveelheid en samenstelling) (Weterings et al., 1999)¹⁰. Een groot deel van deze reststromen is uit de landbouw afkomstig. Bijna 13 Mton ofwel 60% is in principe geschikt voor co-vergisting. Het betreft reststromen uit huishoudens en veilingen (3,28 Mton GFT-afval), gemeenten, waterschappen etc. (0,47 Mton Bermgras) en de voedings- en genotmiddelenindustrie (9,56 Mton divers). De overige ruim 40% van de organische reststromen is vanwege de samenstelling van het materiaal en/of verontreinigingen niet (of minder) geschikt voor verwerking in een co-vergistingsinstallatie. Het betreft hier: schoon resthout (0,6 Mton), oud en bewerkt hout (1,1 Mton), RWZI-slib (1,4 Mton), oud Papier (4,9 Mton) en pulp (1 Mton).

De organische reststromen die in technisch opzicht geschikt zijn voor co-vergisting met mest kunnen in drie clusters worden ingedeeld (Visser et al., 2000).

1. Onbewerkte plantaardige producten zoals oogstresten, groenafval uit parken en plantsoenen en bermgras;
2. Bewerkte organische reststromen die vrijkomen in de voedings- en genotmiddelenindustrie zoals swill, slachthuisafval, GF-afval (uit veilingen), visafval en zuiveringsslib.
3. GF(T)-afval uit huishoudens, kantoren, winkels en diensten.

Een groot deel van de organische reststromen wordt nu al in de landbouw hergebruikt, veelal als veevoeder of, in mindere mate, als meststof of vulgrond (Weterings et al., 1999). Een relatief klein deel van de reststromen komt niet terug in de landbouw en wordt gestort of verbrand. Van de 3,28 Mton GFT-afval wordt momenteel ongeveer de helft gecomposteerd. Het overige deel wordt gestort of verbrand en in beperkte mate (0,1 Mton) vergist in GFT-vergistingsinstallaties. De 0,47 Mton bermgras wordt grotendeels gecomposteerd tegen tarieven van 70-100 NLG/ton (Weterings et al., 1999). Voor verwerking van GFT-afval en bermgras is co-vergisting in principe een concurrerend alternatief.

¹⁰ De beschikbaarheid van afval en biomassa voor energieopwekking in Nederland ligt in de orde van 70 PJ en 180 PJ waarvan echter maar een klein deel geschikt en mogelijk nog kleiner deel beschikbaar is voor verwerking binnen co-vergisting Weterings et al. (1999); dit is gelijk aan ongeveer 4-10 Mton CO₂ equivalenten. Weterings et al. (1999) heeft co-vergisting niet in de analyse betrokken en dierlijke mest niet als grondstof in beschouwing is genomen.

Tabel 2.4 Huidige omvang van organische reststromen uit huishoudens, gemeenten en voedings- en genotmiddelenindustrie en de beschikbaarheid van deze reststromen voor co-vergisting (omvang gebaseerd op Weterings et al. (1999)).

Bronnen	Omvang reststromen	Huidige bestemming(en)	Categorie van reststromen voor co-vergisting	Beschikbare omvang
	Kton	Procent		Kton
Huishoudens en veilingen	3 280	Compostering (50%); stort of verbranding (50%)	GFT	3 280
Gemeenten, waterschappen	468	Compostering (90%), veevoer	Bermgras	468
Voedings- en genotmiddelenindustrie	(9 564)	Voornamelijk veevoer (zie onder voor verdeling)	(zie onderstaande cellen)	
Slachterijen en vleeswarenindustrie	1 368	Veevoer (95%), meststof (5%)	Flotatieslibben, ongeboren mest, etc.	(70)
Visbewerkings-inrichtingen	138	Veevoer (100%)	Visafval, flotatieslibben	0
Margarine-, olie- en vettenindustrie	3 286	Veevoer (99%)	Bleekaarde ¹	(32)
Groente- en fruitverwerkende industrie	164	Veevoer (80%), vulgrond (3%)	Analoog GFT, witlofpennen	30
Overige voedingsmiddelenindustrie	254	Veevoer (85%), vulgrond (9%), stort of verbranden (5%)	Flotatieslibben, Swill**	35
Alcoholfabrieken en distilleerderijen	189	Veevoer (4%), meststof (85%), stort of verbranden (7%)	Vinasse (spoeling)	(161)
Overige stromen	9 000	n.v.t.	Niet geschikt voor co-vergisting	0
Totaal	22 000			± 4 000

¹ m.u.v. bleekaarde die gebruikt is voor katalytisch geharde oliën

² Swill: over datum en afgekeurde producten (kant en klaar maaltijden, snacks, etc.)

Tabel 2.5 Indicaties van samenstelling van organische reststromen die geschikt zijn voor toepassing in co-vergisting (gebaseerd op Onderzoek Herziening Toetsingskader Mestverwerkings-installaties van Schomaker et al., 2000)

Geschikte Reststromen voor co-vergisting	o.s.	d.s.	N-Kj	P ₂ O ₅
	kg/ton	Kg/ton	Kg/ton	Kg/ton
GFT	19	9	4,4	3,3
Bermgras	71,3	5,7	14	5
Flotatieslibben, ongeboren mest, etc. uit varkensslachterijen	11,3	1,26	69	25
Flotatieslibben, ongeboren mest, etc. uit runderslachterijen	6,8	1,5	4,9	NB
Vetafval uit slachterijen	50	NB	14	5
Visafval, flotatieslibben	NB	NB	NB	NB
Bleekaarde	100	72	NB	NB
analoog GFT, witlofpennen, etc	12	5	NB	NB
Swill**	20,2	6,8	32	NB

NB= niet beschikbaar

Let op: Cijfers zijn niet representatief, geven alleen een indicatie! Nadere onderbouwing is gewenst.

2.3.3 Geschiktheid van organische reststromen voor co-vergisting

Op het mengen van mest met organische reststromen en toepassing in de landbouw is wet- en regelgeving¹¹ van toepassing om risico's te vermijden. Dit houdt in dat er bij de selectie van reststromen voor verwerking in een co-vergistingsinstallatie rekening moet worden gehouden met de volgende aspecten (Visser et al., 2000):

- de gehalten aan mineralen (zie ook vorige paragraaf);
- de gehalten aan zware metalen en andere contaminanten als Arsenicum, Pak's, PCB's etc.; de BOOM-regelgeving stelt voor deze stoffen de meest uitgebreide en stringente normen;
- de risico's op verspreiding van ziektekiemen;
- de risico-categorieën voor organische afvalstromen uit de Destructiewet; bij selectie van organische additieven voor co-vergisting is een beperking tot de zogenaamde 'Laag-Risico Afvallen' noodzakelijk.

Hergebruik van de vergiste mestproducten in de landbouw noopt overigens tot een zelfde voorzichtigheid als bij de afzet van compostproducten. Een kwaliteitsborging is noodzakelijk (zie hoofdstuk).

Over de geschiktheid en meerwaarde van verwerking van organische reststromen in co-vergistingsinstallaties bij het streven naar reductie van emissies van broeikasgassen kan het volgende worden opgemerkt.

- Reststromen die nu, al of niet na verwerking, als meststof worden gebruikt, kunnen meestal beter eerst worden vergist. Niet alleen vanwege de productie van hernieuwbare energie in de vorm van biogas, maar ook omdat met behulp van (co-)vergisting de risico's op emissies van lachgas – tijdens verwerking¹² en na toepassing als meststof – kunnen worden vermeden en beperkt. Het netto-rendement in termen van emissiereductie is afhankelijk van de vergistbare energie-inhoud, de daadwerkelijke biogasproductie en van de te verwachten beperking van emissie van lachgas.
- Reststromen die nu worden gestort of verbrand kunnen uit oogpunt van energieopbrengst en –benutting en emissies van broeikasgassen beter worden (co-)vergist. Bij verwerking in een co-vergistingsinstallatie met het oog op productie van meststoffen voor de landbouw moet weer rekening worden gehouden met de (sanitaire) risico's op verspreiding van problematische stoffen en ziektekiemen.
- Hergebruik van organische reststromen als (grondstof voor) veevoeder is meestal te prefereren boven (co-)vergisting en hergebruik als meststof in de landbouw. Bij hergebruik als veevoeder worden ketens korter gesloten dan bij hergebruik als meststof, hetgeen energetisch efficiënter is en tot minder emissies van broeikasgassen leidt. Dit geldt uiteraard vooral voor organische reststromen met een relatief hoge voedingswaarde. Op deze wijze komen voedingsstoffen efficiënt en zonder tussenstap van *mest – mineralisatie – gewasproductie – veevoer* weer in de

¹¹ Belangrijke kaders van wet- en regelgeving zijn in dit verband: De Meststoffenwet (1947), het Meststoffenbesluit (1977), Het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen (BGDM), Het Besluit gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM) en de Destructiewet

¹² Met name bij compostering doen zich extra risico's op de vorming van lachgas die zich niet voordoen tijdens co-vergisting.

landbouwketen terug. Deze energetisch minder efficiënte tussenstap wordt in feite ingevoegd bij verwerking van deze reststromen in een co-vergistingsinstallatie en hergebruik van de nutriënten voor de teelt van nieuwe (voeder)gewassen. Het is daarom te verwachten (maar niet eenvoudig uit te rekenen) dat toepassing van deze reststromen in co-vergistingsinstallaties eerder aanleiding is tot extra emissies van broeikasgasemissies.

- Bij hergebruik van organische reststromen als veevoeder moet rekening worden gehouden met de methaanemissies uit rundvee die sterk kunnen worden beïnvloed door de samenstelling van het dieet (referentie). Omwille van het grote verschil in GWP van de broeikasgassen en de diverse terugkoppelingsmechanismen die spelen¹³, is het zinvol om nader onderzoek te doen naar de energie-efficiëntie en netto bijdrage aan het broeikaseffect van de hier onderscheiden alternatieven voor hergebruik van organische reststromen: als grondstof voor veevoerders of in co-vergisting en vervolgens als meststof.

Tenslotte kunnen bij het hergebruik van organische reststromen van dierlijke oorsprong, als grondstof voor veevoerders, vraagtekens worden gezet met het oog op de sanitaire risico's. De hiervoor beschreven 'korte kringlopen' kunnen vanuit energetisch oogpunt weliswaar efficiënt zijn. Wanneer bij veevoederproductie gebruik wordt gemaakt van reststromen van dierlijke oorsprong, bij voorbeeld flotatieslibben uit slachterijen, moet er tevens rekening worden gehouden met bekende en onbekende sanitaire risico's op verbreiding van ziektekiemen die zowel voor landbouwhuisdieren als voor de mens schadelijke gevolgen kunnen hebben. Deze risico's kunnen in principe beter worden beheerst, indien dergelijke biomassaketens worden verlengd door deze reststromen met behulp van co-vergisting eerst te mineraliseren en vervolgens te hergebruiken als meststof in de landbouw (Moen, 1999; Zanstra, 1999).

2.4 Mestproducten van co-vergisting

2.4.1 Samenstelling van fermentaat

Er zijn uiteenlopende mestverwerkingconfiguraties rond co-vergisting denkbaar waarmee diverse meststoffen kunnen worden geproduceerd. Er kunnen drie wegen worden onderscheiden waarlangs de kwaliteit en samenstelling van meststoffen uit co-vergisting kunnen worden beïnvloed en aangestuurd (Buiten et al., 2000) (zie ook aanhangsel 3 voor details).

1. Via gerichte en periodieke menging van verschillende mestsoorten en organische reststromen kunnen in een co-vergister mengmeststoffen met specifieke C/N/P/K-verhoudingen worden geproduceerd.¹⁴ Deze diversiteit kan desgewenst nog verder worden vergroot door de vergistingsinstallatie modulair op te bouwen. Hierbij kunnen op een plaats in afzonderlijke vergistingsmodules,

¹³ Denk bij voorbeeld aan de potentiële kunstmests substitutie met behulp van vergiste mestproducten, of aan de verschillen in energiegebruik voor transport en verwerkingsprocessen.

¹⁴ Dit geeft een exploitant van een co-vergistingsinstallatie ook ruimte om door het jaar heen verschillende (seizoensgebonden) mestsoorten en organische reststromen te gebruiken.

uiteenlopende mengmeststoffen worden geproduceerd die als basismeststof kunnen fungeren in verschillende agrarische teelten.

2. Via concentratie en isolatie van waardevolle nutriënten in min of meer geïsoleerde meststoffen (met behulp van mestverwerkingstechnieken zoals mechanische scheiding, membraanfiltratie en ammoniakstrippen.
3. Via gerichte menging van mineralenconcentraten uit eigen of andere co-vergistingsinstallaties bij de geproduceerde, vergiste mengmeststoffen.

Ondanks verschillende technische en organisatorische mogelijkheden is in de Europese praktijk nog weinig ervaring opgedaan met zowel de productie als het gebruik van vergiste meststoffen 'op maat'. Een reden hiervoor is dat vergistingsinstallaties primair worden ingezet voor opwekking van energie uit biomassa en in mindere mate voor potentiële vergroting van kwaliteit en diversiteit van organische meststoffen. Op laatstgenoemd terrein liggen echter belangrijke potenties om te komen tot van een meer efficiënte benutting van nutriënten in mest en organische reststromen.¹⁵

Mede door het gebrek aan praktijkervaring is weinig bekend over de samenstelling van specifieke meststoffen uit co-vergisting. Wel kan op grond van de te verwachten effecten van deze technieken een globale indicatie worden gegeven van de samenstelling van meststoffen uit co-vergistingsinstallaties, ook wel aangeduid als fermentaatproducten (tabel 2.6).

2.4.2 Bemestende waarde van fermentaat

In onderzoek en praktijk is bijna uitsluitend kennis en ervaring opgedaan met vergiste (meng-) meststoffen, dat wil zeggen: vergiste mest uit mestvergisting en vergiste biomassa uit co-vergisting (hiermee is minder ervaring opgedaan vooral in Denemarken en Duitsland). Hierdoor is er weinig bekend over de kwaliteit en bemestende waarde van meststoffen die kunnen worden geproduceerd met behulp van combinaties van (co-)vergisting met technieken zoals mechanische scheiding, membraanfiltratie en ammoniakstrippen. Voor zover de inputstromen zijn gemengd en als geheel zijn voorbehandeld in een co-vergistingsinstallatie mag worden verwacht dat de zo verkregen meststoffen nog steeds kwaliteitskenmerken hebben die typerend zijn voor vergiste meststoffen. Op grond van de onderzoeks- en praktijkervaringen met mest- en (co-)vergisting worden hieronder te verwachten effecten ten aanzien van de kwaliteit en bemestende waarde van vergiste mest en vergiste biomassa benoemd.

¹⁵ Hierbij kan worden gedacht aan milieukundige motieven zoals beperking van milieubelastende lekverliezen naar lucht (klimaatverandering), bodem en water (vermesting, verspreiding en verzuring) en economische motieven zoals kosteneffectieve toepassing van beschikbare hulpbronnen (mest, organisch afval) en besparingen op het gebruik van kunstmest.

Tabel 2.6 Globale karakterisering van vergiste meststoffen en effluënten, in vergelijking met dierlijke mengmest per volume-eenheid¹ (zie ook aanhangsel 2)

Fermentaatsproducten	Droge Stof	Stikstof (N-totaal)	Organische stikstof (ON) / Minerale stikstof (MN)	Fosfaat (P ₂ O ₅)	Kalium (K ₂ O) en Chloor (Cl)
Vergiste (meng-) meststoffen (dunne fracties)					
Vergiste mest bevat ongeveer:	Even veel	Even veel	Minder ON Meer MN	Even veel	Even veel K ₂ O en Cl
Co-vergiste biomassa ² bevat ongeveer:	Variabel ^a	Variabel ^a	Variabel ^a	Variabel ^a	Variabel ^a
Vergiste en afgescheiden, dunne (mest)fracties					
Vergist P-arm effluent bevat ongeveer:	Minder	Even veel	Even veel ON Even veel MN	Minder	Even veel K ₂ O en Cl
Vergist N/P-arm effluent bevat ongeveer:	Minder	Minder	Minder ON Minder MN	Minder	Even veel K ₂ O en Cl
Vergist OO-effluent bevat ongeveer:	Nagenoeg geen	Nagenoeg geen	Nagenoeg geen ON / MN	Nagenoeg geen	Nagenoeg geen K ₂ O / Cl
Vloeibare mineralen-concentraten					
Vergist UF-concentraat bevat ongeveer:	± 20%	Meer	Minder ON Meer MN	Meer	Even veel K ₂ O en minder Cl
Vergist OO-concentraat bevat ongeveer:	± 6%	Meer	Minder ON Meer MN	Nagenoeg geen	Meer K ₂ O
Vergist Ammonium-concentraten	± 50%	Meer	Minder ON Meer MN	Nagenoeg geen	Nagenoeg geen K ₂ O / Cl
Vergiste en afgescheiden, dikke mestfracties					
Ingedikte en vergiste biomassa bevat ongeveer:	20-35%	Even veel	Even veel ON Even veel MN	Meer	Even veel K ₂ O en Cl

¹ Per volume-eenheid effluent of commercieel product. ² Vergiste biomassa is een vergist mengsel van mest en organische reststromen. a = afhankelijk van de gebruikte organische reststromen; bij toevoeging van een mineraalrijke reststroom ontstaat dus een meer geconcentreerd mestproduct.

2.4.3 Verbetering benuttingsefficiëntie van mineralen (N en P)

Het is bekend dat de plantopname van stikstof en fosfor uit mest niet alleen afhankelijk is van de mestsoort, maar ook van de (voor)behandeling die de mest heeft ondergaan. Vergisting leidt tot mineralisatie van stikstof en fosfor in het vergistingssubstraat hetgeen de bemestende waarde van de mest gunstig kan beïnvloeden (Knudsen et al., 1997; Van Nes et al., 1990). Onderzoek van Raijmakers

and Janssen (1994) en Velthof et al. 1998¹⁶) wijst bij voorbeeld uit dat de stikstof uit vergiste varkensmest net zo goed wordt opgenomen als die uit kunstmest (relatieve efficiency = 1), terwijl de stikstof uit gecomposteerde varkensmest aanzienlijk minder goed wordt opgenomen (relatieve efficiency = 0.3). De minerale stikstof komt vooral voor als ammonium en niet als nitraat. Dit betekent dat vergiste meststoffen over het algemeen waarschijnlijk langzamer werken dan de in Nederland veel toegepast kunstmest met nitraat.

Een veldproef van Dubbelboer en Schelhaas (1990), waarbij de bemestende waarde van vergiste en onvergiste runderdrijfmest met elkaar werden vergeleken, wees uit dat de N-recovery van vergiste mest ongeveer twee keer zo groot is dan die van onvergiste drijfmest.¹⁷ Ook de P₂O₅-recovery bleek bij gebruik van vergiste runderdrijfmest beter: ongeveer 50% hoger dan bij onvergiste runderdrijfmest. Dit laatste wordt ondersteund door Van Nes et al. (1990) die aangeven dat de fosforopname uit runderdrijfmest kan worden verhoogd van 60% naar 80-100% per groeiseizoen bij gebruik van vergiste mest. De verbeterde benutting van mineralen kwam in het onderzoek van Dubbelboer en Schelhaas (1990) ook tot uiting in een verhoogde gewasopbrengst. Na drie sneden bleken de droge stof opbrengsten van de vergiste mestobjecten ongeveer 5 a 6% hoger te liggen dan die op de ruwe drijfmestobjecten.¹⁸

Dit leidt tot de vraag wat de invloed is van co-substraten op de beschikbaarheid van nutriënten en hoe deze co-substraten bijdragen aan het gehalte aan beschikbare nutriënten in het co-vergiste product. Wegens gebrek aan gegevens (en beschikbaarheid van co-vergiste mest) kan deze vraag momenteel nog niet goed worden beantwoord. Wel is uit Deens onderzoek gebleken dat het mogelijk is met co-vergiste mest een stikstofefficiëntie te halen van 50-60%. De auteurs stellen dat het mogelijk is om uiteindelijk een efficiëntie te halen van 65%. Bij deze waarde zou er geen kunstmest meer gebruikt hoeven te worden (Holm-Nielsen et al. 1997).

2.4.4 Invloed op bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid

Vanwege het behoud van bestendige organische stof tijdens vergisting en de toevoeging van organische reststromen zijn vergiste meststoffen in principe geschikt voor instandhouding en verbetering van de bodemstructuur en de bodemvruchtbaarheid (Holm-Nielsen et al. 1997). Deze invloed is mede afhankelijk van de

¹⁶ Velthof G.L., M.L. van Beusechem, W.M.F. Raijmakers & B.H. Janssen (1998) Relationship between availability indices and plant uptake of nitrogen and phosphorus from organic products. *Plant and Soil* 200, 215-226

Raijmakers W.M.F. & B.H. Janssen (1994) Evaluatie van methoden ter bepaling van voor de plant beschikbare stikstof in organische meststoffen. Verslagen en Mededelingen 1994-1. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, Landbouwniversiteit Wageningen.

¹⁷ Bij potproeven in het zelfde onderzoek bleek de N-recovery uit vergiste drijfmest ongeveer 50% hoger.

¹⁸ Hierbij moet worden opgemerkt dat deze bemestingsproef is uitgevoerd op een grasland waarop jarenlang omvangrijke hoeveelheden stikstof werden aangewend. De te verwachten nawerking van stikstof op deze gronden kan derhalve een dempend effect hebben gehad op de benuttings-efficiëntie.

samenstelling en hoeveelheid vezels van de organische reststromen die worden toegevoegd. Zo mag bij co-vergisting van mest en bermgras een relatief hoog gehalte aan bestendige organische stof in de vergiste biomassa worden verwacht. Andere mogelijkheid tot concentratie van bestendige organische stof is de afscheiding van een vezelrijke, ingedikte mestfractie uit de vergiste biomassa met behulp van een schroefpers. Wanneer dit met het oog op de bodemstructuur nog onvoldoende wordt geacht, kan nog de toevoeging van bijvoorbeeld stro worden overwogen, aan het vergiste mengsel, of aan een reeds geconcentreerde mestfractie.

2.4.5 Beheersing van (fyto)sanitaire risico's

Met behulp van co-vergisting kunnen hygiënisch verantwoorde meststoffen worden geproduceerd. De in mest en andere organische stoffen aanwezige (fyto)pathogene organismen worden bij een goed uitgevoerde vergisting gedecimeerd met minimaal een factor 1000. Daarnaast worden ook onkruidzaden tijdens vergisting afgedood; de mate waarin is niet bekend maar waarschijnlijk substantieel. Teneinde de afdoding (fyto)pathogenen en onkruidzaden in de biomassa te maximaliseren wordt vaak een extra sanitatietrap ingebouwd, bij voorbeeld in de vorm van een pasteurisatie. Voorwaarde voor een optimale sanitatie is dat alle biomassa op enig moment en voldoende lang in de vergistinginstallatie en/of in de sanitatietank is behandeld. Vanwege de kiemdodende effecten kan vergisting een bijdrage leveren aan de vermindering van de druk van ziekten en plagen in de Nederlandse landbouw (Bendixen, 1997; Zanstra, 1999; De Boo et al., 1993¹⁹).

2.5 Techniek, schaal en logistiek van co-vergistingsinstallaties

De volgende factoren kunnen een rol spelen bij het ontwerp en de dimensionering van een mestverwerkinginstallatie rond co-vergisting.

- De regio waarin een vergistingsinstallatie wordt gebouwd.
- De (markt)vraag van eindgebruikers naar specifieke mestproducten.
- De energie-afzetmogelijkheden.
- De bedrijfseconomische rentabiliteit.
- Omvang en aantal van transportbewegingen rond de installatie.
- De regelgeving inzake ruimtelijke ordening (Reconstructie), milieu en mestverwerkinginstallaties.

De vestiging van een vergistingsinstallatie in een mestconcentratiegebied of in een mestafzetgebied en de beoogde afzetmarkt(en) voor specifieke fermentaatproducten zijn belangrijke afwegingsfactoren bij het ontwerp van een mestverwerkingconfiguratie rond co-vergisting. Bij co-vergisting van mest en organische reststromen in een mestconcentratiegebied is het meestal noodzakelijk om (een deel van) de vergiste mestproducten over langere afstand te transporteren naar een mestafzetgebied. Het te transporteren gewicht van deze fermentaatproducten kan substantieel (20-85%)

¹⁹ W. de Boo et al., *Vergisting van dierlijke mest met energierijke additieven; Deense praktijk en Nederlandse perspectieven*. CE, Haskoning BV en drs. A.R. Moen, Delft/Nijmegen, 1993.

worden gereduceerd met behulp van scheidingstechnieken zoals een schroefpers, Micro-Filtratie (MF), Ultra-Filtratie (UF) en Omgekeerde Osmose (OO). De toepassing van deze technieken brengt energiekosten²⁰ met zich mee die in dit geval moeten worden afgewogen tegen de energie-opbrengsten uit de co-vergisting en de haalbare besparingen op transportenergie (Buiten et al.,1999b/2000).²¹

Bij vestiging in een mestafzetgebied is er, vanwege de mestafzetmogelijkheden in de nabije omgeving van de vergistingsinstallatie, minder noodzaak tot concentratie van mestproducten. Deze situatie is representatief voor de situatie in Denemarken waar (co-)vergistingsinstallaties meestal niet worden gecombineerd met scheidingstechnieken.²² Vanwege de relatief korte transportafstanden zou er langs deze weg immers niet veel energie kunnen worden bespaard. De inzet van de genoemde scheidingstechnieken kan echter ook worden overwogen met het oog op de vraag van eindgebruikers naar specifieke mestproducten uit een co-vergistingsinstallatie. Zo kunnen met behulp van genoemde technieken mestproducten worden geproduceerd, uiteenlopend van vezelrijk en ingedikt fermentaat tot verschillende mineralenconcentraten. Met het oog op de productie van 'meststoffen op maat' kan verder worden gedacht aan de inzet van een ammoniakstripper in het mestverwerkingsprocédé rond co-vergisting.²³

De configuratie en logistiek van het 'energie-gedeelte' bij co-vergisting worden vooral bepaald door de afzetmogelijkheden voor de geproduceerde energie. Het biogas kan in principe op twee manieren worden aangewend. Het kan direct worden aangewend in een Warmte/Kracht- of Ketelinstallatie waarbij elektriciteit en warmte – in de vorm van stoom of warm water – worden opgewekt. Daarnaast kan biogas met behulp van een PSA-installatie²⁴ worden opgewerkt tot aardgaskwaliteit, waarna het kan worden teruggeleverd aan het aardgasnet (Schomaker, 1995). Deze optie kan vanuit bedrijfseconomisch oogpunt interessant worden indien er 'groen gas'-tarieven in rekening kunnen worden gebracht. Vooralsnog is dit niet het geval. Bovendien moet rekening worden gehouden met een aantal haken en ogen in verband met de technische logistiek van de gasdistributie.

Een met biogas gestookte WK- of ketelinstallatie kan op het terrein van de vergistingsinstallatie worden aangelegd, of op het terrein van de eindgebruiker van de geproduceerde energie, in het bijzonder de warmte. Voordeel van deze laatste optie is dat het biogas vanwege de lagere kosten over langere afstanden – tot ongeveer 7 km – kan worden getransporteerd dan de warmte – tot enkele honderden meters. Potentiële eindgebruikers van warmte of biogas kunnen worden gevonden in de

²⁰ Met name de meer geavanceerde scheidingstechnieken zoals UF en OO brengen relatief hoge energiekosten met zich mee.

²¹ Voor een concentratie van vergiste mestproducten tot droge stof gehalten van meer dan 90% zijn thermische scheidingstechnieken zoals mechanische damprecompressie nodig. Toepassing van dergelijke technieken is erg kostbaar en kost netto meer energie dan er met het geproduceerde biogas kan worden opgewekt.

²² Zie ook Hoofdstuk 5.

²³ Zie ook voorgaande paragraaf

²⁴ PSA staat voor Pressure Switch Absorption; in een dergelijke installatie wordt met behulp van drukverschillen CO₂ aan het biogas onttrokken.

industrie, de utiliteitsbouw, de glastuinbouw en de woningbouw. Bij toepassing in de glastuinbouw kan naast de warmte en elektriciteit ook de kooldioxide uit de WK-installatie worden gebruikt als 'meststof' in de kassen. De geproduceerde elektriciteit kan door de afnemer van de warmte worden gebruikt en/of worden teruggeleverd aan het net. Bij directe levering van met biogas opgewekte elektriciteit en warmte aan een grootverbruiker in één van de genoemde sectoren kunnen in principe commerciële tarieven in rekening worden gebracht. Dit zijn in de regel hogere tarieven dan de teruglevertarieven van energiebedrijven. In het algemeen blijkt het in de Nederlandse praktijk geen eenvoudige opgave om rendabele afzetmogelijkheden voor warmte uit WK-installaties te vinden (Schomaker, 1995; Visser et al., 2000).

De bedrijfseconomische rentabiliteit en de transportbehoefte zijn belangrijke afwegingsfactoren bij de bepaling van het ontwerp en de capaciteit van een co-vergistingsinstallatie, mede met het oog op de regelgeving op het gebied van ruimtelijke ordening, milieu en mestverwerkinginstallaties. Co-vergisting kan plaatsvinden in installaties met verschillende capaciteiten, uiteenlopend van kleinschalige, individuele boerderij-installaties (< 25.000 ton biomassa/jaar) tot centrale vergistingsinstallaties met regionale (25.000-150.000 ton/jaar) of industriële capaciteit (> 150.000 ton/jaar). Hierbij hebben de centrale vergistingsinstallaties (v.a. circa 25.000 ton biomassa/jaar) belangrijke economische schaalvoordelen die tot uiting kunnen komen in onder meer relatief lagere investerings- en kapitaallasten en verdeling van kosten en risico's over meerdere partijen. Zo is het bij grotere installaties waarin meerdere partijen participeren meestal makkelijker de kosten te dekken van beheer en onderhoud door geschoolde technici en van de milieutechnische voorzieningen²⁵ die worden voorgeschreven in het kader van wet- en regelgeving²⁶. Deze aspecten zijn van groot belang met het oog op de kwaliteitszorg rond het vergistingsproces en de daarmee voortgebrachte eindproducten. Daarnaast bieden meer omvangrijke en meer variabele inputstromen betere mogelijkheden tot aansturing van de samenstelling van mestproducten uit co-vergisting.

Een beperkende factor bij opschaling is de logistieke organisatie van de aan- en afvoer van biomassastromen rond mestverwerkinginstallaties. Bij grootschalige mestverwerkingprojecten (> 150.000 ton/jaar) in het recente verleden is dit een belangrijk knelpunt gebleken (Ten Have et al., 1996). De organisatie van een gegarandeerde aanbods- en afzetstructuur van het organisch materiaal, mest en organische reststromen, is daarom een belangrijke fundament in het ontwikkelingstraject van een project rond co-vergisting. Vanwege de nieuwheid van co-vergisting in de Nederlandse context lijkt het bovendien verstandig om, in eerste instantie althans, te kiezen voor regionale schaalgroottes van circa 25.000 ton op jaarbasis. Op die manier worden projecten niet meteen al te complex en blijven de risico's beheersbaar (Buiter et al., 1999a). Ten slotte moet in dit verband worden opgemerkt dat er vanuit de ruimtelijke ordening beperkingen kunnen worden gesteld aan het aantal transportbewegingen rond een co-vergistingsinstallatie.

²⁵ Bij voorbeeld een affakkelvoorziening, of een gasdichte afdekking van de na-opslag met bijbehorende voorzieningen voor winning van het biogas dat tijdens na-vergisting ontstaat.

²⁶ Binnenkort verschijnt de herziene Inspectierichtlijn voor mestverwerkinginstallaties. Deze zal worden gebaseerd op het recente *Onderzoek herziening toetsingskader mestverwerkinginstallaties* (Schomaker et al., 2000)

3 Reductie broeikasgasemissies en overige milieu-effecten

De toepassing van co-vergisting van mest en organische reststromen kan op zeker 4 manieren (zie ook figuur 3.1) bijdragen aan beperking van emissies van broeikasgassen methaan (CH₄), koolstofdioxide (CO₂) en lachgas (N₂O):

1. Beperking van directe emissies van methaan en lachgas uit mestopslagen.
2. Reductie van CO₂-emissies via vervanging van fossiele brandstoffen door biogas (met ongeveer 60% methaan) uit co-vergisting.
3. Beperking van directe en indirecte emissie van N₂O en CO₂ via bevordering van een efficiënt gebruik van mest en organische reststromen als meststoffen in de landbouw, mede ter beperking van het kunstmestgebruik.
4. Verandering in de relatieve emissie van lachgas uit mest en van de verliezen uit organische stof door productie van nieuwe meststoffen via co-vergisting en toepassing daarvan binnen landbouw.

Na een inleiding over het klimaatbeleid en de bijdrage van de landbouw volgt in dit hoofdstuk een nadere toelichting bij bovengenoemde, potentiële bijdragen van co-vergisting aan de beperking van broeikasgasemissies. Daarna wordt ingegaan op de overige milieu-effecten die mogen worden verwacht bij de inzet van co-vergisting.

3.1 Klimaatverandering: beleid en bijdrage agrarische sector

Nederland heeft het klimaatverdrag van de Verenigde Naties geratificeerd en in 1997 het Kyoto Protocol ondertekend. Het Kyoto Protocol bepaalt dat de meest ontwikkelde landen hun emissies van zes broeikasgassen in de periode 2008-2012 moeten reduceren. Nederland heeft zich gecommitteerd aan een reductiedoelstelling van 6% ten opzichte van 1990. Dit komt overeen met een te behalen emissiereductie van 50 Mton CO₂-equivalenten in 2010 ten opzichte van ongewijzigd beleid.²⁷ Deze reductiedoelstelling is de motor achter het huidige Nederlandse klimaatbeleid. In het kader van dit beleid wordt van de agrarische sector een evenredige reductie-inspanning gevraagd van 2,0 Mton CO₂-equivalenten in 2010, ofwel 7% van de geraamde emissies voor dat jaar (VROM et al., 1999b).

De Nederlandse landbouw genereert directe emissies van kooldioxide (CO₂), lachgas (N₂O) en methaan (CH₄) in de orde van 30 Mton CO₂-equivalenten²⁸ per jaar, ofwel ongeveer 13% van de Nederlandse emissie van broeikasgassen. De directe bijdrage van de landbouw aan de uitstoot van CO₂ is in vergelijking met andere sectoren relatief beperkt (5,6%). De directe bijdrage van de agrarische sector aan de emissie

²⁷ Uitgesplitst naar de verschillende broeikasgassen wordt globaal genomen een verdeling gehanteerd van 70% reductiedoelstelling voor CO₂ en 30% voor de overige broeikasgassen.

²⁸ Emissie van broeikasgassen worden veelal uitgedrukt in Mton CO₂-equivalenten; in dit rapport wordt daartoe de lachgas (N₂O) en methaan (CH₄) omgerekend in CO₂ op basis van de respectievelijke relatieve sterkte als broeikasgas ofwel GWP (Global Warming Potential); deze bedragen voor lachgas 310 en voor methaan 21 op een tijdschaal van 100 jaar.

van de overige broeikasgassen N₂O en CH₄ wegen echter, in verhouding tot andere sectoren, zwaarder: respectievelijk 36% en 41% (CBS, 1997b).

Daarnaast draagt landbouw indirect bij aan de emissie van broeikasgassen CO₂ en N₂O. De indirecte CO₂-emissies hangen vooral samen met het grootschalig gebruik van kunstmest en krachtvoer in de landbouw. Bij toerekening van het indirecte fossiele energiegebruik dat voortvloeit uit het gebruik van kunstmest en krachtvoer in de Nederlandse landbouw in 1995²⁹ neemt de bijdrage van de sector aan de Nederlandse emissie van broeikasgassen (225 Mton Ceq) toe van 12,8% (29 Mton Ceq)³⁰ naar 18,3% (41,3 Mton Ceq). Indirecte N₂O-emissies komen vrij bij de productie van kunstmest, bij agrarisch transport en als gevolg van verliezen van nitraat of ammoniak na aanwending van dierlijke mest of kunstmest. De bijdrage van de landbouw aan deze indirecte N₂O-emissies kan moeilijk worden gekwantificeerd vanwege het beperkte inzicht in de relatieve bijdragen van andere (diffuse) bronnen.

3.2 Beperking emissie van methaan en lachgas bij opslag mest

Ongeveer 80% van de methaanemissie in de landbouw komt vrij bij de spijsvertering van herkauwers. De overige 20% komt vrij bij vooral de opslag en in mindere mate aanwending van dierlijke mest. In Nederland is als gevolg van beperking in de toepassing van dierlijke mest langdurige opslag op het bedrijf noodzakelijk. De totale methaanemissie uit mestopslagen wordt geschat op 2 Mton CO₂-equivalenten (CBS, 1997). De emissie van methaan kan met 50-70% worden gereduceerd indien de duur van opslag kan worden beperkt door de mest snel en gecontroleerd te vergisten waarbij de methaan wordt opgevangen (Gerbens, 2000).

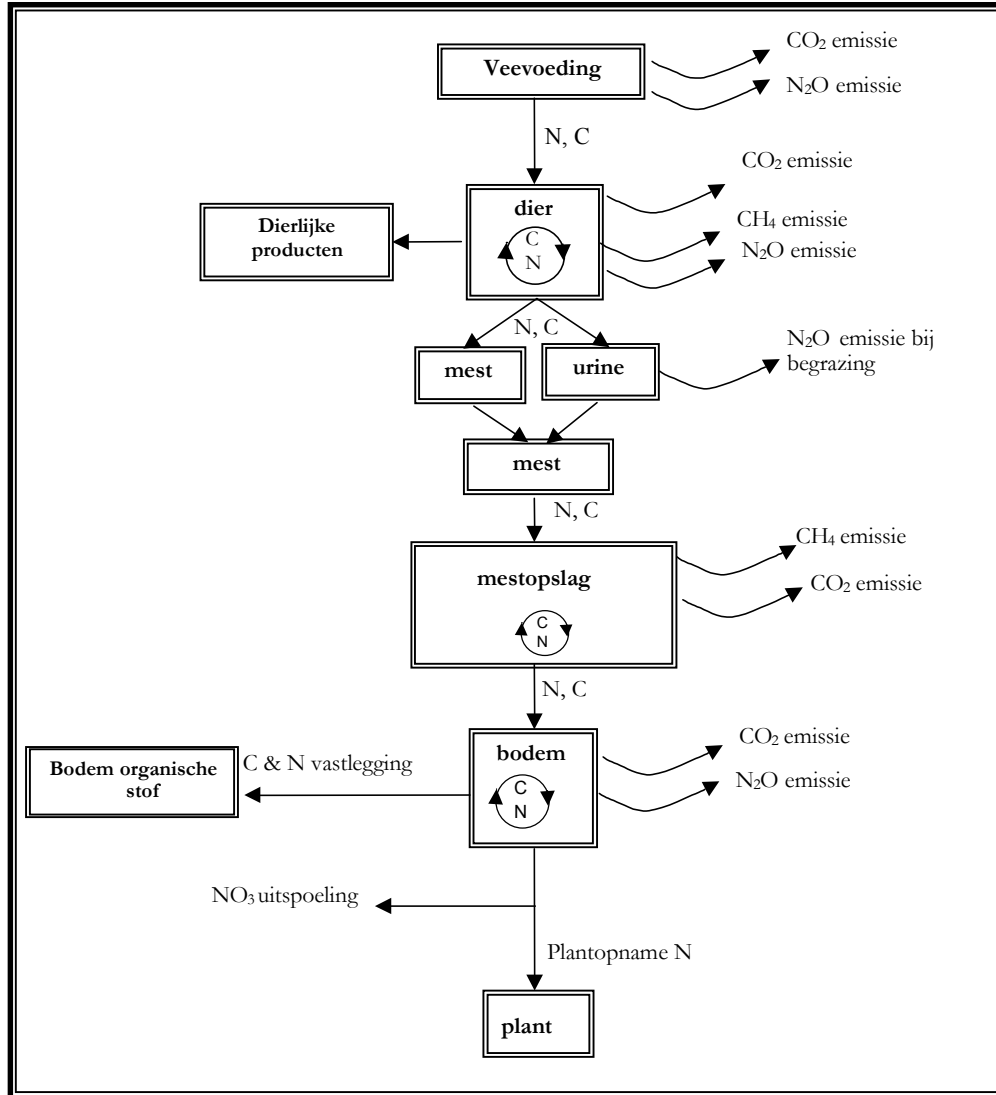
Hierbij geldt: hoe verser de mest is die voor vergisting wordt aangeboden, hoe groter de potentiële emissiereductie. Vanwege de natuurlijke vergisting tijdens de mestopslag kan de potentiële biogasproductie al na twee weken teruglopen van circa 25 naar circa 20-15 m³ biogas/m³ mest, mede afhankelijk van het soort mest. Met het oog op de gewenste reductie van methaanemissies is een snelle afvoer van de mest, na excretie in de stal, naar een vergistingsinstallatie dus geboden. Een dergelijke bedrijfsvoering past overigens goed bij het streven naar beperking van ammoniakemissies uit stallen (Zanstra, 1999).

Met behulp van een snelle vergisting kunnen ook lachgasemissies worden vermeden, die kunnen optreden bij opslag van semi-poreuze, min of meer vaste mestfracties. In semi-poreuze mestmassa's – bij voorbeeld een mestcomposthoop, of een dikke mestfractie die is vermengd met stro of een ander organisch materiaal – kunnen naast elkaar aërobe en anaërobe omstandigheden ontstaan. Dit zijn gunstige condities voor opeenvolgende nitrificatie- en denitrificatieprocessen, waarbij naast stikstof ook lachgas wordt gevormd (Corré, 1999). Deze vorming van lachgas kan worden

²⁹ In totaal bedroeg het indirecte energiegebruik dat samenhangt met het gebruik van kunstmest en krachtvoerders in de landbouw in 1995: 186,3 PJ. Het totale directe energiegebruik van de landbouw bedroeg in dat jaar: 179 PJ (Buiten et al., 1999a).

³⁰ Ceq = CO₂-equivalenten

voorkomen wanneer dergelijke mestfracties anaëroob worden behandeld en opgeslagen in een vergistingsinstallatie en een gasdichte na-opslag (Buiten et al., 1999b).



Figuur 3.1. Schematisch overzicht van mogelijke emissies van broeikasgassen uit veehouderij inclusief de productie van veevoeding.

3.3 Toepassing van biogas uit co-vergisting voor energie-opwekking

Toepassing van co-vergisting leidt tot vorming van biogas, een mengsel van methaan (50-80%), kooldioxide (20-50%), zwavelwaterstof (<1% H_2S), waterdamp en een aantal sporegassen. Na verwijdering van het corrosieve zwavelwaterstof kan biogas worden toegepast voor energieopwekking. Op deze wijze worden fossiele brandstoffen vervangen door hernieuwbare energiedragers – mest en organische

reststromen – die in principe emissieneutraal zijn en een duurzame bijdrage kunnen leveren aan de beperking van emissies van broeikasgassen.

Hierbij moet worden opgemerkt dat de productie van mest indirect wel degelijk fossiele energie kost. Dit vloeit voort uit het gegeven dat er geen mest kan worden geproduceerd zonder veevoer. En de productie van veevoer, in het bijzonder van krachtvoer, kost indirect veel fossiele energie. Ter indicatie: voor rundveekrachtvoer wordt een gemiddelde energiewaarde aangehouden van 10 MJ/kg (Dasselaar et al., 1994).³¹ Een deel van die energie wordt door het vee gebruikt voor de ‘productie’ van o.a. vlees en zuivel en kan aan deze bruikbare eindproducten worden toegerekend. Het resterende deel van de energie uit veevoer kan in principe worden toegerekend aan de productie van mest (spijsvertering) en lichaamswarmte.

De vraag is dus of dit resterende deel van de fossiele energie-input in de vorm van veevoer wel of niet moet worden meegerekend bij een meer integrale berekening van het netto-effect op ketenniveau bij energie-opwekking uit mest. Deze vraag is in dit verband van fundamenteel belang, aangezien het wel meerekenen van het ‘mestdeel’ van de veevoederenergie ertoe kan leiden dat de netto-energiebalans negatief uitslaat. Dit zou betekenen dat er ondanks energie-opwekking uit mest netto fossiele energie wordt gebruikt, waardoor er geen sprake meer kan zijn van ‘hernieuwbare’ of ‘duurzame’ energie (Buiten et al., 2000).

Van doorslaggevend belang bij de beantwoording van deze vraag is of mest kan worden beschouwd als bijproduct of als hoofdproduct van dierlijke productie. Wanneer dierlijke productie in de landbouw primair wordt gemotiveerd vanuit het streven naar voorziening in behoeften aan vlees, zuivel en andere dierlijke producten kan mest immers gevoeglijk worden beschouwd als een bijproduct, dat sowieso beschikbaar komt. De energie-input in de vorm van veevoer kan in dat geval *in zijn geheel* worden toegerekend aan de eindproducten: vlees, zuivel, etc.

Deze manier van rekenen kan met recht worden toegepast bij co-vergisting. Het houden van vee kan immers niet primair worden gemotiveerd op grond van de productie van mest als grondstof voor energie-opwekking met behulp van (co-)vergisting. De toepassing van co-vergisting is dus niet van invloed op de status van mest als *bijproduct* van dierlijke productie. Ook na vergisting kunnen er met behulp van de (vergist) mest kringlopen worden gesloten via efficiënt hergebruik ten behoeve van plantaardige productie. De inzet van co-vergisting heeft in deze zienswijze een belangrijke meerwaarde, namelijk de productie van energie uit mest die zonder vergisting onbenut zou blijven en die gebruikt kan worden ter vervanging van fossiele brandstoffen (Buiten et al., 2000).

³¹ Deze energiewaarde is berekend als de som van de energie die nodig is voor: de productie en aanvoer van veevoedergrondstoffen; de procesenergie voor verwerking van deze grondstoffen tot veevoeren en voor transport van het veevoer van de fabriek naar de boerderij (Dasselaar et al., 1994).

3.4 Beperking kunstmesttoepassing door gebruik van voedingsstoffen uit organische afvalstromen in de landbouw

Indien het fermentaat van de co-vergisting wordt toegepast in de landbouw als meststof kunnen verdere besparingen in de emissies van N_2O en CO_2 worden bereikt. Dit kan doordat meer voedingsstoffen uit reststromen worden hergebruikt binnen de landbouw en zo wordt bespaard op de aanvoer van kunstmest. De mate van besparing is afhankelijk van de efficiëntie waarmee voedingsstoffen in het fermentaat worden gebruikt door gewassen in vergelijking met toepassing van dierlijke mest alleen en kunstmest. Een van de mogelijke producten van co-vergisting is ammonium-nitrat oplossing (identiek aan kunstmest). Daarnaast wordt minder N_2O en CO_2 geëmitteerd bij productie en transport van kunstmest.

De beschikbaarheid van mineralen uit de vergiste mest beperken de aanvoer van kunstmest. Deze lagere productie bespaart energiegebruik en dus emissie van CO_2 bij productie van kunstmest; deze besparing is bij vervanging van 20% van het kunstmestgebruik in Nederland (80 kton kunstmest N) een besparing van 80-160 kton CO_2 -equivalenten. Iedere besparing op het gebruik van kunstmest als gevolg van aanwending van co-vergiste meststoffen, betekent verder een reductie van de emissie van lachgas bij de productie van kunstmest en bij de toepassing van kunstmest. Gebruik van 80 kton kunstmest N minder is gelijk aan een emissiereductie van 0.15 Mton CO_2 equivalenten conform de emissiefactor van 1.25 van IPCC.

Deens onderzoek geeft indicaties dat het gebruik van co-vergiste mest leidt tot een reductie van de lachgasemissie van ongeveer 30%. De lachgasemissie ten gevolge van het uitrijden van dierlijke mest wordt voor Nederland geschat op 2.0 Mton CO_2 -equivalenten per jaar (conform RIVM methodiek in Velthof et al. 2000). De gegevens zijn nog verre van hard, maar onder de aanname dat deze 30% ook in Nederland gehaald zal worden op alle typen gronden en voor alle toepassingen, zou dit leiden tot een reductie in de lachgasemissie van ongeveer 0.1-0.5 Mton CO_2 -equivalenten bij vergisten van respectievelijk 5 en 25% van alle dierlijke mest.

3.5 Toepassing van nieuwe meststoffen en organische stof en emissie van lachgas en kooldioxide

Co-vergisting en toepassing van het geproduceerde fermentaat als meststof in de landbouw kan leiden tot lagere emissie van lachgas als gevolg van beter mogelijkheden om voedingsstoffen te doseren in vergelijking met dierlijke mest. Daarnaast biedt co-vergisting de theoretische mogelijkheid om meststoffen op maat te produceren en zo tot verhoging van de efficiëntie van stikstofgebruik en verlaging van emissiefactoren voor mest te komen.

In theorie is het mogelijk dat toepassing van co-vergiste mest leidt tot verandering in de relatieve vastlegging van de organische stof na toediening aan de bodem dan de

toediening van onbewerkte dierlijke mest. Gegevens ontbreken en daarom ontbreekt een inschatting van de verandering in sink of source functie van landbouwbodems. Het is de verwachting dat door het behoud van bestendige organische stof tijdens co-vergisting vergiste meststoffen, net als dierlijke mest en overige organische meststoffen, een rol van betekenis spelen bij de instandhouding en vergroting van koolstofvoorraden in landbouwbodems.³² Er zijn wel aanwijzingen dat mestproducten die een microbiële behandeling hebben ondergaan, en daar is tenslotte sprake van bij co-vergisting, moeilijker afbreken na toediening aan de bodem dan onbewerkte mesten (referentie). Wel is duidelijk dat co-vergisting, met het oog op het specifieke 'klimaatbelang' van behoud van bestendige organische stof voor bemestingsdoeleinden, beter scoort dan mestverbranding en –vergassing waarbij ook de bestendige organische stof wordt afgebroken.

3.6 Overige milieuaspecten

De toepassing van co-vergisting van mest en reststromen heeft niet alleen gevolgen voor emissies van broeikasgassen maar ook voor een aantal andere ecologische aspecten en milieuthema's conform NMP3 (tabel 3.1). Een systematische analyse volgens zogenaamde duurzaamheidscriteria op dit gebied over de thema's in tabel 3.1 is onlangs uitgevoerd en gerapporteerd door ETC Nederland³³. Hier wordt volstaan met verwijzing naar genoemd rapport voor detaillering. De conclusies in dit rapport met betrekking tot vergisting en co-vergisting van mest zijn:

- Mestbewerking via (co-)vergisting draagt bij aan een duurzame oplossing van de nederlandse mestproblematiek omdat zij vooral goed scoort op criteria "sluiten van nutriëntenkringlopen op regionale schaal", "benutbaarheid van nutriënten vergroten" en "beheersbaar zijn van milieurisico"
- De combinatie met biogaswinning noodzaakt een extra inspanning om rookgassen bij de aanwending van biogas te verwijderen
- Toepassing van co-vergisting biedt de innovatieve mogelijkheid om "organische meststoffen op maat" te produceren via uitgekiende combinaties van substraten en zo maximaal in te spelen op verschillende wensen met betrekking tot samenstelling en werking van meststoffen in verschillende teeltsystemen.

Onbewerkte dierlijke mest heeft een hoog gehalte aan eenvoudige organische componenten die gemakkelijk worden omgezet door organismen in de bodem en is een goede meststof omdat stikstof snel beschikbaar komt voor opname door het gewas. Het nadeel daarbij is dat tegelijkertijd ook aanzienlijke verliezen (uitspoeling of gasvorming naar de atmosfeer) optreden. Dierlijke mest met een laag gehalte aan eenvoudige organische componenten heeft een lagere kans op verliezen en is ook

³² Met het oog op het thema klimaatverandering moet hier het volgende worden opgemerkt. De hoeveelheid kooldioxide, die na verbranding van het biogas vrijkomt, komt naar verwachting min of meer overeen met de hoeveelheid kooldioxide die normaliter op korte termijn, binnen één of twee seizoenen, zou worden geëmitteerd na aanwending van ruwe mest als gevolg van natuurlijke mineralisatieprocessen.

³³ Buiten, M & J. de Winter, 1999. Duurzaamheidsperspectieven van technieken voor bewerking en opwaardering van mest. In opdracht van RABO bank Nederland

geschikt om het gehalte organische (stik)stof in de bodem te verhogen. De stikstoflevering aan het gewas is echter trager en moeizamer te voorspellen.

3.6.1 Milieuaspecten van fermentaat

De concentratie nitraat in het fermentaat na co-vergisting is zeer laag. Dit heeft als belangrijke voordeel dat de kans op verlies van stikstof (uitspoeling van nitraat of denitrificatie en vorming van lachgas en elementaire stikstof) veel kleiner is dan in de grondstof dierlijke mest. Deze afweging geldt zolang ammonium stikstof niet snel wordt omgezet in nitraat en ammonium stikstof snel wordt opgenomen door het gewas.

Tabel 3.1 Milieuthema's en inschatting van het effect bij implementatie van co-vergisting ten opzichte van niet bewerken van mest

Thema	Waardering*	Toelichting
Vermesting	++	Via betere benutting van nutriënten in organische meststoffen en via reductie van kunstmestgebruik.
Verzuring door NH ₃	0	Net als bij onbewerkte mest is dit afhankelijk van de opslag voorziening en de toedieningsmethode.
Verspreiding van problematische stoffen	+	Via reductie van kunstmestgebruik.
Verspilling	++	Door een meer efficiënte recycling van in Nederland beschikbare nutriënten uit organische meststoffen en via reductie van kunstmestgebruik.
Uitputting grondstoffen	++	Via vermindering gebruik van fossiele brandstof en via reductie van gebruik van kunstmestgrondstoffen.
Sanitaire risico's	++	Via afdoding door decimering van ziektekiemen en onkruidzaden uit mest en organisch afval.
Broeikas effect: Via CO ₂ (besparing gebruik fossiele energiebronnen)	+++	Via vervanging van fossiele brandstoffen door biogas, via vermeden verwerking (en export) van mest en organisch afval en via reductie van kunstmestgebruik.
Via CH ₄	+	(Co-)vergisting van mest voorkomt methaanemissies tijdens opslag en aanwending van dierlijke mest.
Via N ₂ O	++	Via reductie van kunstmestgebruik en een mogelijke verminderde beschikbaarheid van organische stof uit organische meststoffen voor denitrificatie.

- Het aantal plussen is direct gerelateerd aan het aantal positieve duurzaamheidseffecten die te verwachten zijn. Gebaseerd op: M. Buiter (1993) *Met mestvergisting op weg naar een meer duurzame landbouw?*

3.6.2 Beheersing van (fyto)sanitaire risico's

Met behulp van co-vergisting kunnen hygiënisch verantwoorde meststoffen worden geproduceerd. De in mest en andere organische stoffen aanwezige (fyto)pathogene organismen worden bij een goed uitgevoerde vergisting gedecimeerd met minimaal een factor 1000. Daarnaast worden ook onkruidzaden tijdens vergisting afgedood; de mate waarin is niet bekend maar waarschijnlijk substantieel. Teneinde de afdoding (fyto)pathogenen en onkruidzaden in de biomassa te maximaliseren wordt vaak een

extra sanitatietrap ingebouwd, bij voorbeeld in de vorm van een pasteurisatie. Voorwaarde voor een optimale sanitatie is dat alle biomassa op enig moment en voldoende lang in de vergistinginstallatie en/of in de sanitatietank is behandeld. Vanwege de kiemdodende effecten kan vergisting een bijdrage leveren aan de vermindering van de druk van ziekten en plagen in de Nederlandse landbouw (Bendixen, 1997; Zanstra, 1999; De Boo et al., 1993³⁴).

3.7 Mestbewerking als oplossingsalternatief voor mestoverschot

In principe zijn er 3 oplossingsrichtingen voor het mestoverschot in Nederland al dan niet in combinatie (zie tabel 3.2):

1. Verbetering van benutting van nutriënten in de Nederlandse landbouw
2. Reductie van aanvoer van nutriënten naar de Nederlandse landbouw
3. Vergroting van de afvoer van nutriënten uit de Nederlandse landbouw

In deze volgorde dragen deze oplossingsrichtingen ook bij aan de realisatie van klimaatbeleid.

De eerste optie maakt maximaal gebruik van recycling van eenmaal vastgelegde C of eenmaal in gebruik genomen N. De tweede optie is veelal een afgeleide van optie 1 omdat bij gelijkblijvende productie minder vervanging van verloren nutriënten hoeft plaats te vinden. De derde optie kent een grote kans op afwenteling van emissies naar andere landen waarmee de gunstige invloed op emissiesbeperking teniet wordt gedaan en is daarom niet aantrekkelijk vanuit klimaatperspectief.

Co-vergisting draagt bij aan de maatregelen/oplossingen in kolom 1 en via reductie kunstmestgebruik in kolom 2. Daarnaast biedt co-vergisting mogelijkheden via substitutie van veevoederimporten en via (overschakeling op) biologische landbouw (extensivering); deze mogelijkheden worden hieronder verder toegelicht (zie Buiter et al., 1999b).

Tabel 3.2 Oplossingsalternatieven voor aanpak Nederlands mestoverschot

Verbetering benutting nutriënten in Nederlandse landbouw	Reductie aanvoer nutriënten naar Nederlandse landbouw	Vergroting afvoer nutriënten uit Nederlandse landbouw
<input type="checkbox"/> Verbetering kwaliteit dierlijke mest via mestbewerking <input type="checkbox"/> Optimalisering lokale en regionale mestdistributie <input type="checkbox"/> Verbetering mest- en mineralenmanagement op agrarische bedrijven	<input type="checkbox"/> Reductie kunstmestgebruik <input type="checkbox"/> Substitutie veevoederimporten door regionaal geproduceerde veevoerders <input type="checkbox"/> Inkrimping veestapel (reductie veevoederimporten en dierlijke mestproductie) <input type="checkbox"/> Vergroting areaal landbouwgrond (extensiveren)	<input type="checkbox"/> Verbeterde benutting veevoer (voederspoor) <input type="checkbox"/> Verwijdering nutriënten naar milieu (verbranding, beluchting etc.) <input type="checkbox"/> Hergebruik van mineralen in industrie (verwijdering uit de landbouw) <input type="checkbox"/> Verwerking en export v. mest

³⁴ W. de Boo et al., *Vergisting van dierlijke mest met energierijke additieven; Deense praktijk en Nederlandse perspectieven*. CE, Haskoning BV en drs. A.R. Moen, Delft/Nijmegen, 1993.

3.7.1 Mestbewerking ter facilitering van regionaal gemengde bedrijven

Mestbewerking kan een nuttige functie vervullen bij samenwerking tussen gespecialiseerde agrarische bedrijven uit veehouderij en akkerbouwsector binnen een regio ('regionaal gemengd bedrijf'). Deze samenwerking bestaat onder meer uit een onderlinge uitwisseling van agrarische inputs zoals veevoer en mest. Belangrijke winstpunten van deze regionale samenwerking zijn onder andere het behoud van de voordelen van een gespecialiseerde bedrijfsinrichting en een flexibeler en daardoor sterker bedrijfseconomisch potentieel (Oosterveld, 1997).

Wanneer een dergelijke samenwerking resulteert in een regionale uitwisseling van veevoer en mest conform het 'graan-voor-mest' concept en substitutie van geïmporteerd veevoer heeft dat de volgende voordelen:

- Een verdere sluiting van nutriëntenkringlopen wat resulteert in vermindering van het mineralenoverschot en reductie van het gebruik van fossiele energie. De huidige omvang van de import van veevoeder is echter zodanig groot dat ruimte in Nederland beperkt is om alle import te vervangen. Import van veevoeders draagt nu aanzienlijk bij in het landelijk mineralenoverschot³⁵ en in het (indirecte) energiegebruik van de agrarische sector³⁶.
- Uitbreiding van de vruchtwisseling met voedergewassen verhoogt de diversiteit binnen een vruchtwisseling en kan bijdragen tot een vermindering van de gevoeligheid van gewassen voor ziekten en plagen en een vergroot de mogelijkheden van akkerbouwers om aan de aangescherpte normen voor het gebruik van bestrijdingsmiddelen te voldoen.
- Een van de knelpunten bij regionale uitwisseling van mest is de onvoldoende kwaliteit en samenstelling van dierlijke mest (Oosterveld, 1997). Mestbewerking kan voorzien in kwalitatief hoogwaardige, dierlijke mestproducten die zijn afgestemd op specifieke behoeften van eindgebruikers (akkerbouwers).

3.7.2 Mestbewerking ter ondersteuning van (overschakeling op) biologische landbouw

Biologische landbouw wordt in het algemeen beschouwd als goed voor het milieu en wordt gestimuleerd in Nederland. Biologische landbouw maakt geen gebruik van kunstmest en bestrijdingsmiddelen en er wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van regionaal geproduceerde mest en veevoeders. Een overschakeling van gangbare naar biologische productiemethoden kan bijdragen aan sluiting van nutriëntenkringlopen op regionale schaal

³⁵ Het aandeel van krachtvoerimporten in de totale aanvoer van stikstof, fosfor en kalium op de mineralenbalans van de Nederlandse landbouw bedroeg in 1995 respectievelijk 48% N, 69% P en 66% K.

³⁶ Het indirect energiegebruik dat samenhangt met het kunstmestgebruik in de Nederlandse landbouw is 16.2 PJ en slechts 10% van het energiegebruik dat voortvloeit uit het binnenlands verbruik van geïmporteerd krachtvoer (in 1995 ongeveer 170 PJ). Het indirecte energiegebruik vanwege krachtvoerconsumptie en kunstmest is daarmee ongeveer even groot als het totale directe energiegebruik van de hele agrarische sector (179 PJ in 1995) in Nederland.

Bij overschakeling op biologische landbouw is de lage benuttingsefficiëntie van mineralen in dierlijke en organische meststoffen een knelpunt. Bij de aangekondigde aanscherping van de verliesnormen voor mineralen in het kader van het MINAS en de toepassing van die normen op de gehele agrarische sector, is er een reële kans dat ook biologische agrariërs worden geconfronteerd met regulerende heffingen op mineralenverliezen. Ook hier kan mestbewerking bijdragen aan een oplossing via de productie van hoogwaardige en meer diverse organische meststoffen waarmee hogere benuttingsefficiënties van mineralen kunnen worden gerealiseerd.

3.8 Mestvergisting en andere verwerkingsalternatieven

Voor een integrale beoordeling van effecten van alternatieve vormen van mestverwerking op emissies van broeikasgassen is inzicht nodig in de mate waarin verwerkte meststoffen (kunnen) worden gebruikt voor de vervanging van kunstmest. Twee punten zijn hierbij van belang:

1. In hoeverre resulteert de verwerking in verwijdering van nutriënten uit mest die moeten worden aangevuld?
2. In hoeverre resulteert de verwerking in een verbetering dan wel verslechtering van de benutbaarheid van nutriënten in mest?

Verwijdering en verminderde benutbaarheid van nutriënten uit mest en organische stromen wordt in dit verband negatief gewaardeerd en verbetering van benutbaarheid positief, onder meer vanwege de energie- en bemestingswaarde die deze nutriënten vertegenwoordigen. In tabel 3.3 wordt een overzicht gegeven van de effecten van enkele alternatieve verwerkingstechnieken op de aanwezigheid en benutbaarheid van nutriënten in mest en organische reststromen in vergelijking met de onbewerkte mest.

Tabel 3.3 Potentiële effecten basistechnieken op aanwezigheid en benutbaarheid van nutriënten in vergelijking met onbewerkte dierlijke mest

Toepassing van basistechnieken	Effect toepassing techniek op aanwezigheid nutriënten	Effect toepassing techniek op benutbaarheid nutriënten
(Co-)vergisten	0 ^a	+C/N/P/K ^b
Composteren ^{incl}	0 ^a	+C/N/P/K ^b
Drogen ventilatielucht ^{incl}	0 ^a	+C/N/P/K ^b
Indampen ^{incl}	0 ^a	+N ^c
Composteren	-N ^d	+C/P/K ^b
Beluchten	-N ^d	+C/P/K ^b , -N ^d
Drogen ventilatielucht	-N ^d	+C/P/K ^b , -N ^d
Indampen	-N ^d	-N ^d
Vergassen	-C/N ^d	-C/N ^d , +P/K ^b
Verbranden	-C/N ^d	-C/N/P/K ^c

^{incl.} = Inclusief terugwinning ontweken stikstof m.b.v. ammoniakstrippen. ^a 0 = alle waardevolle nutriënten blijven behouden; ^b +C/N/P/K = De verwerking resulteert in een verbeterde benutbaarheid van bestendige organische stof, stikstof, fosfor en kalium. ^c +N = De verwerking resulteert alleen in een verbeterde benutbaarheid van stikstof; ^d -N of -C/N = De verwerking resulteert in verwijdering van bestendige organische stof en/of stikstof en in een gereduceerde benutbaarheid van organische stof en/of stikstof; ^e De verwerking resulteert in een gereduceerde benutbaarheid van bestendige organische stof, stikstof, fosfor en kalium (zie ook tekstbox op volgende bladzijde).

De analyse in tabel 3.3 laat zien dat slechts (co-)vergisten en composteren gunstig is voor behouden van stikstof en dat andere technieken leiden tot verliezen van stikstof.

Composteren leidt tot verlies van stikstof als ammoniak en mogelijk ook lachgas en bij toepassing van luchtreiniging tot extra energiegebruik en CO₂ emissie.

Bij verbranding wordt alle stikstof en koolstof verwijderd en zijn de overige nutriënten – fosfor en kalium - die achterblijven in de verbrandingsassen naar verwachting als meststof moeilijker benutbaar zijn in vergelijking met onbewerkte dierlijke mest en in vergelijking met assen die reesteren na mestvergassing (Van Aspert, 1999). Deze assen zullen naar verwachting eerst met behulp van chemicaliën (zuren) moeten worden behandeld om ze als meststof in de landbouw te gebruiken (Buiten et al. 1999b). Er is een gereede kans dat de mest-assen als gevolg van verbranding zijn verontreinigd met ongewenste problematische stoffen (met name PAK's) die niet in onbewerkte mest voorkomen.

4 Ervaringen met co-vergisting in europa

4.1 Ervaringen in Denemarken

4.1.1 Inleiding

Het Deense co-vergistingsprogramma draait sinds het begin van de 80er jaren. Het is opgezet met het doel om energie uit biomassa te produceren. Denemarken heeft nauwelijks eigen energievoorraden. De tweede energiecrises in 1979 was dan ook aanleiding voor een nieuw energiebeleid dat erop gericht was minder afhankelijk te zijn van het buitenland. De inzet van windenergie en energie uit biomassa (vooral co-vergisting) werd gestimuleerd middels energieheffingen op de prijzen voor fossiele brandstoffen en gunstige teruglevertarieven voor energie. Een belangrijke directe aanleiding voor de Deense veehouders om co-vergisting toe te passen was het van kracht worden van regelgeving die hen verplichtte tot het uitbreiden van de mestopslagcapaciteit tot 9 maanden. In Denemarken is alleen voorjaarsbemesting met dierlijke mest toegestaan. Een gezamenlijke investering in gemeenschappelijke mestopslagvoorzieningen was kosteneffectiever en bleek goed te kunnen worden gecombineerd met een investering in centrale vergistingsinstallaties (Hjort-Gregersen & Christensen, 1999; Al Seadi & Holm-Nielsen, 2000). In Denemarken bestaat zowel mestvergisting op boerderijschaal als op regionale schaal.

4.1.2 Vergisting op de boerderij

In Denemarken zijn de afgelopen jaren en 20-tal mestvergistingsinstallaties op boerderijen in gebruik genomen. Het gaat hier veelal om grote bedrijven, en de hoeveelheid mest die hier verwerkt wordt is gelijk aan de hoeveelheden die in de kleinere centrale co-vergisters verwerkt wordt (zie 5.1.3). Ook bij deze single-users bestaat er een duidelijke tendens om co-vergisting te bedrijven omdat de gasopbrengst uit de vergisting van de mest zelf vaak tegenvalt.

4.1.3 Regionale mestvergisting

Centrale mestvergisting in Denemarken betekent dat de mest bij de boer opgehaald wordt en, na bepaling van de nutriëntensamenstelling, in de regio centraal vergist (zie aanhangsel 6 voor gegevens). Na vergisting wordt de mest weer afgeleverd bij de boer. Het overschot wordt verkocht onder de deelnemende bedrijven (tussen de 5 en de 80 stuks). Het biogas wordt gebruikt voor de productie van energie en warmte op de bedrijven, en deels als elektriciteit geleverd aan het net. Naast mest worden in de installaties ook andere organische afvalstromen vergist. Deze stromen mogen derhalve geen toxische stoffen bevatten. Hierop wordt op gecontroleerd.

Tegenover het mogelijk bezwaar van het (dure) vervoer staat volgens de Denen dat hierdoor een goed gestructureerd distributiesysteem is ontstaan om mestoverschotten te verdelen onder veehouders en akkerbouwbedrijven. Mesttransporten worden uitgevoerd in tankwagens met een capaciteit van 15-20 ton. De afstand van de boerderij tot de centrale mestvergistingsinstallatie bedraagt gemiddeld zo'n 5 kilometer (Figuur 4.1).

De belangrijkste grondstof is mest (75%, zie tabel 4.1). Momenteel bestaat ruim 75% van de aanvoer (op volumebasis) uit mest en 25% uit slachtafval en ander afvalstromen uit de agrarische sector. De aanvoer van varkensmest is iets groter dan die van rundermest. Van de overige afvalstromen bestaat het grootste deel uit ingewanden en vet en drijflagen.

Tabel 4.1 Aanvoer van biomassa en bijdrage aan de gasproductie in de centrale biogas installaties in Denemarken in 1998 (Tafdrup 2000 *Biogas in: Skott and Hansen*).

BIOMASSA	TOTAAL (M ³)	PROCENT (%)
Koeienmest	448.495	33.2
Varkensmest	529.138	39.1
Verskillende meststoffen	49.429	3.7
Oogstresten	421	0.0
Slachtafval	86.936	6.4
Industriële afvalstoffen	214.212	15.8
Rioolslib	22.415	1.7
Overig	1.500	0.1
Biomassa, totaal	1.352.546	100.0

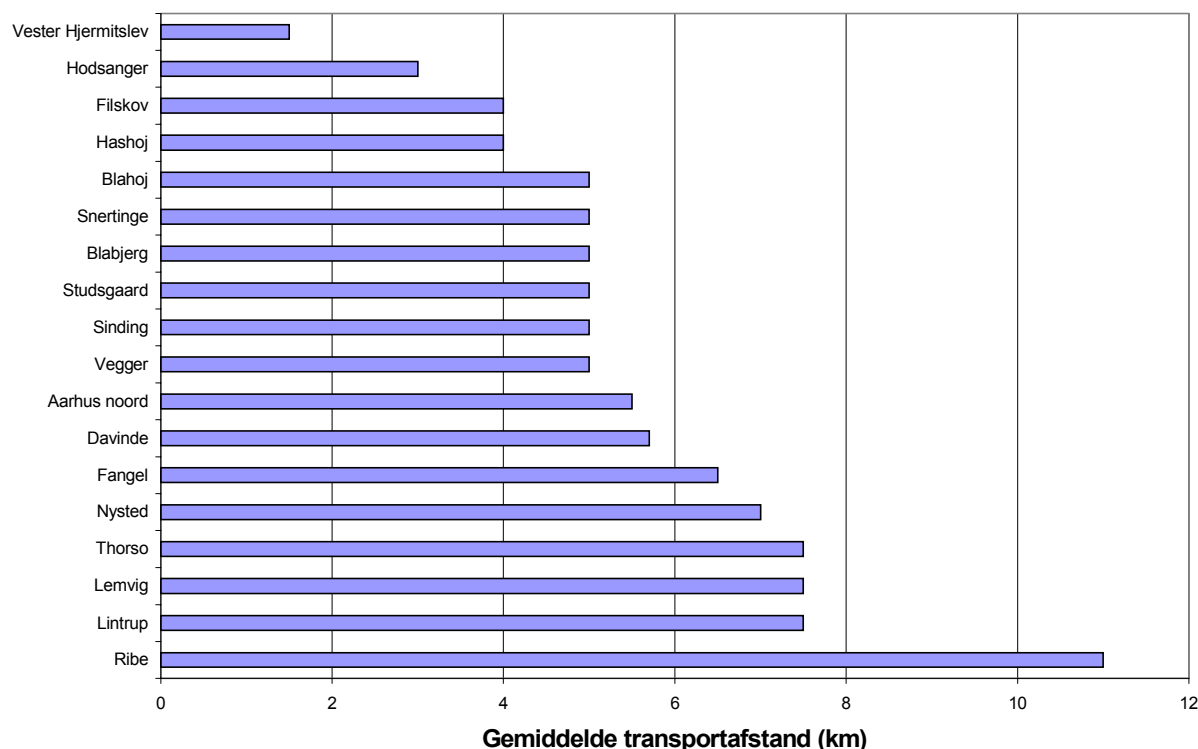
Totale gas productie in 1998	50.092.000 m ³
Energieproductie bij 65% CH ₄	1166 TJ
Gas productie per m ³ biomassa	37 m ³

4.1.4 Biomassa en gas productie in regionale installaties

De verwerkingscapaciteit van de 20 werkende co-vergistingsinstallaties in Denemarken varieert tussen de 25 en 500 ton biomassa per dag. De hoeveelheid geproduceerd biogas bedraagt 1000 tot ruim 15000 m³ per dag. De meeste co-vergistingsinstallaties zijn gebouwd en worden bedreven door coöperaties, met de mestleveranciers als leden. Een aantal coöperaties heeft gezamenlijke mestopslag tanks neergezet hetgeen de opslagkosten heeft gedrukt.

In de loop der tijd is de biogasproductie significant toegenomen, voornamelijk door de suppletie van industriële afvalstromen die veel vetten bevatten. Tot op heden is GFT nauwelijks gebruikt (waarom?) Van belang omdat in NL vooral GFT beschikbaar is), maar er wordt verwacht dat het gebruik van deze afvalstroom in de komende jaren significant zal toenemen. Naast een aantal economische en milieukundige voordelen heeft het combineren van mestvergisting met de vergisting van andere organische afvalstromen ook een aantal voordelen op proces niveau.

Daarnaast is gebleken dat er in de mestopslag tanks al aanzienlijke hoeveelheden methaan geproduceerd worden. Dit methaan wordt tegenwoordig ook opgevangen en draagt voor 5 tot 15% bij aan de totale gasproductie.



Figuur 4.1 Gemiddelde afstand tussen de boerderij en de centrale mestvergister (naar gegevens van Al Seadi and Holm-Nielsen, 2000)

4.1.5 Verklaringen voor het succes van co-vergisting in Denemarken

4.1.5.1 Landbouwkundige factoren

In Denemarken zijn er nauwelijks mestconcentratiegebieden zoals die in Nederland bestaan. Daardoor kan mest na vergisting meestal in de nabije omgeving worden afgezet en worden gedistribueerd van veehouders naar akkerbouwers zonder hoge transportkosten. De veehouderij is verplicht grondgebonden en dat geldt ook voor de varkenshouders. Mestoverschotten moeten evenals in Nederland buiten het eigen bedrijf worden afgezet. In Deense mestconcentratiegebieden is een aantal installaties uitgerust met een drogestofafscheider, waarmee een fractie af te scheiden is met een droge stofgehalte van 25-45%. Dit maakt mesttransport over grotere afstand mogelijk. Deze situatie is vergelijkbaar met delen van Nederland.

De toevoeging van organische reststromen is in Denemarken al langer, onder voorwaarden toegestaan. Er is geen discussie vergelijkbaar met de BOOM/BGDM discussie in Nederland die hier stagnerend heeft gewerkt (De Boo et al., 1993).

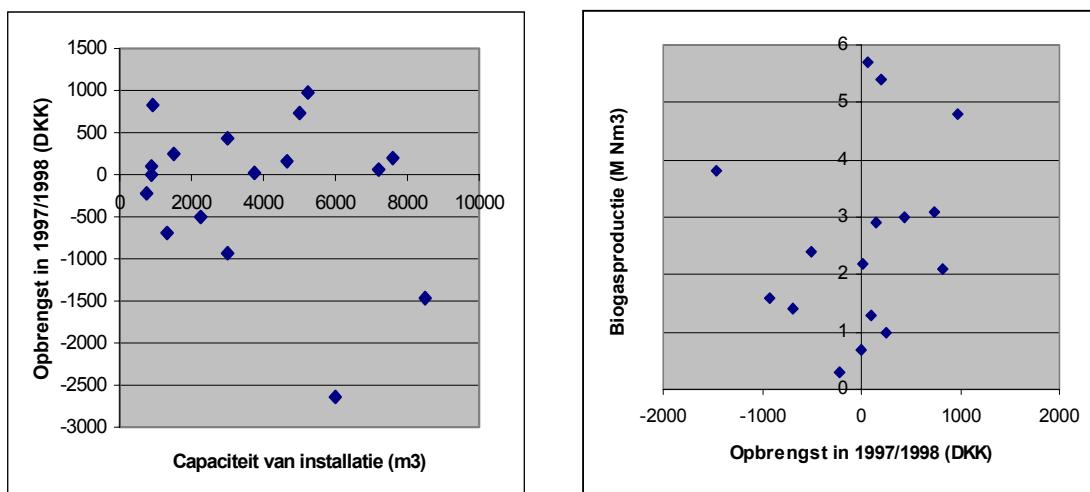
De toepassing in de landbouw van het fermentaat uit co-vergisting lijkt positief: beschikbaarheid van mineralen lijkt hoger en geurarme toediening is mogelijk met bestaande aanwendingstechnieken. Overigens is de bemestende waarde nauwelijks onderzocht omdat biogasproductie de voornaamste drijfveer is in Denemarken. De bemestende waarde is wel gemakkelijker te bepalen aan vergiste mest dan aan verse mest doordat de variatie kleiner is. Verder worden bij het vergisten ziektekiemen gedood. De Denen schatten dat het economische voordeel voor de boer 5 tot 10 DKK per m³ mest is (hfl 1,50 tot 3,00).

Er is een uitgebreide kwaliteitszorg rondom vergistingsinstallaties hetgeen wordt gestimuleerd door de actieve betrokkenheid van veehouders en akkerbouwers in cooperaties bij de opzet en exploitatie van (co-)vergistingsinstallaties. Daarnaast is er sprake van sectoroverstijgende samenwerking tussen agrariers, voedselverwerkende industrie (zie Ribe installatie) en energiebedrijven.

4.1.5.2 Economische factoren

De economische levensvatbaarheid van co-vergisting is over de jaren geleidelijk toegenomen. Dit is mede te danken aan een stabielere (technische) bedrijfsvoering. De toegenomen betrouwbaarheid van de installaties is te danken aan een leerproces in de praktijk waarbij onbetrouwbare onderdelen zijn verbeterd of vervangen. Verder is voldoende aandacht gegeven aan stankpreventie. Door toevoeging van een paar procent lucht aan het geproduceerde biogas is het gehalte aan H₂S en ammoniak gereduceerd en dit zorgt ook voor langere levensduur van de verbrandingsmotoren. Inkomsten zijn toegenomen door het gebruik van grotere hoeveelheden co-substraat. Dit heeft geleid tot hogere inkomsten uit gasproductie en uit bijdragen in de verwerkingskosten door producenten van deze co-substraten. Belangrijke voorwaarden voor het succes waren de concurrerende teruglevertarieven voor elektriciteit uit biomassa (groene energie), de aanwezigheid van een infrastructuur (o.a. stadsverwarmingsnetten) voor rendabele afzet van warmte uit met biogas gestookte warmte krachtinstallaties. Ook de grotere betrouwbaarheid van installaties en bedrijfsvoering heeft uiteraard bijgedragen aan de verbetering van de resultaten. Last but not least waren subsidies in de ontwikkelingsfase en begeleiding vanaf de start van co-vergistingsinstallaties door de Danish Energy Agency al dan niet via particuliere organisaties belangrijke succesfactoren.

De laatste jaren spelen de co-vergistingsinstallaties in Denemarken gemiddeld ongeveer quitte: de inkomsten uit de bedrijfsvoering zijn voldoende om de kosten van de bedrijfsvoering te dekken en daarnaast te betalen voor de afschrijving van de installatie (figuur 4.2). Er is een redelijk grote variatie in rentabiliteit en deze lijkt niet gecorreleerd met de capaciteit van de installatie of met de biogasproductie per jaar. Er wordt van uit gegaan dat het tegenwoordig mogelijk is om installaties te bouwen die met winst draaien.



Figuur 4.2 De capaciteit van vergistingsinstallaties in Denemarken in m^3 gerelateerd aan de opbrengsten in DKK per jaar voor de periode 1997-98 (links) en de opbrengsten in 1997-98 gerelateerd aan de biogasproductie. Hierbij moet wel aangetekend worden dat deze winst vertekend wordt doordat de bouw van co-vergisters in het verleden gestimuleerd is door subsidies die tussen de 10 en de 40% van de bouwkosten bedroegen.

In de periode 1995-1998 zijn volgens de brochure Centralised Biogas Plants (1999) de bedrijfsvoering en de economische aspecten van de biogasinstallaties volwassen geworden en is de economie acceptabel. Dit zou mede komen doordat de schulden van vooral oudere installaties zijn gesaneerd met hulp van buitenaf. Ieder jaar wordt meer gas geproduceerd omdat er de aanvoer van biomassa nog steeds toeneemt. De *gate fees* voor reststromen zijn op hetzelfde niveau gebleven; co-vergisting kost in denemarken 50-60 DKK per m^3 . Dit is aanzienlijk minder dan de kosten voor compostering of verbranding (tabel 4.2) van organische afval. De rentabiliteit van co-vergisting wordt verbeterd door aanwending van reststromen.

Tabel 4.2. Kosten van verschillende afvalbehandelingsprocede's in Denemarken in DKK per ton (Hjort-Gregersen and Christensen, 1999)

	Verbranding	Compostering	Co-vergisting
Behandelingskosten	200-300	300-400	50-60
Afvalheffing (1998)	210-260	-	-

4.2 Ervaringen in Duitsland

In Duitsland ontwikkelt co-vergisting zich tot een geaccepteerde technologie. Bij de implementatie van co-fermentatie in Duitsland worden net iets andere accenten gelegd als in Denemarken. In Duitsland ligt de nadruk meer op het sluiten van stofkringlopen en minder op het genereren van (groene) energie uit biomassa zoals in Denemarken. De politieke beslissing om ernaar te streven nutrientcycli zoveel mogelijk te sluiten (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, 1994) heeft in belangrijke mate bijgedragen aan de acceptatie van co-vergisting.

In de periode 1995-1998 zijn er ruim 300 nieuwe installaties in gebruik genomen (Weiland and Karle, 1999). Het merendeel van deze installaties draait als co-vergister. De biogasopbrengst van deze co-vergisters is per ton substraat vaak een factor twee hoger dan die van installaties die uitsluitend mest vergisten. Bovendien is er de opbrengst van de gate fee, die afhankelijk van het type afval tussen de 20 en de 200 DM per ton bedraagt. De laatste jaren zakken deze prijzen, omdat er overcapaciteit dreigt te ontstaan.

Momenteel zijn er in Duitsland ook 14 grootschalige co-vergisters met een capaciteit van meer dan 10.000 ton per jaar (Tabel 4.3). In veel gevallen bestaan deze vergistingsfabrieken uit meerdere losse installaties. De totale verwerkingscapaciteit is meer dan 800.000 ton per jaar. Ook in Duitsland wordt de grote transportafstand die inherent is aan een gecentraliseerde co-vergisting van mest als een bezwaar gezien. Een mogelijke oplossingsrichting zou het centraal voorbehandelen van de afvalstromen kunnen zijn, zodat de co-vergisting op de boerderij zelf plaats kan vinden en de boer er zeker van is dat hij een schoon en veilig co-substraat verwerkt (Weiland and Karle, 1999).

In hun overzichtsartikel over co-vergisting van organisch afval stellen Weiland en Karle (1999) dat het uitrijden van vergiste mest leidt tot een lagere emissie van lachgas dan het uitrijden van onbehandelde mest, zonder overigens met bewijzen te komen voor deze stelling. Petersen (1999) heeft onlangs resultaten gepresenteerd die deze stelling ondersteunen. In zijn onderzoek bleek dat de lachgasemissie bij gebruik van co-vergiste mest 20-40% lager was dan die bij gebruik van niet-vergiste mest. In dit veldexperiment werd de mest uitgereden met een "trailhose" voordat de gerst ingezaaid werd. Uit ander recent Duits onderzoek wordt gewezen op het belang om bij evaluatie van het effect van (co-)vergisting op de emissie van broeikasgassen niet alleen lachgas te meten maar ook ammoniak en methaan. Verschillende manieren van met uitrijden van mest beïnvloeden het vrijkomen van deze broeikasgassen ieder op eigen wijze. Om het uiteindelijke effect te kwantificeren moeten ze alle drie gekwantificeerd worden (Wulf et al. 2000). De belangrijkste eye-opener van voornoemde publicatie is de stelling dat ammoniakemissie ook meegenomen moet worden als broeikasgasemissie omdat het straling sorbeert en deels omgezet wordt in lachgas.

Het onderzoek en de ontwikkelingen op het gebied van co-fermentatie worden gecoördineerd door het Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) in Darmstadt (Kühner 1998). Op de website van dit instituut (www.ktbl.de) is veel ook voor Nederland interessante en relevante informatie te vinden. Hier blijkt onder andere dat de stroomprijs voor groene stroom in Duitsland 0,154 DM/kWh is. Verder wordt er gesteld door Dr. Heinz Schulz (voorzitter van het Fachverband Biogas) dat de investerings- en afschrijfkosten van biogasinstallaties de belangrijkste kostenpost vormen, en dat deze bedragen afhankelijk van de eigen inbreng van de boer (het gaat hier dus om installaties op de boerderij zelf) tussen de 500 en 3000 DM per eenheid grootvee liggen. Bij een omvang van minder dan 100 grootvee-eenheden is co-fermentatie volgens deze bron niet economisch rendabel. In een ander artikel op eerdergenoemde website gebruikt Dr. Hans Oechsner van de

Universiteit van Hohenheim de “Kostenblockmethode” om de economie van co-vergistinginstallaties door te rekenen. Met deze methode is te zien wat de invloed is van verschillende parameters op de kosten en opbrengsten van het proces. Een levenscyclusanalyse van grootschalige co-vergisting van organisch afval wijst uit dat dit proces primaire energie oplevert (Kübler et al. 1999). Een ander relevant punt is de aandacht die besteed wordt aan de anaerobe afbraak van pesticide-resten die co-vergisters binnenkomen via bijvoorbeeld sinasappelschillen (Kellner et al. 1999; Vorkamp et al. 1999). De eerste indruk is dat dit meer een p.m. issue is.

Tabel 4.3 Centrale co-vergisters in Duitsland met een verwerkingscapaciteit van meer dan 10000 ton per jaar (Weiland and Karle, 1999).

Plaats	Co-substraat	Capaciteit (ton / jaar)	Reactor volume (m ³)	Start
Barth	Industrie afval	60000	4000	1998
Behringen	Industrie afval	23000	2 x 800	1995
Bernstorf	Industrie afval	43000	2 x 1200	1995
Finsterwalde	Industrie afval	91000	4 x 900	1995
Fürstenwalde	Biologisch afval	85000	2 x 3300	1998
Göritz	Industrie afval	33000	2 x 950	1996
Großmühlingen	Industrie afval	40000	2 x 800	1996
Gröden	Industrie afval	110000	2 x 3100	1995
St. Michaelisdonn	Industrie afval	40000	2250	1996
Pastiz	Zuiveringsslib	100000	2 x 2100	1997
Sagard	Industrie afval	48000	3 x 725	1996
Surwold	Industrie afval	16000	2 x 500	1996
Wittmund	Industrie afval	126000	2 x 3500	1996
Wolpertshausen	Voedsel afval	5000	2 x 430; 1 x 120	1996
Totaal		820000		

4.3 Co-vergisting in Frankrijk en Spanje

In Frankrijk wordt een platform opgezet om co-vergisting in Frankrijk op te zetten. De drijvende kracht hierachter zijn de Franse maisboeren verenigd in de AGPM (Franse maisboeren associatie). Er worden experimenten uitgevoerd in een reactor met een volume van 150 m³. De installatie draait al 15 jaar op varkensmest met een volumebelasting van 12 m³ per dag. Het anaerobe effluent wordt uitgereden als N mest terwijl de resterende vaste stof wordt gecomposteerd.

Momenteel ligt de nadruk op het vinden van geschikte co-substraten. Hiertoe worden laboratorium experimenten uitgevoerd (Pouech and Castaing, 1999). Ook in Spanje wordt gewerkt aan de co-vergisting van mest, maar voorsnog alleen in het laboratorium. Hier ligt de nadruk op het vinden van het geschikte co-substraat (afval van de olijfolie- en de perenverwerkende industrie). Er leven in Catalonie meer dan 5 miljoen varkens, dus co-vergisting van varkensmest is daar een potentieel aantrekkelijke technologie (Campos et al. 1999).

4.4 Ervaringen in Nederland

4.4.1 Voorgeschiedenis

Mestvergisting geniet al ruim 30 jaar een wisselende belangstelling van beleid, onderzoek en praktijk. In Nederland zijn de praktijkresultaten van (co-)vergisting van mest tot dusver echter gering. Mestvergisting is hier in het begin van de jaren '80 ten tijden van de 2^e oliecrisis vooral op boerderijschaal geïntroduceerd. De nadruk lag bij opwekking van hernieuwbare energie (biogas). Belangrijke oorzaken van de geringe doordringing in de praktijk zijn: beperkte en tegen vallende gasopbrengst, onvoldoende warmte-afzetmogelijkheden, technische problemen met installaties, lage(re) energieprijzen en een gefragmenteerde (technische) ondersteuning van overheidswege (zie ook NOVEM rapportage “Mestvergisting in Nederland: tien jaar kennis en ervaring in de praktijk”)

Begin jaren '90 werd in Nederland vermindering van het mestoverschot een zwaarwegend motief voor inzet van vergisting. Promest in Helmond ontwikkelde een verwerkingsprocédé van mest rond vergistin. Dit was gericht op de productie van mestkorrels voor export naar mediterrane bestemmingen. Ook deze vorm van mestverwerking voldeed niet aan de verwachtingen. De beoogde buitenlandse afzetmarkten bleken kleiner dan verwacht. Veehouders die de mest moesten aanleveren en een belangrijk deel van de kosten moesten dekken, zagen zich geplaagd voor hogere kosten dan bij het alternatief van mestdistributie binnen Nederland. Tenslotte was het netto-energiegebruik relatief hoog (en dus duur bij geldende olieprijsen) bij verwerking en afzet van mest via Promest.³⁷

4.4.2 Proefproject co-vergisting in Ysselsteyn

De ervaring in Nederland met *co-vergisting* is minimaal. In opdracht van de NOVEM is in de periode 1998-1999 een initiatief gestart de praktische haalbaarheid van co-vergisting voor Nederland uit te werken voor een specifieke locatie. De uiteindelijke keuze is gevallen op de regio Noord-Brabant/Limburg. (zie rapport van Buiten, M., J. de Winter & G.J. Zanstra (1999) “Met mestvergisting op weg naar een meer duurzame landbouw”. ETC Energy, Leusden). In opdracht van NOVEM in het kader van het programma EWAB (Energiewinning uit Afval en Biomassa).

Het creëren van voldoende draagvlak onder de deelnemende partijen bleek het centrale issue en dit is niet gemakkelijk. De samenbindende factor is dat de vier partijen – een groep rundveehouders (de mestproducenten), een groep akkerbouwers (de mestconsumenten), de Brabantse energieproducenten, en een producent van een organische afvalstroom – het belang inzien van *langjarige aanbod- en afzetgaranties*. Met deze insteek wordt nu gewerkt aan een voorbeeldproject dat plaats zou moeten vinden in Ysselsteyn (zie hoofdstuk 5.2.2). Het streven hierbij is om maximaal gebruik te maken

³⁷ Het biogas leverde ongeveer de helft van de totale energiebehoefte van het Promest-procédé; de andere helft werd voorzien met behulp van aardgas en elektriciteit uit het net.

van de ervaringen die in het buitenland, met name in Denemarken, zijn opgedaan zijn. Zo zal er alleen gebruik gemaakt worden van bewezen technologie.

4.4.3 Toepassing van producten van co-vergisting

In Denemarken is gebleken dat de kwaliteit van het vergiste product bepaalt of dat product afgezet kan worden in de landbouw. Door het uitgangsmateriaal te pasteuriseren bij 70°C zijn er voldoende garanties dat het aantal ziektekiemen en onkruidzaden is geminimaliseerd en dat het product veilig gebruikt kan worden in de akkerbouw. Laatstgenoemde veiligheid wordt verder gewaarborgd door te werken volgens een kwaliteitszorgsysteem dat geldt voor de gehele keten (“van kont tot grond”).

Een opvallend onderdeel van de aanpak in Ysselsteyn is dat na vergisting het ongescheiden fermentaat met behulp van een ammoniakstripper ontdaan zal worden van een belangrijk deel van de stikstof. Deze stikstof wordt door een oplossing van salpeterzuur geleid, waardoor ammoniumnitraat ontstaat, dat gebruikt wordt ter vervanging van stikstofkunstmest. Het gestripte fermentaat zal met een vijzelpers gescheiden worden in een dikke en een dunne fractie. De dunne fractie (60% van de oorspronkelijke massa) wordt in zijn geheel afgezet bij de aangesloten veehouders in Ysselsteyn en directe omgeving. De dikke fractie daarentegen wordt afgezet bij de aangesloten akkerbouwers op de kleigronden in West-Brabant. Bij deze afzet in de akkerbouw komt vervolgens de specifiek Nederlandse situatie om de hoek kijken. De akkerbouwers op klei staan erop najaarsbemesting te blijven toepassen, omdat de structuur van de grond in het najaar beter bestand is tegen zware machines zoals mestinjectoren, dan in het voorjaar. Stikstof die in het najaar wordt gegeven wordt echter niet benut door gewassen en zal dan ook onder MINAS vanaf 2002 belast worden met een regulerende heffing. Door deze heffing zullen landbouwers de neiging hebben over te schakelen op fosfaatkunstmest, tenzij co-vergiste mest stikstofarm is als gevolg van ammoniakstrippen.

4.4.4 Economische rentabiliteit en haalbaarheid van co-vergisting

Uit economische berekeningen blijkt dat de verwachte rentabiliteit van een centrale mestvergistingsinstallatie zonder subsidies en fiscale stimuleringsmaatregelen matig tot redelijk is en vooral onzeker is. Deze stimuleringsmaatregelen zijn desondanks nodig voor het afdekken van risico's van de investerende partijen, die vanwege het prille stadium van de marktontwikkeling nog relatief groot zijn. Uit dergelijke berekeningen blijkt ook dat de rentabiliteit van een centrale mestvergistingsinstallatie het meest gevoelig is voor aanpassingen in de prijs voor inname van organisch afval. Deze inkomstenpost kan substantieel hoger zijn (in de kosten-baten analyse voor Ysselsteyn ligt deze een factor 10 hoger dan de inkomsten uit het biogas, zie Buijter et al., 1999a). Er wordt gerekend met een prijs voor verwerking van GFT-afval van f 50,- per ton en een opbrengst van f 0,17 inclusief BTW per m³ biogas (Schomaker, 1995; Visser et al., 2000).

Afvalstromen kunnen veranderen als gevolg van veranderingen in regelgeving of op grond van wijzigingen in economische verhoudingen (Weterings et al. 1999). Zo wordt momenteel in Nederland nog 50% van alle GFT en 90% van alle bermgras gecomposteerd (tabel 3.5). Composteren kost echter ongeveer f 100 per ton in Denemarken, terwijl de kosten van co-vergisting in Denemarken rond de f 20 liggen. In de economische evaluaties voor het “proefproject” in Ysselsteyn wordt uitgegaan van een prijs aan de poort van $\sim f$ 50 (referentie). Onder invloed van dergelijk forse kostprijsverschillen zullen afvalstromen zich sterk kunnen verleggen zodra voldoende (nieuwe) verwerkingscapaciteit voorhanden is. De prijs aan de poort (van de co-vergister) voor de vergisting van organische afvalstromen is in Denemarken de laatste jaren constant. In Duitsland zakt deze prijs de laatste jaren behoorlijk ondermeer omdat er steeds meer co-vergistingsinstallaties in bedrijf worden genomen (Weiland & Karle, 1999). In een onlangs gepresenteerd rapport wordt compostering een prijs aan de poort van 25-45 gulden per m³ organische stof genoemd³⁸. Dit bedrag ligt dus aanzienlijk lager dan de prijs die in Denemarken gerekend wordt. Bermmaaisel (0.47 Mton) wordt vooral gecomposteerd tegen tarieven van 70-100 NLG/ton (Weterings et al., 1999). GFT-afval en bermgras kunnen overigens worden verwerkt in co-vergistingsinstallaties tegen concurrerende tarieven ten opzichte van andere verwerkingstechnieken (Visser et al., 2000; Schomaker, 1995; Buiten et al, 1999a, 1999b, 2000).

Uit het bovenstaande moge zou kunnen worden afgeleid dat er in Nederland nu voldoende draagvlak lijkt te zijn om concreet te gaan werken aan de implementatie van co-vergistingsinstallaties in gebieden met een voldoende hoge dichtheid aan mestproducerende bedrijven. Van belang voor verdere implementatie in de praktijk is voldoende steun door de overheid, vooral bij het stroomlijnen van informatie-overdracht tussen de belanghebbende partijen. In Denemarken wordt deze rol gespeeld door het Danish Energy Agency.

³⁸ **TNO rapport Gecombineerde compostering van groenafval en mest** in opdracht van Belangenvereniging voor Verwerkingsbedrijven van Organische Reststoffen en Provincie Gelderland. Dit rapport bespreekt potentiële grondstoffen voor co-vergisting die nu via compostering worden verwerkt. Co-compostering wordt gezien als een kansrijke optie voor de aanpak van zowel de groenafval- als de mestproblematiek in Nederland. Er zijn voldoende afzetmogelijkheden voor de afzet van verrijkte groencompost in binnen- en buitenland. Groenafval ongeveer 3 Mton per jaar (nu toegepast als bodemverbeteraar voor waterhuishouding en bodemstructuur. Onderzocht is de mogelijkheid om kalver- en varkensmest te gebruiken. Kalvermest is minder geschikt a.g.v. hoge gehalte aan zware metalen (zink, koper). Ook varkensmest bevat nog te veel koper en zink. Veevoederproducenten zijn bereid om te bezien of het gehalte aan zware metalen in veevoer omlaag kan (hetgeen ook van belang is voor co-vergisting). Tot die tijd kan maximaal 1/6 deel stromest bij 5/6 deel groenafval worden gecomposteerd. De kosten voor de boer zijn redelijk (25-45 gulden per m³ mest) omdat heffingen nu ook kosten meebrengen. De Nederlandse markt voor verrijkte groencompost wordt geschat op 0.25 Mton per jaar met een verkoopprijs van 5-25 gulden per ton. Een praktisch probleem is dat bedrijven nu nog geen dierlijke mest mogen gebruiken en aanpassingen aan vergunningen nodig zijn. De provincie staat bereidwillig om mee te werken aan aanpassingen van vergunningen binnen het kader van milieuregels.

4.5 Lessen uit Europa voor Nederland

Een belangrijke succesfactor van de succesvolle toepassing van co-vergisting in Denemarken is de waardering voor de gunstige integrale milieueffecten. Gunstige prijzen voor energie uit biomassa en gerichte overheidssteun zijn daarbij van wezenlijk belang.

Ook de samenwerking tussen groepen met uiteenlopende belangen is van groot belang gebleken in Ribe. Niet alleen investeerders (energiebedrijf en slachthuis) maar vooral ook afnemers, i.e. boeren, hebben zitting in het bestuur van de vergistingsinstallatie.

In het kader van kwaliteitsborging worden er stringente kwaliteitseisen aan de grondstoffen gesteld en worden verdachte stromen zonder meer geweigerd. Daarnaast is er aandacht voor productkwaliteit van het fermentaat en voor een juist toepassing met het oog op maximale benutting van de voedingsstoffen via analyse van het fermentaat en via bemestingsadviezen.

Voor de Nederlandse landbouw zullen vergelijkbare aspecten een rol spelen. Van belang is een zichtbare inspanning van de landbouw voor vermindering van de milieudruk. Ongetwijfeld mag hier een zeer gewenste imagoverbetering van worden verwacht (zie LTO-Nederland "Uitzicht op een veelzijdige toekomst", 1999) zonder dat overigens de bedrijfsvoering in gevaar komt (levering groene energie, recycling van voedingsstoffen en afvalstromen die oorspronkelijk uit de landbouw komen).

4.5.1 Ervaringen en percepties bij consumenten

Al doende heeft men in Denemarken sinds het begin van de jaren '80 in de praktijk allerlei kinderziektes weten te overwinnen op technisch gebied van co-vergisting. Dus weten we nu welke typen pompen en roerders we moeten gebruiken, hoe groot installaties moeten zijn om de investeringskosten terug te kunnen verdienen, dat het verstandig is om co-substraten toe te voegen om zo de gasopbrengst te verhogen, en welke co-substraten het meeste gas opleveren, en hoe we dat gas moeten reinigen. Verder weten we uit Denemarken dat het goed is om de boeren als leveranciers en afnemers van mest zeer nauw te betrekken bij de bedrijfsvoering en de kwaliteitscontrole het vergistingsproces. Ook al levert de bank het kapitaal voor de vergistingsinstallatie, het lijkt verstandig om een landbouwer voorzitter te maken van de raad van bestuur. Als de overheid net als in Duitsland en Denemarken dan bereid is om te zorgen dat de uit het biogas geproduceerde groene stroom voor een redelijke prijs aan het net geleverd kan worden, zijn er op voorhand geen financiële en organisatorische obstakels om ook co-vergisting van dierlijke mest in Nederland een succes te laten worden. Beter nog, het zou verspilling van (potentiële) groene energie zijn om geen co-vergisting van dierlijke mest toe te passen, nu blijkt dat dat financieel aantrekkelijk is. Daar komen dan de potentieel positieve effecten op de omvang van de uitstoot van broeikasgassen nog bovenop. Co-vergisting van mest leidt tot minder uitstoot van methaan, en als de aanwijzingen niet bedriegen ook tot een reductie in

het vrijkomen van lachgas. In Denemarken worden deze laatste aspecten tot op heden niet of nauwelijks benadrukt. Alle aandacht gaat daar uit naar de productie van groene energie en de mogelijkheid om de nutriëntenkringlopen beter te sluiten door te besparen op het gebruik van kunstmest. Uit de Deense voorbeelden blijkt echter (nog) niet dat voor een dergelijke besparing het gebruik van (co-)vergiste mest superieur is aan niet-vergiste mest.

4.5.2 Kansen voor implementatie van co-vergisting in Nederland

In het buitenland is in economisch opzicht veel leergeld betaald in het verleden bij het ontwikkelen van co-vergisting. In Nederland is het vooral zaak te leren van deze ervaringen. Al eerder is beschreven dat veel reststromen in Nederland ook nu binnen de landbouw, veelal als veevoer, worden hergebruikt. Dit is vanuit de optiek van hergebruik van grondstoffen en beperking van de emissies van broeikasgassen een goede optie. Alleen wanneer sprake is van verbranding of vergassing danwel van compostering is er sprake van verspilling van grondstoffen als gevolg van verwijdering. Dan is er niet alleen milieutechnisch maar ook economisch winst te halen uit toepassing van co-vergisting. Gezien hun beperkte omvang is het niet te verwachten dat veel inkomsten (blijvend) kunnen worden gegenereerd uit verwerking van afval- en reststromen (zie ook Duitsland ervaring). Daarnaast is het te verwachten dat juist die afval- en reststromen die relatief moeilijk te verwerken zijn, bijvoorbeeld om hoge concentraties ongewenste elementen of stoffen, beschikbaar zijn voor co-vergisting; dit betreft GFT van huishoudens en bermafval waar de kwaliteit moeilijk te waarborgen en/of controleren is en ook sterk kan variëren.

Een gedeelte van de afval- en reststromen wordt verwerkt via compostering. Deze composteringsinstallaties worden afgeschreven en worden eventueel vervangen. Dit moment van vervanging is economisch het juiste moment om vervanging door co-vergisting te overwegen.

Een van de aspecten waarin Nederland van Denemarken verschilt is de ligging van de afzetgebieden van het fermentaat. Denemarken heeft niet in dezelfde mate als Nederland te kampen met mestoverschotgebieden, en het vergiste product kan daar dan ook in de eigen regio, dwz in de directe nabijheid van de co-vergistingsinstallatie worden afgezet. In Nederland dient, in elk geval voor een deel van het fermentaat, gebruik gemaakt te worden van verderaf gelegen mestafzetgebieden. Dat zal in de praktijk geen probleem zijn. Zo is het voornemen is om in het voorbeeldproject in Ysselsteyn (gelegen in het oost-Brabant) de vergiste mest, en dan met name de dikke fractie af te zetten buiten de directe regio, namelijk in West-Brabant. In denemarken wordt de mogelijkheid om de vaste fractie apart af te zetten nog niet benut (Hjort-Gregersen & Christensen, 1999).

5 Emissiereductie van broeikasgassen bij implementatie van co-vergisting in Nederland

5.1 Macro-perspectieven van co-vergisting in Nederland

In hoofdstuk 3 in deze rapportage is beargumenteerd dat de meerwaarde van co-vergisting ligt in:

- opwekking van duurzame energie uit (hernieuwbare) biomassa ter vervanging van fossiele brandstoffen door biogas
- vermijding van methaan- en lachgasemissies bij opslag en aanwending van dierlijke meststoffen
- een verbeterde benutting van nutriënten in organische meststoffen na co-vergisting
- vervanging van kunstmest door organische meststoffen³⁹;
- afdoding van ziektekiemen en onkruidzaden in organische reststromen.

Op grond van deze potentiële meerwaarden worden in deze paragraaf op landelijk niveau perspectieven van co-vergisting gekwantificeerd (5.1.3). Hiervoor wordt de situatie in de Nederlandse landbouw in 1995/1996 als referentie gehanteerd (5.1.1). Voor de verwerking en hergebruik van GFT-afval en bermgras wordt 1999 als referentie gehanteerd. Vervolgens worden de toegepaste aannames gespecificeerd (5.1.2).

5.1.1 Referentiesituatie voor berekening emissiereductie op macroniveau

Op basis van de balans tussen aan- en afvoer van mineralen op Nederlandse landbouwgronden (tabel 5.1) kan de **referentiesituatie** in de Nederlandse landbouw als volgt worden beschreven.

- In de periode 1995 is de mestproductie door de veestapel ruim 81 miljoen ton. Van deze hoeveelheid was ruim 75% (61,7 mln ton) afkomstig van rundvee, 21% van varkens (17,3 mln ton) en ruim 2% (2,2 mln ton) van pluimvee (CBS, 1997b). De mestproductie neemt gestaag af en deze tendens gaat door.
- Het totale directe energiegebruik van de gehele agrarische sector bedroeg in 1995 179 PJ. De totale uitstoot van broeikasgassen door de landbouw bedroeg in dat zelfde jaar 225 Mton CO₂-equivalenten (Ceq). De landbouw had in 1995 een aandeel van 41%, ofwel 10,3 Mton Ceq, in de totale hoeveelheid CH₄-emissies

³⁹ Verbetering van de benutbaarheid van nutriënten in organische meststoffen en kunstmestsubstitutie kunnen met behulp van co-vergisting worden bevorderd via:

- Concentratie van nutriënten in meer homogene en beter hanteerbare mestproducten
- Verbetering van de beschikbaarheid van nutriënten voor opname door het gewas
- Isolatie van nutriënten in geconcentreerde mestproducten
- Diversificatie in het aanbod van organische mestproducten (meststoffen op maat)

(25 Mton Ceq).⁴⁰ Ongeveer 80% van de methaanemissies uit de Nederlandse landbouw komt vrij bij de spijsvertering van herkauwers. De overige 20% komt vrij bij de opslag en aanwending van dierlijke mest.⁴¹ Voor 1995 impliceert dit dat er circa 2 Mton Ceq aan methaan vrijkwam uit vooral de mestopslagen.

- Vanwege het grootschalig gebruik van kunstmest werd er in 1995 in de Nederlandse landbouw indirect 16,2 PJ aan fossiele energie gebruikt, hetgeen overeenkomt met een totale emissie van circa 0,9 Mton CO₂.⁴²
- Uit huishoudens, veilingen gemeenten en waterschappen kwam in 1999 in totaal 3.280 kton GFT vrij, waarvan 50% werd gecomposteerd, terwijl het overige deel werd gestort, verbrand, of, in zeer beperkte mate (0,1 Mton) vergist. In het zelfde jaar kwam 468 kton bermgras vrij dat voor 90% werd gecomposteerd (Weterings et al., 1999). Voor de mineraleninhoud van beide reststromen wordt rekening gehouden met de volgende, afgeronde indicaties: 5 kg N en 4 kg P₂O₅ per ton GFT en 15 kg N en 5 kg P₂O₅ per ton Bermgras. Er wordt hier verondersteld dat ongeveer de helft van de gecomposteerde GFT- en bermgrasstromen al werd gebruikt als meststof of bodemverbeteraar in de Nederlandse landbouw.
- Er is sprake van overmatige aanvoer en inefficiënte benutting van nutriënten op Nederlandse landbouwgronden in de vorm van dierlijke mest en kunstmest. Van de totale hoeveelheid aangevoerde mineralen naar de Nederlandse landbouwbodem werd in 1995 slechts 39% N⁴³, 46% P en 72% K effectief benut via opname door gewassen.
- Het mineralenoverschot in de Nederlandse landbouw had in 1996, bij toepassing van de normen voor mineralenverliezen (MINAS-eindnormen) een totale omvang van 351 mln kg N en 46,7 mln kg P (= 106,9 mln kg P₂O₅).⁴⁴

⁴⁰ Centraal Bureau voor de Statistiek, *Boeren in een veranderend milieu*. Voorburg/Heerlen, 1997.

⁴¹ Ministeries van VROM, V&W en LN&V, RIVM en het CBS, *Emissies in Nederland; trends, thema's en doelgroepen, 1993 en ramingen 1994*. Publikatiereeks Emissieregistratie. Den Haag, nr. 26, oktober 1995.

⁴² De hier gehanteerde energiewaarden voor minerale kunstmeststoffen zijn resp.: 38,9 MJ per kg N; 4,3 MJ per kg P₂O₅; 2,6 MJ per kg K₂O (Brand et al., 1993). De omrekening van fosfor naar fosfaat: 1 kg P = 2,29 kg P₂O₅. De omrekening van Kali naar Kalium: 1 kg K = 1,2 kg K₂O. De gehanteerde CO₂-emissiefactoren zijn voor kunstmest: 56 kg CO₂ per GJ, ofwel: 56 mln kg CO₂ per PJ (Dasselaar et al., 1994)

⁴³ Deze benuttingsefficiëntie is berekend als de afvoer via het gewas (448 mln kg N) gedeeld door de totale aanvoer van stikstof naar de Nederlandse landbouwbodem (1019 mln kg N) + de stikstofverliezen a.g.v. vervluchtiging (108 mln kg N) in 1995.

⁴⁴ Dit mineralenoverschot is berekend als het verschil tussen het door het CBS berekende, *ecologische* mineralenoverschot en de mineralenverliezen die in 1996, bij toepassing met terugwerkende kracht van de MINAS-eindnormen voor 2003, onvermijdelijk en aanvaardbaar zouden zijn geacht. Wanneer de voorgestelde MINAS-eindnormen voor stikstof- en fosfaatverliezen voor 2003 met terugwerkende kracht zouden worden toegepast op de, in 1996 aanwezige 1,052 mln ha 'grasland' en 0,915 mln ha 'bouwland' (CBS, 1997b) dan zouden de onvermijdelijk en aanvaardbaar geachte mineralenverliezen een totale omvang hebben gehad van ongeveer 281 mln kg N en 17,3 mln kg P.

Tabel 5.1 Mineralenbalans voor Nederlandse landbouwgrond¹

	1994			1995			1996		
	Stikstof	Fosfor	Kalium	Stikstof	Fosfor	Kalium	Stikstof	Fosfor	Kalium
	<i>Mln kg</i>								
Excretie dierlijke mest	651	96	546	652	91	521	641	84	513
- vervluchtiging	124			108			108		
- netto export	18	4	10	22	5	11	13	3	6
- aanvoer naar bodem	509	92	536	522	86	510	520	81	507
Kunstmest	372	30	70	406	27	57	389	29	61
- vervluchtiging	7			8			8		
- Aanvoer naar bodem	365	30	70	398	27	57	381	29	61
Overige aanvoer naar bodem ²	38	5	8	37	5	10	38	4	10
Subtotaal aanvoer naar bodem	912	127	614	957	118	577	939	114	578
Depositie	68	2	10	62	2	10	60	2	10
Totaal aanvoer naar bodem	980	129	624	1019	120	587	999	116	588
Afvoer via gewas	447	56	425	448	55	422	470	52	426
Netto-overschot ³	533	73	199	571	65	165	529	64	162

1) Gebaseerd op N. Fong, *Mineralenbalans in de landbouw, 1995, 1996 en 1997* (CBS, 1997a; CBS, 1998)

2) Betreft retourstroom gewassen, biologische stikstofbinding, overige org. meststoffen en bestrijdingsmiddelen

3) Netto-overschot: aanvoer naar bodem + depositie – afvoer via gewas; dit overschot is voor stikstof dus exclusief een deel van de vervluchtiging van ammoniak. Inclusief deze ammoniakverliezen bedroeg het stikstofoverschot in 1996: 635 mln kg N en in 1995: 662 mln kg N (zie tabel 3). De ammoniakverliezen (1996: 94 mln kg N, 1995: 95 mln kg N) zijn dus iets kleiner dan de som van de hoeveelheden die onder de noemer ‘vervluchtiging’ in deze tabel zijn opgenomen. Dit verschil wordt o.a. veroorzaakt door het feit dat een klein deel van de uit mest en kunstmest ontweken ammoniak weer op landbouwgrond terecht komt via depositie.

- Als gevolg van mestoverschotten in mestconcentratiegebieden en ‘mesttekorten’ in mestafzetgebieden is er een noodzaak tot mestdistributie. Hierbij worden niet of nauwelijks maatregelen getroffen ter beperking van risico’s op verspreiding van ziektekiemen en onkruidzaden.
- Een bijdrage van de landbouw aan de verzuring in Nederland, vooral via de uitstoot van ammoniak (NH₃). De agrarische sector had in 1995 een aandeel van 36,7% in de totale verzurende emissie in Nederland. Het niveau van NH₃-emissies lag in 1996 (94 mln kg NH₃) nog steeds ruim boven de in het beleid vastgestelde emissiedoelstelling (80 mln kg NH₃) voor 2000 (CBS, 1997b; RIVM, 1998).
- Op grond van het geschetste mineralenoverschot kunnen indicatieve energieverliezen die het gevolg zijn van het inefficiënt gebruik van nutriënten in dierlijke mest en kunstmest worden berekend. Het mineralenoverschot in 1996 vertegenwoordigt een energiewaarde van ongeveer 14 PJ uitgedrukt in de energie nodig voor de productie van eenzelfde hoeveelheid kunstmest (0.8 Mton CO₂ equivalent, ofwel ruim 8% van het totale, directe energiegebruik door de Nederlandse landbouw in 1995).

5.1.2 Aannames bij de berekening van emissiereductie broeikasgassen door co-vergisting

Vervolgens kunnen de perspectieven van co-vergisting voor 2003 worden gekwantificeerd in vergelijking met de hiervoor beschreven referentiesituatie in 1996. Ten behoeve van deze kwantificering worden de volgende *aannames* gehanteerd.

- De totale mestproductie in 2003 bedraagt circa 72 miljoen ton, hetgeen overeenkomt met een daling van bijna 9% ten opzichte van 1995⁴⁵.
- Verondersteld wordt dat tot 75% van de totale mestproductie in 2003⁴⁶, ofwel 54 miljoen ton, wordt verwerkt in co-vergistingsinstallaties. De gemiddelde biogasproductie van mest wordt verondersteld te liggen op een niveau van 25 m³ biogas per m³ mest. De energie-inhoud van biogas is vastgesteld op 22,5 MJ per m³ biogas (Zanstra, 1994; Van Nes et al, 1990).
- De emissiereductie van methaan uit mestopslagen als gevolg van toepassing van co-vergisting van 75% van de mest wordt geschat op 0,75 Mton CO₂ equivalenten. Dit is gelijk aan een reductie van 50% ten opzichte van 1995. Via co-vergisting kunnen 50 tot 70% van de methaanemissies uit mestopslagen worden vermeden (Gerbens, 1999). Met het oog op de verwachte reductie in het totale mestvolume wordt de lage waarde van 50% aangehouden.
- Naast 54 miljoen ton mest worden in co-vergistingsinstallaties in 2003 tevens de totale hoeveelheden GFT-afval en bermgras uit 1999, respectievelijk 3.280 kton en 468 kton – dit is bijna 7 volumeprocent van de totale mestinput – verwerkt. De gemiddelde biogasproductie van GFT-afval en bermgras wordt verondersteld te liggen op een niveau van 80 m³ biogas per m³ GFT en 50 m³ biogas per m³ bermgras. De energie-inhoud van biogas is vastgesteld op 22,5 MJ per m³ biogas. De eigen energiebehoefte van een co-vergistingsinstallatie wordt geschat op 10% van de met biogas opgewekte energie (Zanstra, 1994/1999).
- Het biogas wordt ingezet als hernieuwbare energiedrager en ter vervanging van aardgas. De opwekking van 1 MJ energie met behulp van aardgas brengt een emissie van 0,055 kilo CO₂ met zich mee (Wit et al., 1997).
- Niet alleen omvang van veestapel en mestproductie bepalen hoeveel mineralen uit mest op de nederlandse bodem terecht komt maar ook oppervlakte agrarisch land, een verwachte verhoging van de (mest)productie per dier, veranderingen in de voedersamenstelling en stalregimes, de acceptatiegraad van dierlijke mest door

⁴⁵ De totale rundveemestproductie is in 2003 ten opzichte van 1995 met 10% gedaald tot 55 miljoen ton, de varkensmestproductie is met krap 15% gedaald tot een omvang van 15 miljoen ton en de pluimveemestproductie is gedaald met 20% tot 1,7 miljoen ton. Deze aannames zijn gebaseerd op een recente studie van het LEI waarin de *Economische effecten van milieubeleidsvoornemens voor de landbouw voor 2002 en 2003* zijn doorgerekend. Met het oog op de invoering van een stelsel van mestafzetovereenkomsten heeft het LEI berekend dat, als gevolg van de voorgestelde maatregelen, de omvang van de pluimveestapel zal afnemen met 20% ten opzichte van 1998, de omvang van de kalvermesterij met 10%, de omvang van de mestrundveestapel met 30% en de omvang van de varkensstapel met circa 15% (LEI, 2000; LNV, 2000).

⁴⁶ Deze 75% geldt dus voor alle mestsoorten die door de onderscheiden diersoorten – rundvee, varkens en pluimvee - worden geproduceerd.

afnemers in met name de akkerbouw en verwerking en export van mest. Ten behoeve van de eenvoud wordt hier verondersteld dat de totale hoeveelheid mineralen die uiteindelijk op Nederlandse landbouwgronden zal worden aangewend, in de zelfde mate mate afneemt als het totale mestvolume, namelijk met 9% ten opzichte van 1995. In 2003 wordt dan 593 miljoen kilo N en 83 miljoen kilo P via dierlijke mest naar Nederlandse landbouwgronden aangevoerd.

- De additionele aanvoer (in totaal 50% extra) van 1.640 kton en 234 kton vergiste GFT en Bermgras naar de landbouw voert extra mineralen naar Nederlandse landbouwgronden: 8,2 mln kg N en 2,9 mln kg P (=6,6 mln kg P_2O_5) via GFT en 3,5 mln kg N en 0,5 mln kg P (=1,2 mln kg P_2O_5) via Bermgras⁴⁷. Deze hoeveelheden worden opgeteld bij de mineralen uit dierlijke mest. Hierdoor komt de totale aanvoer van mineralen via dierlijke mest en vergiste biomassa naar Nederlandse landbouwgronden in 2003 op circa 605 miljoen kilo N en 86 miljoen kilo P.
- Een optimale inzet van de co-vergistingstechnologie het het kunstmestgebruik tot nul gereduceerd terwijl tegelijkertijd de benuttingsefficiëntie van mineralen uit dierlijke mest en vergiste biomassa vergelijkbaar is met dat van kunstmest. Het haalbaar efficiëntieniveau is 65% voor stikstof en 90% voor fosfor. Een met kunstmest vergelijkbare benuttingsefficiëntie bij gebruikmaking van fermentaat-producten uit co-vergisting lijkt op grond van literatuur een realistische veronderstelling (zie ook Hfst 2).
- Omwille van de eenvoud wordt verondersteld dat de benuttingsefficiëntie van de mineralen uit overige aanvoerbronnen (o.a. depositie en overige organische reststromen) eveneens op 'kunstmestniveau' is gebracht. Gezien de relatief geringe omvang van deze aanvoerposten ten opzichte van dierlijke mest, levert deze laatste veronderstelling geen grote 'verontreinigingen' van de berekening op.
- Het totale landbouwareaal en de verdeling over bouw- en grasland zijn in deze berekening vastgesteld op basis van gegevens over 1996. Ten slotte wordt verondersteld dat de hoeveelheden aan- en afgevoerde mineralen via respectievelijk 'overige aanvoer naar bodem' en 'netto export', op het zelfde niveau gehandhaafd blijven als in 1995.

⁴⁷ Er wordt hier gerekend met 5 kg N en 4 kg P_2O_5 per ton GFT en 15 kg N en 5 kg P_2O_5 per ton bermgras.

5.1.3 Potentiele emissiereductie via co-vergisting op macro-niveau

Op grond van de hiervoor beschreven aannames en uitgangspunten kan een reductie van emissie van broeikasgassen uit de landbouw in Nederland bij toepassing van co-vergisting worden berekend van totaal 4,2-4,5 Mton CO₂-equivalenten (tabel 5.2, variant 4). Bij toepassing van co-vergisting op alle mest wordt een reductie van 5,0-5,3 Mton CO₂-equivalenten berekend (tabel 5.2, variant 4). Hierbij wordt maximaal gebruik gemaakt van kunstmestsubstitutie en van benutting van nutriënten uit organische mest- en reststoffen in de Nederlandse landbouw. Ook de additionele milieuvoordelen kunnen worden berekend.

De berekende reductie is gebaseerd op:

1. Een omvangrijke productie van duurzame energie uit mest en organische reststromen van circa 1.678 miljoen m³ biogas, waarmee in totaal netto circa 33,2 PJ⁴⁸ energie kan worden opgewekt. Dit is gelijk aan ongeveer 20% van het totale directe energiegebruik in de landbouw in 1995. De reductie in emissies bedraagt 1,8 Mton CO₂-equivalenten via vervanging van aardgas door biogas
2. Het vermijden van emissies van methaan uit mestopslagen ter grootte van 0,75 Mton CO₂-equivalenten
3. Een substantiële reductie van het indirecte energiegebruik door vervanging van kunstmest. Bij volledige kunstmestsubstitutie kan ten opzichte van 1995 een totale energiebesparing van 16,2 PJ worden gerealiseerd. De reductie in emissies bedraagt 0,9 Mton CO₂-equivalenten
4. Een substantiële reductie in de emissie van lachgas door vervanging van kunstmeststikstof door dierlijke mest en door een verlaging van het gebruik van stikstof in de landbouw met ongeveer 280 kton. De reductie in emissies bedraagt 0,75 Mton CO₂-equivalenten.
5. De potentiële emissiereductie is waarschijnlijk hoger als lagere N₂O-emissies door efficiënter gebruik van mineralen uit mest en vermijden van kunstmestgebruik worden meegerekend en indien de uitspoeling via nitraat (indirecte emissies van lachgas) lager wordt: De reductie in emissies wordt geschat op 0,3 Mton CO₂-equivalenten.

⁴⁸ Het aandeel van de verschillende inputs in de biogasproductie bedraagt respectievelijk 1.350 miljoen m³ biogas via mest + 262,4 miljoen m³ biogas via GFT + 23,4 miljoen m³ biogas via bermgras = 1635,8 miljoen m³ biogas in totaal. Dit komt overeen met een energieproductie van resp. 30,4 PJ uit mest + 5,904 PJ uit GFT + 0,526 PJ uit bermgras = 36,83 PJ energie uit biogas. Gecorrigeerd voor 10% eigen energieverbruik van de installaties levert dit netto 33,15 PJ energie op.

De overige milieuvoordelen zijn:

- Het mineralenoverschot in de Nederlandse landbouw wordt structureel opgelost⁴⁹. Dit doel kan alleen kan worden gerealiseerd indien het kunstmestgebruik drastisch wordt teruggedrongen en indien co-vergisting onderdeel is van een breder pakket aan maatregelen waarin mestdistributie en mestmanagement op agrarische bedrijven in vergaande mate zijn geoptimaliseerd.
- Een gereduceerde bijdrage van de landbouw aan de verzuring via een lagere uitstoot van ammoniak als gevolg van verbeterde benutting van stikstof in dierlijke mest en terugdringing van het gebruik van stikstofkunstmest⁵⁰.
- Een verminderde uitputting van niet-hernieuwbare grondstoffen als fossiele brandstoffen en fosfaatertsen via de productie van duurzame energie uit mest en via de terugdringing van het kunstmestgebruik.
- Een terugdringing van de verspreiding van problematische stoffen, met name zware metalen, via kunstmest⁵¹ en via gewenste aanpassingen in de samenstelling van veevoeders
- Een sterk verminderde druk op de (agro)biodiversiteit in Nederland, vooral vanwege de gereduceerde bijdragen van de landbouw aan de vermisting, verzuring en verspreiding en de terugdringing van het kunstmestgebruik.
- Een vermindering van (risico's van) verbreiding van ziektekiemen en onkruidzaden via distributie van dierlijke mest.

⁴⁹ Op grond van de beschreven aannames bedragen de mineralenverliezen voor 2003 246 miljoen kilo stikstof en 9 miljoen kilo fosfor (20,6 mln kg P₂O₅). Deze verliezen vallen *binnen* de marges van 281 miljoen kilo stikstof en 17,3 miljoen kilo fosfor (= 39,6 mln kg P₂O₅), die op het in 1996 aanwezige landbouwareaal bij toepassing van de MINAS-eindnormen onvermijdelijk en aanvaardbaar zijn geacht.

Ter toelichting: de benuttingsefficiëntie op macroniveau is de ratio van de 'totale aanvoer van mineralen naar Nederlandse *landbouw* gedeeld door de totale afvoer via het gewas' (zie tabel). De aanduiding '*landbouw*' in plaats van '*landbouwgrond*' is vooral van belang voor stikstof omdat hiermee wordt aangegeven dat de stikstofverliezen door vervluchtiging *wel* worden meegenomen in de berekening van de totale aanvoer. Dit ligt ook voor de hand aangezien een verbeterde benutting van stikstof mede tot uitdrukking zal komen in een gereduceerde vervluchtiging van onder andere ammoniak. De mineralenverliezen, bij een generieke verbetering van de benuttingsefficiëntie tot de genoemde niveaus in 2003, kunnen nu worden berekend.

Perspectief 2003	Stikstof	Fosfor
	<i>mln kg</i>	
Excretie dierlijke mest, incl. Vervluchtiging en excl. export	605	81
Kunstmest	0	0
Overige aanvoer naar bodem	37	5
Depositie	62	2
Totaal aanvoer naar landbouw	704	88
Afvoer via gewas	(0,65 x 726 =) 458	(0,9 x 88 =) 79
Netto-mineralenverliezen	246	9

⁵⁰ De omvang van deze reductie is moeilijk te kwantificeren door de vele invloedsfactoren, maar in totaal ontweek er in 1996 116 miljoen kilo stikstof via de vervluchtiging van ammoniak uit dierlijke mest (108 mln kg N) en kunstmest (8 mln kg N).

⁵¹ Ter indicatie: wanneer er in 1995 geen kunstmest zou zijn gebruikt, zou er in totaal 75.900 kg minder koper (was: 690.000 kg), 924.000 kg minder zink (was: 1.540.000 kg) en 990 kg minder cadmium (was: 3000 kg) over Nederlandse landbouwgronden zijn verspreid.

5.1.4 Reductiepotentieel bij lagere doordringing van co-vergisting in Nederland

5.1.4.1 Beperking van de beschikbare hoeveelheid mest

Realisatie van een zo omvangrijke inzet van co-vergisting in de landbouw is waarschijnlijk niet haalbaar, zeker niet op korte termijn. Voor dat doel wordt de realiseerbare reductie van emissies van broeikasgassen aangegeven voor situaties waarin niet 75%, maar slechts 10, 25 of 50 % van de dierlijke mest via co-vergisting zal worden verwerkt en wordt toegepast binnen de landbouw (tabel 5.2). Daartoe wordt de hoeveelheid reststoffen die als co-substraat worden gebruikt op hetzelfde (lage) niveau gehouden maar zijn niet meer dan 25% op volumebasis (tabel 5.2, varianten 1-3). De geschatte emissiereductie belooft dan van 0,7 tot 1,5 en 3,0 Mton CO₂-equivalenten bij toepassing van co-vergisting op respectievelijk 10, 25 of 50% van de mest in Nederland.

5.1.4.2 Lagere efficiëntie van biogasproductie

De biogasproductie voor mest (25 m³ biogas/m³ mest) is vrij hoog ingeschat en beïnvloed uiteraard de haalbare emissiereductie (tabel 5.2 en 5.3, varianten hoog en laag). In de jaren '80 werd er met mestvergisting een gasproductie van gemiddeld zo'n 18 m³ biogas/m³ mest gerealiseerd (Van Nes et al., 1990). De biogasproductie is erg gevoelig voor de versheid van de mest. Vanwege natuurlijke vergisting tijdens vooropslag kan de biogasproductie al na twee weken teruglopen van ongeveer 25 tot ongeveer 20-18 m³ biogas/m³ mest. Een snelle afvoer van de mest, na excretie in de stal, is dus geboden. Een dergelijke bedrijfsvoering past overigens uitstekend bij het streven naar beperking van NH₃-emissies uit stallen.

5.1.4.3 Grotere beschikbaarheid van co-substraat

De beschikbare hoeveelheid co-substraat voor toepassing in co-vergisting is kleiner dan de hoeveelheid die kan worden verwerkt. Als additionele substraten zijn gewasresten uit de akkerbouw geschikt. Een aantal gewasresten leveren een aanzienlijke bijdrage aan de emissie van lachgas uit de landbouw in Nederland en de omvang daarvan is afhankelijk van het gewas (zie ROB-gewasresten Cluster 1). Een mogelijk gunstig alternatief is een deel van de gewasresten te verwerken in co-vergistingsinstallaties en zo emissies van lachgas op het veld in het winterseizoen te voorkomen. In tabel 5.4 en 5.5 zijn berekeningen uitgevoerd waarbij enerzijds gewasresten en anderzijds flotatieslibben als co-substraat worden toegepast. De emissiereductie loopt dan op van 4,2 naar 4,6 tot 5,1 Mton CO₂-equivalenten.

5.1.5 Aantal installaties en kostenindicatie

Co-vergisting van 54 miljoen ton mest en bijna 4 miljoen ton organische reststromen vereist een enorme inspanning bij de bouw van installaties. Een eenvoudig

reken-sommetje leert dat tussen 200 en 600 installaties nodig zijn afhankelijk van de capaciteit.

Totale biomassa co-vergisting	Aantal benodigde installaties 300.000 ton/jaar	Aantal benodigde installaties 100.000 ton/jaar
58 mln ton	ca. 97 (50% vd totale massa)	ca. 290 (50% vd totale massa)
58 mln ton	ca. 38 (20% vd totale massa)	ca. 464 (80% vd totale massa)
29 mln ton	ca. 48 (50% vd totale massa)	ca. 145 (50% vd totale massa)
29 mln ton	ca. 19 (20% vd totale massa)	ca. 232 (80% vd totale massa)

Gezien het feit dat er in Denemarken tot nog toe ‘slechts’ 22 grootschalige (ca. 100.000 ton/jaar) centrale installaties zijn gebouwd en gezien de ervaringen in Nederland met de aanleg van windmolens (die vanwege allerlei NIMBY-effecten telkenmale achterblijft bij de verwachtingen) en gezien de grote concentratie van mest in twee regio’s in Nederland, lijkt enige terughoudendheid gepast bij het formuleren van verwachtingen mbt haalbare realisatie van co-vergistingsinstallaties (verspreidingsgraad). Het sommetje maakt tevens duidelijk dat er met het oog op de ruimtelijke ordeningseffecten reden is om serieus naar mest- en co-vergisting op boerderijschaal te kijken. Overigens is in Duitsland in minder dan 5 jaar een capaciteit opgebouwd van bijna 1 miljoen ton per jaar in 14 Centrale Vergistingsinstallaties (zie hoofdstuk 5). Daarnaast draaien in Duitsland ruim 300 kleinere installaties met een capaciteit van minder dan 10000 ton per jaar. Samen goed voor 4 miljoen ton.

Een globale indicatie van de kosten van dit macro scenario voor Nederland kan eenvoudig worden gemaakt als wordt aangenomen dat de investeringskosten van reactoren per m³ reactorinhoud 1500 gulden, de verblijftijd van mest in de reactor 30 dagen is en de bedrijfstijd 350 dagen bedragen (persoonlijke communicatie, Zanstra). Deze kosten zijn bijna 7 miljard NLG voor de benodigde vergistingsinstallaties bij verwerking van 75% van alle mest (54.000.000*1500*30/350). Bij een beperking van emissies van broeikasgassen van 4-5 Mton CO₂-equivalenten en indien de afschrijving van de installatie in 10 jaar plaats vindt, bedragen de kosten 175-140 gulden per vermeden ton CO₂-equivalent. Deze emissie reductie is blijvend en kent geen maximum. Indien slechts 10 –25 % van de mest (7 – 18 miljoen ton) met co-vergisting wordt bewerkt, is de emissiereductie ongeveer 0.7 – 1.5 Mton CO₂-equivalenten en de kosten 0,9 – 2,3 miljard gulden. De kosten per vermeden ton CO₂-equivalenten bedragen dan 130 – 150 gulden. Bij deze berekening zijn we uitgegaan van kostendekkend exploiteren van de vergistingsinstallaties: tegenover deze kosten staan vaste baten staan in de vorm van inkomsten uit biogas en verwerking van organisch afval. Het is niet duidelijk in hoeveel van de investeringskosten kunnen worden terugverdiend bij co-vergistingsinstallaties. Een subsidie tot 25% is naar alle waarschijnlijkheid voldoende om kostendekkend en met terugverdienen van investeringskosten te kunnen draaien.

De netto-kosten per vermeden ton CO₂-equivalenten van co-vergisting kunnen naar verwachting substantieel afnemen en op korte termijn (<10 jaar) zelfs negatief worden zodat er winst wordt gemaakt. Dit is onder meer afhankelijk van de ontwikkelingen op het terrein van groene energie en verwerking afvalstromen. Er is goede hoop dat voor co-vergisting op korte termijn uitzicht bestaat om een rendabele optie voor de reductie van broeikasgasemissies te vormen.

Tabel 5.2 Energieproductie bij toepassing van co-vergisting op verschillende hoeveelheden mest en organische reststromen in Nederland

	Variant 1.		Variant 2.		Variant 3.		Variant 4.		Variant 5.	
	10% mest; 20% kmest		25% mest; 40% kmest		50% mest; 80% kmest		75% mest; 100% kmest		100% mest; 100% kmest	
	7,2 Mton mest		18 Mton mest		36 Mton mest		54 Mton mest		72 Mton mest	
	1,64 Mton GFT		3,28 Mton GFT		3,28 Mton GFT		3,28 Mton GFT		3,28 Mton GFT	
	0,234 Mton Bermgras		0,468 Mton Bermgras		0,468 Mton Bermgras		0,468 Mton Bermgras		0,468 Mton Bermgras	
	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag
	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ
Biogas uit mest	4,1	2,9	10,1	7,3	20,3	14,6	30,4	21,9	40,5	29,2
Biogas uit GFT	0,6	0,4	1,5	1,0	3,0	2,1	5,9	3,2	5,9	4,2
Biogas uit Bermgras	0,1	0	0,1	0,1	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5	0,4
Subtotaal biogas	4,8	3,3	11,7	8,4	23,6	16,9	36,8	25,4	46,9	33,8
-10% correctie eigen energiegebruik	0,5	0,3	1,2	0,8	2,4	1,7	3,7	2,5	4,7	3,4
Totale energieproductie biogas	4,3	3,0	10,5	7,6	21,2	15,2	33,1	22,9	42,2	30,4
Totale energiebesparing kunstmest	3,2	3,2	6,5	6,5	13,0	13,0	16,2	16,2	16,2	16,2
Totaal	7,5	6,2	17,0	14,1	34,2	28,2	49,2	39,1	58,4	46,6

Tabel 5.3 Reductie van emissies van broeikasgassen bij toepassing van co-vergisting op verschillende hoeveelheden mest in Nederland

	Variant 1. Mton Ceq		Variant 2. Mton Ceq		Variant 3. Mton Ceq		Variant 4. Mton Ceq		Variant 5. Mton Ceq	
	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag
Via biogas productie (CO ₂)	0,24	0,17	0,58	0,42	1,17	0,84	1,82	1,26	2,32	1,65
Via lagere kunstmestproductie (CO ₂)	0,18	0,18	0,36	0,36	0,73	0,73	0,91	0,91	0,91	0,91
Reductie methaan (CH ₄) uit opslag	0,10	0,10	0,25	0,25	0,50	0,50	0,75	0,75	1,00	1,00
Lachgas bij toepassing ⁵²	0,15	0,15	0,30	0,30	0,60	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75
Minder lachgas na uitspoeling	pm	pm	Pm	pm	pm	Pm	Pm	pm	pm	Pm
Totaal	0,67	0,60	1,49	1,33	3,00	2,67	4,23	3,67	4,98	4,31

Biogas productie Hoog 100%

- 25 m³ biogas per m³ mest;
- 80 m³ biogas per m³ GFT en
- 50 m³ biogas per m³ bermgras

Biogas productie Laag (72%)

- 18 m³ biogas per m³ mest;
- 58 m³ biogas per m³ GFT en
- 36 m³ biogas per m³ bermgras

1 PJ energie opgewekt met aardgas = 0,055 Mton Ceq

De gehanteerde CO₂-emissiefactoren zijn voor kunstmest: 56 kg CO₂ per GJ, ofwel: 0,056 Mton CO₂ per PJ (Dasselaar et al., 1994).

⁵² De emissiefactor voor lachgas bij kunstmest is 1.25%; verschillende bronnen geven aan dat de emissiefactor voor toepassing dierlijke mest (veel) lager is dan 1. Hier wordt daarom 0.6% gehanteerd (zie ROB-bemesting). Een besparing van 400 kton kunstmest N levert dan een besparing op van 0.60 x 400 kton N op en dit is gelijk aan (310 maal) ruim 0,75 CO₂ equivalenten

Tabel 5.4 Energieproductie bij toepassing van co-vergisting op mest (75%) en en verschillende hoeveelheden organische reststromen in Nederland

	Variant 4.		Variant 4a.		Variant 4b.		Variant 4c.	
	75% mest; 100% k.mest		75% mest; 100% k.mest		75% mest; 100% k.mest		75% mest; 100% k.mest	
	54 Mton mest en 3,28 Mton GFT en 0,468 Mton Bermgras		Variant 4 + 3,75 Mton Gewasresten		Variant 4 + 7,5 Mton Gewasresten		Variant 4 + 7,5 Mton Gewasresten + 1Mton flotatieslibben	
	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag
	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ	PJ
Biogas uit mest	30,4	21,9	30,4	21,9	21,9	21,9	30,4	21,9
Biogas uit GFT	5,9	3,2	5,9	3,2	3,2	3,2	5,9	3,2
Biogas uit Bermgras	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3
Biogas uit oogst-/voerresten			7,6	5,5	15,2	11,0	15,2	11,0
Biogas uit flotatieslibben							3,0	2,2
Subtotaal biogas	36,8	25,4	44,4	30,9	52,0	36,4	55,0	38,6
-10% correctie eigen energiegebruik	3,7	2,5	4,4	3,1	5,2	3,6	5,5	3,9
Totale energieproductie biogas	33,1	22,9	40,0	27,8	46,8	32,8	49,5	34,7
Totale energiebesparing kunstmest	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2
Totaal	49,2	39,1	56,2	44,0	63,0	49,0	65,7	50,9

Tabel 5.5 Reductie van emissies van broeikasgassen bij toepassing van co-vergisting op verschillende hoeveelheden mest in Nederland

	Variant 4. Mton Ceq		Variant 4a. Mton Ceq		Variant 4b. Mton Ceq		Variant 4c. Mton Ceq	
	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag
Via biogas productie (CO ₂)	1,82	1,26	2,20	1,53	2,57	1,80	2,72	1,91
Via lagere kunstmestproductie (CO ₂)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Reductie methaan (CH ₄) uit opslag	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Lachgas bij toepassing	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Minder lachgas na uitspoeling	Pm	pm	pm	pm	Pm	pm	pm	pm
Totaal	4,23	3,72	4,61	3,94	4,98	4,23	5,13	4,32

Biogas productie Hoog 100%

- 25 m³ biogas per m³ mest;
- 80 m³ biogas per m³ GFT en
- 50 m³ biogas per m³ bermgras
- 90 m³ biogas per m³ Oogst-/voerresten
- 135 m³ biogas per m³ Flotatieslibben

1 PJ energie opgewekt met aardgas = 0,055 Mton Ceq

De gehanteerde CO₂-emissiefactoren zijn voor kunstmest: 56 kg CO₂ per GJ, ofwel: 0,056 Mton CO₂ per PJ (Dasselaar et al., 1994).

Biogas productie Laag (72%)

- 18 m³ biogas per m³ mest;
- 58 m³ biogas per m³ GFT en
- 36 m³ biogas per m³ bermgras
- 65 m³ biogas per m³ Oogst-/voerresten
- 97 m³ biogas per m³ Flotatieslibben

5.2 Potentie van co-vergisting op micro-niveau

In deze paragraaf wordt ingegaan op het effect van co-vergisting op het energiegebruik bij mestverwerking en hergebruik als meststof ter vervanging van stikstofkunstmest in de landbouw (5.2.1). Daarnaast wordt een voorbeeld van een Centrale Vergistingsinstallatie uitgewerkt (5.2.2).

5.2.1 Mogelijkheden op micro-niveau

Een positieve danwel negatieve bijdrage van mestverwerking aan het ontstaan van CO₂-emissies is op installatieniveau direct afhankelijk van het netto fossiele energiegebruik van het gehele mestverwerkingsproces. Een positieve netto energiebalans met de daaraan gekoppelde productie van hernieuwbare energie uit biomassa impliceert in dit verband meestal dat er op microniveau sprake is van een reductie van CO₂-emissies. Een negatieve netto energiebalans heeft op installatieniveau meestal het tegenovergestelde effect: een toename van CO₂-emissies.

In tabel 5.6 wordt een indicatieve berekening gepresenteerd van het netto-effect op het energiegebruik van verschillende mestverwerkingsscenario's *in de keten van 'kont tot grond'*. Zo kan een indruk worden gegeven van de hoeveelheid energie die het kost of oplevert om een ton van een bepaalde mestsoort eerst te verwerken en, indien mogelijk, vervolgens te hergebruiken als meststof ter vervanging van stikstofkunstmest. Op basis van onder meer de energie-inhoud van vier mestsoorten en van N-kunstmest is de netto energieproductie, c.q. –consumptie berekend 7 scenario's voor verwerking en aanwending van dierlijke mest worden zeven scenario's gepresenteerd waarvoor het netto-effect op het energiegebruik van zeven verschillende scenario's is berekend (zie ook aanhangsel 5).

Alleen bij vergisten (1, 4 en 6) van mest is de netto emissie negatief en kost het procedé geen energie zoals het geval is bij alle andere vormen van mestverwerking.

Tabel 5.6 Netto CO₂ emissie voor zeven scenario's van mestverwerking met 3 soorten dierlijke mest.

Scenario	Mestverwerking	Mestsoort	Netto CO ₂ -emissie in 100 kton
			kton CO ₂
1	vergisten	Vleesvarkendrijfmest (VVDM)	-2.591
2	scheiden/beluchten	VVDM	1.573
3	in-/verdampen	VVDM	4.543
4	vergisten	Pluimveedrijfmest (PVDM)	-4.983
5	drogen/verbranden	PVDM	11.450
6	vergisten	Zeugendrijfmest (ZM)	-1.414
7	in-/verdampen	ZM	4.708

In aanhangsel 5 (vergelijking mestverwerkingsalternatieven) is aangetoond dat het netto-effect van mestverwerking op het gebruik van fossiele brandstoffen in de keten, vooral afhankelijk is van de gehanteerde systeemgrenzen in de berekening van energiekosten van mestverwerking en van de mate waarin stikstofkunstmest kan worden vervangen door verwerkte mestproducten. Dit gegeven leidt ertoe dat met name de toepassing van mestverbranding of –vergassing, ondanks netto energie-opwekking op installatieniveau, op ketenniveau doorgaans zal resulteren in een netto gebruik van fossiele energie en in additionele CO₂-emissies.

In de tweede plaats moet worden opgemerkt dat dierlijke mest een belangrijke rol kan spelen bij de benutting van een in potentie omvangrijke ‘put’ voor vastlegging van broeikasgassen, in deze: landbouwbodems (Drinkwater, 1998). Aangezien de koolstof- en stikstofvoorraden in landbouwgronden in de afgelopen decennia vooral achteruit zijn gegaan in gebieden waar moderne landbouwmethoden zijn en worden toegepast, kan redelijkerwijs worden aangenomen dat een dergelijke ‘put’ voor opslag van broeikasgassen ook in de Nederlandse landbouw aanwezig zal zijn; op de stuifgevoelige agrarische zandgronden bij voorbeeld. Wanneer via mestbewerking koolstof en stikstof uit dierlijke mest worden verwijderd, kan deze kans op beperking van het antropogene broeikaseffect niet worden benut. Of sterker: wanneer de koolstofvoorziening op landbouwgronden via het gebruik van organische meststoffen structureel achterblijft bij hetgeen nodig is voor de instandhouding van een vitale humuslaag, dan zullen voortgaande mineralisatieprocessen ertoe bijdragen dat deze landbouwgronden een bron van broeikasgasemissies worden of blijven.

Ook met betrekking tot de gewenste reductie van CH₄- en N₂O-emissies brengt de inzet van mestverwerking zowel kansen als risico's met zich mee. Hierover is nog veel onbekend. Het netto resultaat is mede afhankelijk van de toegepaste basistechnieken, de aansturing van de installatie, de mestopslag en de mestbehandeling rond de installatie en de gehanteerde referentiesituatie zonder mestverwerking. Hier wordt ervan uitgegaan dat mest, in de referentiesituatie zonder inzet van verwerkingstechnieken, emissie-arm wordt opgeslagen en aangewend. Op basis van de nu beschikbare informatie kunnen de volgende algemene richtlijnen worden vastgesteld voor beoordeling van risico's op installatieniveau op uitstoot van methaan en lachgas bij mestverwerking.

- Toepassing van vergistings- verbrandings- en vergassingstechnieken biedt een reële mogelijkheid tot het reduceren van CH₄-emissies uit mest. Voor een optimale benutting van deze mogelijkheid dient de biomassa wel zo vers mogelijk te worden verwerkt. Bij vergisting moeten bovendien voorzieningen worden getroffen als een gasdichte na-opslag en eventueel een affakkelveorziening. Bij het vaststellen van de benodigde voorzieningen en beheers- en voorzorgsmaatregelen kan gebruik worden gemaakt van de ruime ervaring die met mest- en co-vergisting is opgedaan in de ons omringende landen, met name Denemarken en Duitsland.
- Toepassing van beluchtings- en open composteringstechnieken brengt een verhoogd risico op N₂O-emissies uit mest met zich mee. Het N₂O-emissieniveau kan bij gebruik van deze technieken worden gereduceerd via een gerichte aansturing van de installatie. Hiermee is echter nog weinig ervaring opgedaan.

Bovendien zijn er risico's op het ontstaan van andere ongewenste emissies, in het bijzonder NH₃- en NO_x-emissies. Nader onderzoek lijkt derhalve gewenst.

- Bij toepassing van verbrandings- en vergassingstechnieken is er een kans op het ontstaan van N₂O-emissies. Mede omdat hierover weinig bekend is, zou dit nader onderzocht moeten worden.
- Opslag van dikke fracties (>20% d.s.) brengt een verhoogd risico op zowel CH₄-emissies als N₂O-emissies met zich mee. Regelmatige beluchting kan hierbij uitkomst bieden.

Tegen deze achtergrond wordt in tabel 5.7 een overzicht gegeven van de beoordeling van effecten van specifieke mestverwerkingsopties in relatie tot het thema *Klimaatverandering*.

Tabel 5.7 Beoordeling specifieke mestverwerkingsopties in relatie tot Klimaatverandering

Activiteiten en segmenten in de keten	Te verwachten effecten op broeikasgasemissies	Beoordeling
Netto opwekking van hernieuwbare energie uit biomassa in mestverwerkinginstallatie	Reductie van CO ₂ -emissies via vervanging van fossiele brandstoffen door hernieuwbare energie uit biomassa	+
Bij oxidatie van bestendige organische stof tijdens mestverwerking (bij verbranding, vergassing en natte chemische oxidatie)	Additionele CO ₂ -emissies a.g.v. een tekortschiende toevoer van organische (mest)stoffen naar landbouwbodems en de voortgaande <i>natuurlijke</i> afbraak van organische stof (Bodemdegradatie)	-
Verhoging van de haalbare N-benuttingsefficiëntie (70-90% t.o.v. kunstmest) in verwerkte meststoffen, efficiënte aanwending van verwerkte meststoffen en vervanging van kunstmest op primaire agrarische bedrijven	Reductie van CO ₂ - en N ₂ O-emissies bij productie en aanwending van kunstmest	+
Bij substantiële verliezen (10-50%) van stikstof uit biomassa ¹ tijdens mestverwerking in installatie zonder terugwinning van stikstof	Instandhouding van CO ₂ - en N ₂ O-emissies bij productie en aanwending van kunstmest	-
Bij omvangrijke verliezen (51-100%) van stikstof uit biomassa ¹ tijdens mestverwerking in installatie zonder terugwinning van stikstof	Instandhouding en/of vergroting van CO ₂ - en N ₂ O-emissies bij productie en aanwending van kunstmest	--
Bij vermindering van de beschikbaarheid van fosfor en kalium voor bemestingsdoeleinden	Instandhouding van CO ₂ - en N ₂ O-emissies bij productie en aanwending van P- en K-kunstmest	-
Bij inzet van verbranding, vergassing en/of (co-)vergisting in mestverwerkinginstallatie	Reductie van CH ₄ -emissies uit biomassa	+
Bij inzet van compostering en/of beluchting in mestverwerkinginstallatie	Additionele N ₂ O-emissies uit biomassa	-

¹ Biomassa = mest, al of niet vermengd met organische reststromen.

5.2.2 Resultaatverwachting in een Centrale Vergistings Installatie (CVI)

Bij het verbranden van methaan komt energie vrij. Een typische installatie in Denemarken verwerkt per jaar 80.000 m³ mest. Na co-vergisting levert de methaan die in deze installatie geproduceerd wordt 75 TJ energie. Dit komt overeen met een beperking van de CO₂ uitstoot van 0,004 Mton CO₂. In Denemarken wordt middels co-vergisting momenteel 1100 TJ aan energie geproduceerd. Dit leidt tot een besparing op het gebruik van fossiele brandstoffen en emissie van 0.06 Mton CO₂. Daarbij komt 50% van de energie uit mest en 50% uit co-substraten.

Als voorbeeld voor de potentie van co-vergisting op micro-niveau in Nederland wordt een berekening voor een proefinstallatie in Ysselsteyn gepresenteerd (tabel 5.8). Een tiental veehouderijen leveren samen 15.000 ton dierlijke rundvee- en varkensmest aan een centrale vergistings installatie. Organische reststromen met een omvang van 10.000 ton (Swill uit voedselverwerkende industrie) wordt naar de centrale vergistings installatie gebracht. In een verhouding van 50 : 10 : 40 wordt de runder-, varkensmest en swill in een vergister gebracht. Het fermentaat wordt gedeeltelijk weer afgezet bij de boeren in de omgeving⁵³. De vergister produceert per jaar 1.070.000 m³ biogas dat wordt omgezet in elektriciteit en teruggeleverd aan het net als groene stroom. De warmte wordt lokaal hergebruikt. Na vergisting wordt het fermentaat gedeeltelijk ontdaan van ammonium stikstof. Deze wordt in ammonium nitraat omgezet en is zo toepasbaar als kunstmestvervanger. Het fermentaat wordt dan fysisch gescheiden in een dunne en dikke fractie. De dunne fractie (60%) wordt afgezet bij veehouders dichtbij de vergistings installatie. De dikke fractie wordt vervoerd naar akkerbouwers. De dikke fractie is verrijkt met fosfor, terwijl de dunne fractie minder fosfor bevat. Hierdoor voeren veehouders netto fosfor af van hun bedrijf.

Tabel 5.8 Emissiereductie bij toepassing van co-vergisting in de proefcentrale bij Ysselsteyn (referentie)

	Regionale CVI	100 installaties op Nationale schaal
	Kton CO ₂ -eq per jaar	Mton CO ₂ -eq per jaar
Productie biogas	1,29	0,13
Vermeden methaan emissie uit opslag	0,54	0,05
Vervanging kunstmest	0,14	0,01
Vervanging compostering swill	1,43	0,14
Vervanging kunstmeststikstof		
Totaal	3,39	0,33

⁵³ Als gevolg van de menging van mest met organische reststromen in de CVI en door de toepassing van scheidingstechnieken (vijzelpers en ammoniakstrippen) op het ongescheiden fermentaat bevat het *dunne* fermentaat, dat door de aangesloten veehouders weer wordt afgenomen, *minder fosfaat* dan de aangeleverde mest. Dit fosfaat is door de verschillende bewerkingen namelijk geconcentreerd in het *dikke* fermentaat dat wordt afgevoerd naar de akkerbouw. Aanbod van mest en afname van een overeenkomstige hoeveelheid dun fermentaat betekent derhalve voor de aangesloten veehouders een netto-afvoer van fosfaatoverschot van het bedrijf.

6 Mestverwerking in de praktijk

Bij co-vergisting zijn direct en indirect relatief veel belanghebbende partijen zijn betrokken – veehouders, energiebedrijf, afvalaanbieder/–verwerker en eindgebruikers van vergiste mestproducten in de akker- en tuinbouw – en het is dan ook niet eenvoudig een succesvol project te organiseren. Bij de ontwikkeling van co-vergistingsprojecten in Nederland ontbreekt het tot dusver vooral aan (verenigingen van) partijen die niet alleen een voortrekkersrol willen vervullen, maar ook de bijbehorende financiële risico's willen dragen. De vaak ondoorzichtige en niet altijd even consistente regelgeving is in dit verband een belangrijke complicerende factor.

In dit hoofdstuk worden een aantal wet- en regelgevings (6.1), organisatorische en sociale aspecten (6.2) besproken die van belang zijn om via co-vergisting een duurzame ontwikkeling en reductie van emissies te bereiken. Vervolgens wordt een systeem voor kwaliteitsborging voorgesteld (6.3).

6.1 Beleid, wet- en regelgeving

6.1.1 Beoordeling nieuwe meststoffen

Voor de beoordeling van (nieuwe) meststoffen die met behulp van mestverwerking worden voortgebracht, is het BGDM (Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen) het normstellend kader zolang de (nieuwe) meststoffen voortkomen uit een mestverwerkingsproces waarin 50% van de organische grondstoffen bestaat uit dierlijke mest. Dit betekent in de praktijk dat dierlijke mest na co-vergisting nog steeds onder dezelfde regelgeving valt als niet vergiste mest. Hiermee is een belangrijk knelpunt weggenomen inzake acceptatie en toepassingsmogelijkheden in de praktijk.

6.1.2 Stimulering en regulering van duurzame energie en hergebruik van grondstoffen

Co-vergisting maakt hergebruik van nutriënten mogelijk. Dit pas in de moderne filosofie om kringlopen (van C en van N in dit geval) zoveel mogelijk te sluiten. Deze filosofie is nog niet altijd vertaald in passend beleid.⁵⁴ Marktpartijen concentreren

⁵⁴ In afwijking van het thematisch georiënteerde milieubeleid is de wet- en regelgeving georiënteerd op de compartimenten lucht, bodem en water. Hierdoor worden afwentelingsmechanismen, die er voor zorgen dat mestgerelateerde milieuproblemen worden 'verschoven' naar andere milieuc compartimenten, het buitenland en/of de toekomst, onvoldoende onderkend en tot op zekere hoogte versterkt. Diverse vormen van verkokering hebben er mede toe bijgedragen dat er in de Nederlandse landbouw vanuit ecologisch perspectief tot dusver uiterst inefficiënt gebruik is gemaakt van dierlijke mest en kunstmest. Bekende voorbeelden van verkokering uit het recente verleden zijn het weglaten van stikstof en kunstmestgiften bij het stellen van aanvoernormen voor mineralen (N-/P-) naar gras- en bouwland in het kader van de tweede fase van het mest- en ammoniakbeleid.

zich vooral op nutriëntenverwijdering via mestverwerking. Dit wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de huidige wet- en regelgeving⁵⁵ die onvoldoende stimulans biedt voor meer duurzame vormen van mestverwerking. De wet- en regelgeving met betrekking tot mest is niet thematisch georiënteerd zoals het milieubeleid dat wel is. Dit leidt tot afwentelingsmechanismen waarbij mestgerelateerde milieuproblemen waaronder emissie van broeikasgassen worden ‘verschoven’ (en soms zelfs versterkt) naar andere milieucompartimenten, het buitenland en/of de toekomst.

Het MINAS in combinatie met de regulerende heffingen op mineralenverliezen kan worden beschouwd als een eerste aanzet tot meer integrale regelgeving gericht op een ecologisch efficiënte benutting van koolstof en stikstof in de agro-industriële productiekolom. Deze regelgeving is echter alleen van toepassing op primaire agrarische bedrijven. Bovendien ontbreekt koolstof in de MINAS-boekhouding. Deze ‘integraliteitstekorten’ in de MINAS-regelgeving stimuleren onder andere de export van (verwerkte) mestoverschotten naar het buitenland. Dit is vanuit duurzaam perspectief ongewenst omdat export van mest gepaard gaat met extra gebruik van fossiele brandstoffen voor mestverwerking en transport. Bovendien vermindert mestexport de noodzaak om op de binnenlandse mestmarkt te besparen op kunstmest en efficiënter gebruik te maken van de beschikbare organische mest- en reststromen.

6.1.3 Bemestende waarde van producten van co-vergisting

Verwerking van mest met (co-)vergisting biedt goede mogelijkheden tot bevordering van een ecologisch efficiënt gebruik en behoud van nutriënten in de landbouw. Belangrijke onzekerheid daarbij is of behoud van nutriënten via co-vergisting leidt tot verbetering van de beschikbaarheid van stikstof in de verwerkte meststoffen (bemestende waarde). Dit is van groot belang voor de gewenste verbetering van de

⁵⁵ Het Ministerie van EZ heeft vastgesteld dat alle vormen van energie-opwekking uit mest – verbranding, vergassing, pyrolyse en vergisting – als ‘duurzame energie’ in aanmerking komen voor fiscale stimulering in het kader van de VAMIL (Vervroegde afschrijving MilieuInvesteringen) en de EIA (Energie InvesteringsAftrek). Bij de waardering van mestverbranding en –vergassing is vooralsnog geen rekening gehouden met het energiegebruik tijdens de benodigde voorbehandeling van de mest of met het indirecte energiegebruik in de landbouw dat vooral voortvloeit uit kunstmestgebruik. Wanneer deze aspecten wel in de *duurzaamheidsanalyse* worden betrokken kunnen mestverbranding en –vergassing bezwaarlijk worden aangemerkt als vormen van ‘duurzame energie’.

In het wetsvoorstel over de invoering van een stelsel van mestafzetovereenkomsten (LNV, 2000) wordt mestverwerking die leidt tot een definitieve verwijdering van mestnutriënten uit de Nederlandse landbouw naar het milieu, andere sectoren en/of het buitenland ‘erkend’ als een voor de wetgever acceptabel alternatief voor het verwerven van ‘hectares’ landbouwgrond via afzetovereenkomsten met Nederlandse agrariërs (meestal akkerbouwers). Hiermee worden minder duurzame mestverwerkingsopties rond verbranding, vergassing en beluchting van mest en/of export van verwerkte mestproducten worden expliciet bevorderd. Daarentegen moeten agrariërs die willen investeren in meer duurzame mestverwerkinginitiatieven gericht op behoud, opwaardering en efficiënte benutting van organische mestnutriënten in de Nederlandse landbouw betalen voor de financiële participatie in het mestverwerkinginitiatief en voor verwerving van de benodigde mestafzetcontracten.

stikstofefficiëntie van organische meststoffen en voor de mogelijkheden tot vervanging van stikstofkunstmest, energiebesparing en beperking van ongewenste emissies (vooral CO₂-, NH₃-, NO_x- en N₂O-emissies).

Een potentieel knelpunt vloeit voort uit de MINAS norm (maximaal 170 kg stikstof per hectare uit dierlijke mest vanaf 2003). Deze normstelling is gebaseerd op de veronderstelling dat de stikstofbenutting bij aanwending van dierlijke mest suboptimaal is in vergelijking met kunstmest⁵⁶ (zie aanhangsel 4). Met betrekking tot vergiste meststoffen is gesuggereerd dat door een verhoogd gehalte aan minerale stikstof benuttingspercentages voor stikstof kunnen worden gerealiseerd die vergelijkbaar zijn met die van kunstmest en die hoger zijn dan voor onbewerkte dierlijke mest (Holm-Nielsen et al., 1993). Hier is voorzichtigheid troef omdat metingen in de praktijk die deze stelling onderschrijven nog ontbreken⁵⁷. Indien de verwachte toename in benuttingsefficiëntie van de meststof bewaarheid wordt, is hier geen beperkingen te verwachten.

6.1.4 Helpt een classificatiesysteem?

Een classificatiesysteem heeft tot doel om overzichtelijk en snel te kunnen bepalen welke prestatie (milieukundig, landbouwkundig en economisch) producten van co-vergisting leveren, welke randvoorwaarden aan de orde zijn, welke eisen aan aard en samenstelling van grondstoffen en producten dienen te worden gesteld en welke vergunningen vereist zijn. Grondstoffen voor co-vergisting zijn echter inherent heterogeen. Dit maakt indeling in een classificatiesysteem niet eenvoudig. Het is zinvoller om te komen tot een integrale kwaliteitszorg van de activiteit co-vergisting (zie hoofdstuk 6.3). Op deze wijze zijn belangen van wetgever en van potentiële klanten en afzetmarkt naar verwachting beter gediend.

6.2 Organisatorische randvoorwaarden en sociale aspecten

6.2.1 Brede inzet van ecologisch efficiënte mestverwerking

Met de randvoorwaarde 'brede inzet van ecologisch efficiënte technieken' wordt aangegeven dat mestverwerking niet alleen van waarde kan zijn voor de intensieve veehouderij, maar voor de overige Nederlandse landbouw. Ook in situaties zonder

⁵⁶ Deze verschillen komen tot uiting in de relatieve effectiviteit van verschillende meststoffen zoals weergegeven in de bemestingsadviezen in Nederland (Anon., 1999a en 1999b): deze effectiviteit is vrijwel voor alle mesten tussen 50 en 95% van de toegediende minerale stikstof in mest maar slechts tussen 5 en 45% voor de organische stikstof in mest (tabel 6.1). Deze effectiviteit is hoger bij toediening in voorjaar dan in het najaar en varieert per mestsoort en naar toedieningsprincipe.

⁵⁷ In de literatuur rond vergisting worden efficiënties vermeld die allen hoger zijn dan de efficiëntie van stikstoflevering uit onbewerkte mest. Bij co-vergisting neemt de hoeveelheid minerale stikstof in het fermentaat dat als meststof wordt gebruikt af of toe en dit hangt sterk samen met het co-substraat. Vergelijking met andere vormen van mestbewerking (compostering, vergisting) zijn slechts in beperkte mate voorhanden. Indien beschikbaar zijn de proeven meestal uitgevoerd in situaties waarbij de mest is toegediend op een wijze die in Nederland niet (meer) is toegestaan.

mineralenoverschotten in mestafzetgebieden, op extensieve veehouderijen, op akker- en tuinbouwbedrijven en in de biologische landbouw kan mestverwerking een rol van betekenis spelen bij een betere benutting van nutriënten in dierlijke en organische meststoffen en reductie van het kunstmestgebruik en reductie van emissies (CO₂, NH₃, geur, N₂O en CH₄) uit mest, energiebesparing en vermindering van risico's op verspreiding van systeemvreemde stoffen, ziektekiemen en onkruidzaden.

6.2.2 Duurzaamheid in beheer van mestverwerkinginstallaties

Ter beperking van de milieu- en veiligheidsrisico's en ter vermindering van nieuwe (lokale) milieuproblemen is het van belang dat bij opzet en exploitatie van mestverwerkinginstallaties goede voorzorgs- en beheersmaatregelen worden getroffen. Veel van deze maatregelen staan beschreven in hoofdstuk 4 en in het recentelijk verschenen *Onderzoek Herziening Inspectierichtlijn voor Mestverwerkinginstallaties* (Schomaker et al., 2000). Gezien het vroege ontwikkelingsstadium waarin mestverwerking in Nederland zich thans bevindt, is het aanbevelenswaardig om bij nieuwe mestverwerkinginitiatieven bijzondere aandacht te besteden aan monitoring en evaluatie middels een leertraject van (praktijk)onderzoek en (praktijk)ontwikkeling. De ervaring die gedurende de jaren '80 in Nederland is opgedaan met kleinschalige mestvergiftingsinstallaties heeft geleerd dat het individuele agrariërs vaak ontbreekt aan de benodigde tijd en vooral technische expertise om de relatief complexe mestverwerkingsprocessen goed te begeleiden. Het is daarom aanbevelenswaardig het technisch beheer van installaties uit te besteden aan gespecialiseerde ingenieurs. Het is echter van evengroot belang dat agrariërs zeggenschap hebben over de manier waarop en voorwaarden waaronder mestverwerkinginstallaties worden geëxploiteerd al of niet op basis van een financiële participatie. Met 'agrariërs' worden zowel de veehouders die de mest leveren als de agrariërs die de verwerkte mestproducten afnemen zoals akkerbouwers, tuinders en veehouders. Bij de meest succesvolle mestverwerkinginstallaties in Denemarken hebben zowel veehouders als akkerbouwers grote zeggenschap over de exploitatiewijze, bij voorbeeld door deelname aan het bestuur van de beheersorganisatie.

Om beheer hanteerbaar te houden en ervaring op te doen, lijkt het verstandig om in de beginperiode in Nederland terughoudendheid te betrachten ten aanzien van de schaalgrootte en installaties te bouwen met capaciteiten tussen de 15.000 en 50.000 ton biomassa per jaar.

6.2.3 Ontwikkeling van een afzetmarkt voor verwerkte meststoffen in de 'regio'

De benutting van de ecologische meerwaarde van mestverwerking is gebaat bij een afzet van verwerkte meststoffen in de landbouw als substituuut voor kunstmeststoffen op niet al te grote afstand (< 200 km) van de mestverwerkinginstallatie. Zo worden fossiele brandstoffen en uitstoot van broeikasgassen (CO₂, N₂O) bij transport

beperkt. In de Nederlandse landbouw is (nog) geen markt is voor verwerkte meststoffen. Voor benutting van milieuvoordelen van mestverwerking moet de afzetmarkt voor verwerkte meststoffen worden ontwikkeld ten koste van de afzet van kunstmeststoffen. De gebruikers verwachten dat betrouwbare kwaliteitsgaranties kunnen worden gegeven met betrekking tot de vorm, samenstelling en leverbaarheid van verwerkte meststoffen.

6.2.4 Efficiënte aanwending van verwerkte meststoffen en terugdringing van het kunstmestgebruik

Na afzet is efficiënt gebruik (juiste moment, juiste hoeveelheid) van deze meststoffen van belang zodat het kunstmestgebruik wordt teruggedrongen. Dit vereist een op het gebruik van verwerkte meststoffen toegespitst mestmanagement toegespitst op de Nederlandse praktijksituatie. De daarvoor benodigde kennis en ervaring ontbreekt en kan worden aangevuld middels onderzoek, scholing, voorlichting en training gericht op een efficiënt gebruik van verwerkte meststoffen. In het bijzonder is (praktijk)-onderzoek nodig naar de stikstofwerking van verwerkte meststoffen.

6.2.5 Er is tijd nodig om kennis en ervaring op te doen ten aanzien van duurzame mestverwerking

De opzet en exploitatie van voldoende mestverwerkinginstallaties zal niet van vandaag op morgen kunnen worden gerealiseerd. Het is een complex proces waarin gewerkt wordt met heterogene massastromen en uiteenlopende actoren. Er is in Nederland vooral behoefte aan praktijkervaring met mestverwerking van diverse reststromen van voldoende omvang en variëteit om meer representatieve inzichten te verwerven in de mogelijkheden en beperkingen van de verschillende mestverwerkingstechnieken en grondstoffen. Van belang is dat er in Nederland tot nog toe een negatief imago over de haalbaarheid en wenselijkheid van mestverwerking. Dit (negatieve) imago is tot stand gekomen op basis van weinig representatieve (onderzoeks)resultaten van kleinschalige en/of kortstondige mestverwerkingsprojecten. Alleen meerjarige praktijkervaring met exploitatie van mestverwerkingsinstallaties kan helpen om de kinderziektes en (vermeende) onvolkomenheden op te lossen.

6.2.6 Bevordering van een duurzame implementatie van ecologisch efficiënte mestverwerking

Het is zinvol om een integrale implementatiestrategie te ontwikkelen bijvoorbeeld binnen een nader overeen te komen bestuursakkoord 'Duurzame Mestverwerking' gericht op sluiten van kringlopen van C en N in de landbouw via opwaarderen van mest en reststromen uit de landbouw. Onder de huidige omstandigheden op de Nederlandse mestmarkt zal (duurzame) mestverwerking niet vanzelfsprekend door marktpartijen tot stand worden gebracht. Integendeel, de meeste initiatieven in de

huidige markt zijn gericht op realisatie van minder duurzame mestverwerkingsopties. Deze leiden tot verwijdering van nutriënten uit de Nederlandse landbouw naar lucht (beluchting, verbranding of vergassing van mest) of naar het buitenland (export van verwerkte mestproducten) en tot afwenteling en dragen niet bij aan de gewenste reductie van emissies van broeikasgassen.

Een dergelijke implementatiestrategie is alleen kansrijk als deze kan rekenen op een breed draagvlak van de beleidsbepalende overheden en vergunningverlenende instanties (VROM, LNV, EZ, IPO, VNG, waterbeheerders), het landbouwbedrijfsleven (zowel veehouders als akkerbouwers en tuinders) en maatschappelijke organisaties (milieu-beweging en consumentenorganisaties).

6.2.7 Bestuursakkoord Duurzame mestverwerking

In het kader van een bestuursakkoord '*Duurzame Mestverwerking*' zouden betrokken partijen afspraken kunnen maken over de volgende onderdelen van een integrale implementatiestrategie (zie Buiten et al., 2000 – rapport in opdracht van provincie Noord Brabant):

- De te realiseren implementatiegraad voor toepassing van mestverwerking via co-vergisting en verwerkte meststoffen, bijvoorbeeld verwerking en efficiënte aanwending van 25% van de totale mestproductie in de Nederlandse landbouw in 2008 (variant 2 in tabel 5.3 met een besparing van 1,5 Mton CO₂-equivalenten per jaar).
- Prioriteitstelling ten aanzien van:
 - doel van mestverwerking – bevordering van efficiënt hergebruik van nutriënten in mest
 - toe te passen mestverwerkingstechniek – al dan niet co-vergisting
 - ruimtelijke ontwikkeling van mestverwerking en mogelijkheden om deze ontwikkeling te bevorderen
 - hergebruik van verwerkte mestproducten - bij voorkeur in de Nederlandse landbouw ter vervanging van kunstmest.
- De wijze waarop afzetmarkten voor mestverwerkingsproducten (o.a. meststoffen en biogas) worden ontwikkeld.
- Duiden en wegnemen of neutraliseren van belemmeringen in wet- en regelgeving voor mestverwerking.
- Opzetten van technische, organisatorische en financiële stimuleringsmaatregelen in samenwerking met belanghebbende partijen.
- Gefaseerde vergunningverlening, afgestemd op een kosteneffectieve inzet van middelen.
- De ontwikkeling van een standaard en instrumentarium voor Integrale Kwaliteitszorg rondom mestverwerking bijvoorbeeld op basis van HACCP-principes (zie volgende paragraaf).

6.3 Integrale kwaliteitszorg op basis van HACCP-principes

Mestverwerking kan een omvangrijke bijdrage kan leveren aan de ontwikkeling van een duurzame en emissie arme landbouw in Nederland. In de voorgaande paragraaf zijn een aantal algemene randvoorwaarden geformuleerd voor een duurzame benutting van de ecologische meerwaarden van mestverwerking. Een belangrijke optie voor invulling van die randvoorwaarden is de ontwikkeling van integrale kwaliteitszorgsystemen op basis van HACCP-principes (6.3.1). Na behandeling van de meerwaarden van HACCP-kwaliteitszorg (6.3.2) worden de mogelijkheden tot opbouw en ontwikkeling van het benodigde HACCP-instrumentarium geschetst (6.3.3).

6.3.1 Wat is HACCP-kwaliteitszorg en hoe werkt het?

HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) is een kwaliteitszorg concept dat in de levensmiddelenindustrie wordt toegepast ter beheersing van de moeilijk meetbare risico's zoals bij de verwerking en het gebruik van heterogene biomassa's. Dit proces is gericht op procescertificering en niet op productcertificering. Hierbij worden de risico's *in de gehele keten*, vanaf de productie van de uitgangsmaterialen tot en met het gebruik van de eindproducten uit de installatie, zoveel mogelijk ondervangen via de integratie van zorgvuldig gekozen controlepunten, beheersmaatregelen en 'verhaalmechanismen'.

Het aanvaarden van verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid voor de kwaliteit van de geleverde producten en diensten staat centraal in ieder HACCP-kwaliteitszorg-systeem. In de context van een kwaliteitszorgsysteem rond een mestverwerking-installatie impliceert de hantering van dit uitgangspunt bij voorbeeld dat de toeleveranciers (veehouders, afvalinzamelaars, etc.) verantwoordelijk en aansprakelijk zijn voor de kwaliteit van de door hen aangeboden grondstoffen (mest en organische reststromen). Anderzijds aanvaardt de exploitant van een mestverwerkinginstallatie de volledige verantwoordelijkheid voor het kwaliteitsbeheer op en rond het bedrijfsterrein.

Deze uitgangspunten worden verankerd in het systeem door de procescontrole zo op te zetten dat iedere calamiteit die waar dan ook optreedt in de productieketen, herleidbaar is tot een scherp afgebakend onderdeel van die keten, alsmede tot de voor dat onderdeel verantwoordelijke partij. Voor een adequate regeling van de kwestie van ketenaansprakelijkheid wordt gebruik gemaakt van een zorgvuldig opgezet registratie- en documentatiesysteem. Bij de bepaling van het gewenste kwaliteitsniveau worden normen gehanteerd (bijvoorbeeld met betrekking tot concentraties zware metalen en mineralen) die passen binnen de daartoe aangewezen kaders van wet- en regelgeving. Deze normen, die voor een belangrijk deel zijn vastgelegd in de Inspectierichtlijn, gelden als *minimumeis* bij het voortdurende streven naar *maximalisatie* van de technische en milieuprestaties.

Een HACCP-kwaliteitszorgsysteem wordt voorbereid en uitgevoerd met behulp van een gestandaardiseerd stappenplan door een team van deskundigen. In dit team nemen vertegenwoordigers zitting van partijen die directe belangen hebben bij een degelijk en betrouwbaar kwaliteitsbeheer rond een mestverwerkinginstallatie zoals:

- veehouders die mest aanleveren;
- een afvalinzamelingbedrijf dat organische reststromen aanlevert;
- akkerbouwers die verwerkte mestproducten afnemen;
- een energiebedrijf dat energieproductie afneemt;
- regionale en lokale overheden die vergunningen verlenen en
- een (lokale) milieu-/natuurorganisatie.

Een HACCP-team bestaat uit drie tot vijf personen en kan worden begeleid door onafhankelijke, externe deskundigen die beschikken over de benodigde, brede expertise.

HACCP-kwaliteitszorg wordt gereguleerd en gefaciliteerd met behulp van een landelijke kadercode en een gevarenbibliotheek. De kadercode geeft, op hoofdlijnen en voor de verschillende segmenten van de keten rondom mestverwerkinginstallaties, een beschrijving van de aanwezige gevaren en risicofactoren, de kritische controlepunten en de te nemen beheersmaatregelen. Deze kadercode dient bij ieder mestverwerkingproject te worden gebruikt voor de vaststelling van een projecthandboek voor Integrale Kwaliteitszorg op basis van HACCP-principes dat volledig is afgestemd op de specifieke projectcondities. Hierbij kan tevens gebruik worden gemaakt van een centrale gevarenbibliotheek die goed toegankelijk is voor initiatiefnemers, vergunningverleners en andere belangstellenden. Op deze plaats zijn deelprocessen en basistechnieken van mestverwerking met bijbehorende risico's en gevaren in detail gedocumenteerd, evenals de te nemen voorzorgs- en beheersmaatregelen. Een dergelijke gevarenbibliotheek dient vanzelfsprekend transparant en up-to-date te zijn.

6.3.2 Meerwaarden HACCP-kwaliteitszorg

In deze paragraaf worden de meerwaarden van HACCP-kwaliteitszorg als integraal en flexibel kader bij het streven naar een duurzame ontwikkeling van mestverwerking toegelicht. HACCP-Kwaliteitszorg creëert organisatorische en juridische randvoorwaarden voor een duurzame behandeling, verwerking en aanwending van mest en organische reststromen in de gehele productie- en afzetketen rond mestverwerkinginstallaties. Bovendien creëert het randvoorwaarden voor beheersing van aspecten die niet of onvoldoende kunnen worden gereguleerd met behulp van de huidige wet- en regelgeving.

6.3.2.1 HACCP als integrale kwaliteitszorg

Bij voorbereiding en implementatie van HACCP-kwaliteitszorg wordt een structurele interactie en terugkoppeling bewerkstelligd tussen partijen die op enig moment activiteiten ontplooiën met nutriënten in de vorm van diervoeders, kunstmest, dierlijke mest en organische reststromen. Deze activiteiten zijn zeer divers, maar hebben gemeen dat ze kansen en risico's met zich meebrengen op milieueffecten die direct of indirect samenhangen met de productie, verwerking, transport en (eind)gebruik van deze nutriënten. Tegen deze achtergrond is een structurele interactie en terugkoppeling op basis van HACCP-principes tussen partijen in deze nutriëntenketen om meerdere redenen gewenst.

1. De maatregelen in verschillende segmenten van de keten ter voorkoming en beheersing van milieurisico's en ter benutting van milieukansen kunnen beter op elkaar worden afgestemd. Leidraad hierbij is de gemeenschappelijk doelstelling die wordt geformuleerd in het kader van het integrale kwaliteitszorgsysteem, bij voorbeeld: "Optimalisering van ecologische prestaties langs het dubbelspoor van kunstmests substitutie en verbetering van de benutting van organische mestnutriënten." De meerwaarde betreft vooral de integraliteit, die niet of onvoldoende kan worden gerealiseerd binnen kaders als de Inspectierichtlijn of het MINAS, die slechts van toepassing zijn op onderdelen van de nutriëntenketen en op specifieke milieuaspecten. In een HACCP-kwaliteitszorgsysteem kunnen bij voorbeeld ook afspraken worden gemaakt over bevordering van beheersing van klimaatgerelateerde emissie- en energieaspecten.
2. Een Integraal Kwaliteitszorgsysteem reduceert de mogelijkheden tot afwenteling van milieuproblemen naar andere plaatsen en milieucompartmenten. Het afwentelingsrisico wordt gereduceerd doordat de diverse belanghebbende partijen in de nutriëntenketen allen een stem hebben in de voorbereiding van het Kwaliteitszorgsysteem en dus invloed kunnen uitoefenen op de risicoanalyse en de vaststelling van de te nemen voorzorgs- en beheersmaatregelen. Wanneer er bij voorbeeld, als gevolg van de inzet van mestverwerking, een 'verschuiving' optreedt in milieubelasting van de plaats van aanwending van dierlijke mest naar de mestverwerkinglocatie kan dit vroegtijdig worden gesignaleerd en kan er een integrale afweging worden gemaakt van de voor- en nadelen van deze verschuiving en van de te nemen beheersmaatregelen. Omdat de gedetailleerde voorzorgs- en beheersmaatregelen pas op projectniveau definitief worden vastgesteld, kan en moet er bij de integrale afweging van milieubelangen ook rekening worden gehouden met locatiespecifieke condities.
3. De structurele interactie en terugkoppeling op basis van HACCP-principes tussen belanghebbende partijen rond de nutriëntenketens biedt in de derde plaats goede randvoorwaarden voor een verbetertraject. De voortdurende monitoring en evaluatie door HACCP-projectteams; de centrale documentatie van leerervaringen, o.a. met controle en handhaving van normen en voorschriften uit wet- en regelgeving, in een gevarenbibliotheek; de vertaling van die leerervaringen in (aanpassing van) een landelijke kadercode geven tezamen inhoud aan het

centrale streven naar maximalisatie van technische en milieuprestaties. Het behalen van milieu- of kwaliteitsnormen, die onder meer zijn vastgelegd in de Inspectierichtlijn, is in deze context een vertrekpunt en geen eindpunt bij het vaststellen van de benodigde inspanningen.

6.3.2.2 HACCP-kwaliteitszorg en afzetmarkt

HACCP-kwaliteitszorg sluit goed aan op bestaande en in ontwikkeling zijnde kwaliteitszorgsystemen in de agro-industriële productiekolom en kan mede hierdoor een belangrijke bijdrage leveren aan de gewenste ontwikkeling van een afzetmarkt voor verwerkte mestproducten.

Introductie van Integrale Kwaliteitszorg rondom mestverwerking op basis van HACCP-principes zou goed aansluiten bij bestaande, soortgelijke kwaliteitszorgsystemen als 'Keten Kwaliteit Melk' (KKM), Integraal Ketenbeheer Vlees (IKB Vlees). Bovendien past het goed bij de HACCP-kwaliteitszorgsystemen die zijn, of op dit moment worden, ontwikkeld door de Voedselverwerkende industrie, de veevoedersector (door het Productschap Diervoeders) en grootwinkelbedrijven als Albert Heijn. Laatstgenoemde ontwikkelingen hebben grote consequenties voor de kwaliteitszorg in de akker- en tuinbouw en, in het verlengde daarvan, voor de ontwikkeling van afzetmarkt en -mogelijkheden van verwerkte mestproducten in deze sectoren.

De vraag vanuit de markt naar veilige producten van een bekende en gegarandeerde samenstelling en kwaliteit is een essentiële prikkel voor het ontwikkelen van een kwaliteitszorgsysteem. Dat geldt ook voor mestverwerking en verwerkte mestproducten. Invoering van HACCP-Kwaliteitszorg rondom mestverwerking kan vertrouwen wekken onder met name akkerbouwers en tuinders in de mogelijkheden om met behulp van dierlijke mest hoogwaardige meststoffen te produceren die goed zijn afgestemd op specifieke gewasbehoeften. Van doorslaggevend belang voor de afzetmarkt zijn in dit verband de (verbeterde) mogelijkheden die HACCP-kwaliteitszorg creëert voor: a) minimalisering van de risico's op verspreiding en verbreding van systeemvreemde stoffen, ziektekiemen en onkruidzaden en b) voor een optimale afstemming van de kwaliteit van verwerkte mestproducten op de vraag van eindgebruikers (die een stem hebben in het kwaliteitszorgsysteem).

6.3.2.3 HACCP en vergunningen en handhaving

Bij toepassing van een HACCP-kwaliteitszorgsysteem kan een eenvoudiger en meer kosteneffectieve controle en handhaving van vergunningen worden gerealiseerd.

Bij toepassing van HACCP-kwaliteitszorg is de controle en handhaving van de (milieu)vergunning primair gericht op de verificatie van de gemaakte afspraken in een gezamenlijk opgesteld Beheersplan (zie ook figuur 6.1) als juridische grondslag voor de vergunning. Hierin zijn op grond van een gedetailleerde risicoanalyse

gedetailleerde afspraken vastgelegd over de te nemen voorzorgs- en beheersmaatregelen, over de specifieke verantwoordelijkheden die betrokken (keten)partijen daarbij hebben en over de wijze en frequentie van monitoring, evaluatie en documentatie. De detaillering van de afspraken in het Beheersplan gaat veel verder dan in een reguliere vergunning. Na een relatief forse investering in het opstellen van het Beheersplan kan er, mede dankzij de gestructureerde administratie en documentatie van projectgegevens, veel tijd en geld worden bespaard op de controle en handhaving.

Daarnaast schept een HACCP-Beheersplan de verplichting tot het regelmatig maken en aanscherpen van (vervolg)afspraken, teneinde te kunnen leren van, en reageren op, onvoorziene omstandigheden. Met deze laatste optie wordt vooral het risico ondervangen van leemten in kennis en informatie bij onder andere initiatiefnemers en vergunningverlenende instanties. Wanneer ergens in de nutriëntenketen problemen optreden – bij voorbeeld een plotselinge overschrijding van een bepaalde emissienorm – is er binnen een HACCP kwaliteitszorgsysteem dus altijd een terugkoppelings- of verhaalmechanisme aanwezig waarop kan worden teruggevallen in het kader van controle en handhaving. Deze verhaalmechanismen worden in juridisch opzicht ondersteund door toepassing en aanvaarding van het principe van ketenaansprakelijkheid door alle betrokken partijen.

6.3.3 Ontwikkeling instrumentarium HACCP-kwaliteitszorg mestverwerking

Het benodigd instrumentarium voor HACCP-kwaliteitszorg rondom mestverwerking ontbreekt momenteel.

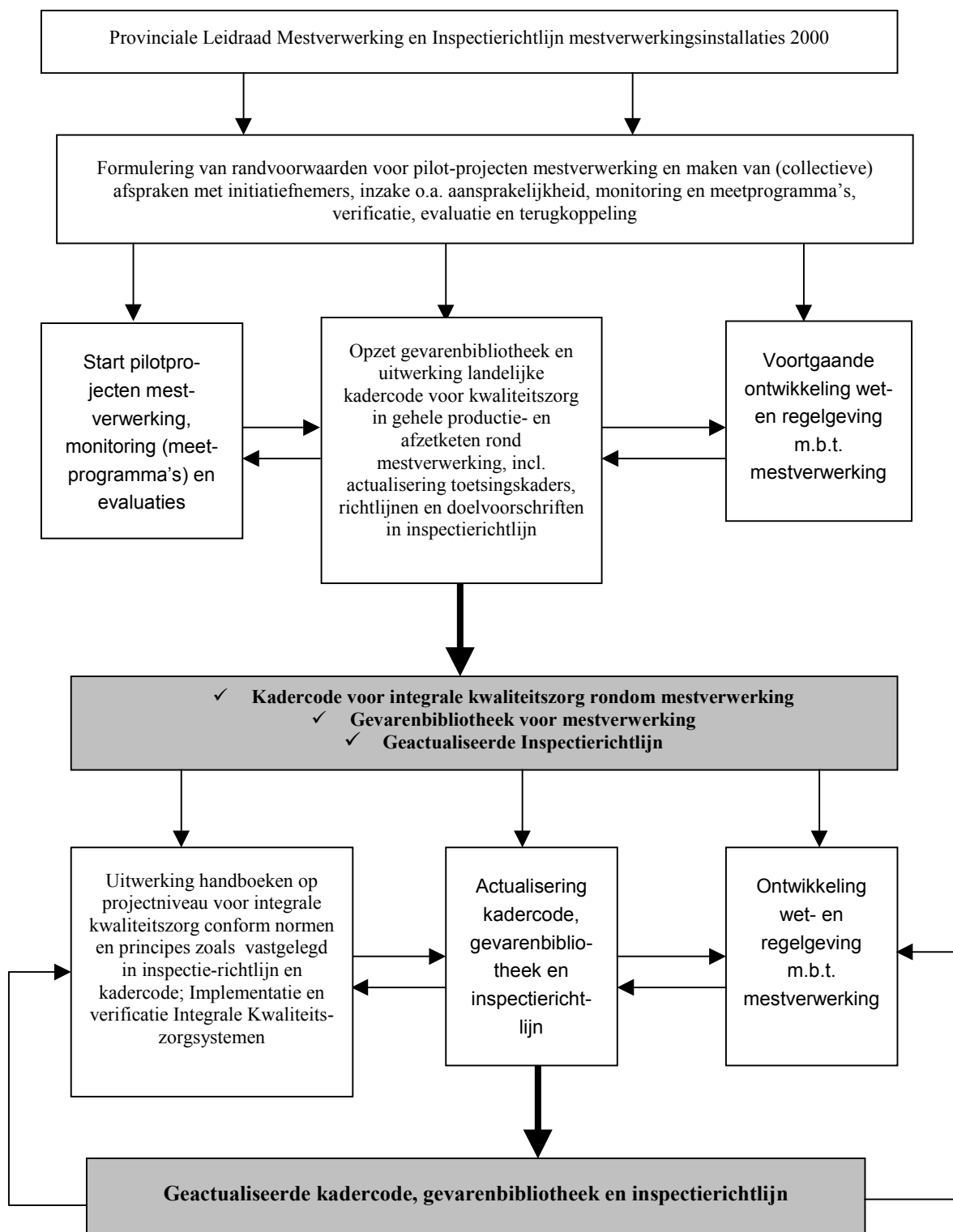
Op landelijk/regionaal niveau is nodig:

- Centraal coördinatiepunt met een *gevarenbibliotheek* en een (implementatie)team van deskundigen
- Uitbouw van de inspectierichtlijn tot een volwaardige *kadecode* voor mestverwerking waarin op hoofdlijnen systematisch uitwerking wordt gegeven aan te hanteren regels voor Good Housekeeping en Good Manufacturing Practice voor mestverwerking.

Op projectniveau is nodig:

- een *HACCP-team* samengesteld uit deskundige vertegenwoordigers van initiatiefnemende partijen en andere directe belanghebbenden (zoals vergunningverleners);
- een *Projecthandboek* waarin specifieke en gedetailleerde afspraken zijn vastgelegd voor *Integrale Kwaliteitszorg conform HACCP-principes*.

In het schema in figuur 6.1 wordt een indruk gegeven van het leer- en opbouwtraject dat kan worden doorlopen voor de ontwikkeling van HACCP-kwaliteitszorg. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de praktijkervaringen die zijn (en nog zullen worden) opgedaan met pilot-projecten rond mestverwerking.



Figuur 6.1 Schema leertraject mestverwerking

7 Toekomstbeeld, conclusies, aanbevelingen en kennisleemtes

De uitvoering van deze studie is gebaseerd op veelal recente rapporten over de (technische en economische) mogelijkheden van (co-)vergisting in Nederland en daarbuiten. Daarnaast is vooral in het buitenland (Denemarken en Duitsland) gezocht naar relevante gegevens over de praktijk van co-vergisting van dierlijke mest en reststromen met organisch materiaal.

7.1 Toekomstbeeld van co-vergisting

Aan de hand van de systeemanalyse is het volgende toekomstbeeld rond toepassing van co-vergisting in landbouw gemaakt.

Omvang en schaal – co-vergisting op boerderijvergisting is weinig flexibel door de geringe keuzemogelijkheid van grondstoffen en dientengevolge kwetsbaar en is concurrerend met de (belangen van de) kunstmestindustrie; co-vergisting op regionale schaal (CVI) biedt meer flexibiliteit met betrekking tot grondstoffen en mogelijkheden om meststoffen op maat te produceren. Verder voordelen zijn: voldoende kritische massa, mogelijkheid om professionele operators aan te trekken, mogelijkheden voor de (kunstmest)industrie om te participeren.

Regionale verschillen in NL – in Nederland zijn 2 mestconcentratiegebieden waar afzet voor beschikbare mest wordt gezocht. Beschikbare reststromen uit bermgras zijn niet regiogebonden terwijl overige reststromen sterk gekoppeld kunnen zijn aan grote industriële activiteiten. Afzetmogelijkheden kunnen in akkerbouw en tuinbouw worden gevonden. Daar waar deze gebieden aan elkaar grenzen bestaan mogelijkheden om co-vergisting succesvol toe te passen.

Afzetmogelijkheden en toepassingen van fermentaat – co-vergisting houdt N en P langer binnen de landbouw en draagt bij aan het sluiten van kringlopen van C en N en levert ammonium meststof in plaats van nitraat met lagere ongewenste verliezen. Toepassing heeft mogelijk een grotere voorspelbaarheid en benuttingefficiëntie dan toepassing van afzonderlijke grondstoffen (o.a. door beperken van heterogeniteit in grondstoffen) en is beter hanteerbaar (transport, opslag en uitrijden).

Meststoffen op maat – hoewel nog toekomstmuziek, lijkt het mogelijk om via selectie van grondstoffen voor co-vergisting verschillende fermentaat meststoffen te produceren die inspelen op de specifieke behoefte van verschillende teelten en/of gewassen. Op deze wijze wordt de voorspelbaarheid en stuurbaarheid van N mineralisatie uit dierlijke mest groter met als gevolg een hogere benutting van N en lagere verliezen. Onder deze verliezen zijn ook lagere directe en indirecte verliezen van lachgas. De fermentaat meststof is gemakkelijk aan te brengen op het land mogelijk zonder specifieke eisen t.a.v. onderwerken mest en kent een relatief lage kiem- en onkruidzadendruk.

Regelgeving en milieunormen – dierlijke mest waaraan minder dan 50% reststoffen zijn toegevoegd worden binnen BOOM en BGDM gezien als mest. De hoeveelheid

zware metalen hoeft niet perse te veranderen bij toepassing van co-vergisting. Eventuele problemen op dit gebied kan co-vergisting niet oplossen; beter om die oplossing aan begin van de keten te zoeken via eisen die boeren aan samenstelling veevoer stellen bij fabrikanten.

Milieu-prestatie – co-vergisting is in vergelijking met verbranden, vergisten of composteren van mest en/of afvalstromen energetisch beter en leidt tot lagere emissies van CO₂ en CH₄. Verdere winst is te behalen via toepassing van co-vergiste mestfermentaten met een naar verwachting lagere emissie van lachgas bij toepassing in de landbouw; deze verwachting is gebaseerd het vrijwel afwezig zijn van oplosbare en gemakkelijk omzetbare substraten die leiden tot denitrificatie activiteit en productie van lachgas. Verder worden emissies van CO₂ en N₂O bij de productie van kunstmest vermeden indien toepassing van fermentaat leidt tot lager gebruik van kunstmest.

Acceptatie van de techniek en imago – gezien de klimaatproblematiek en de behoefte emissie van broeikasgassen te beperken is de tendens meer en meer gebruik te maken van hernieuwbare grondstoffen en energiedragers i.p.v. fossiele brandstoffen. De uitdaging van de landbouw voor de 21^e eeuw is daar een bijdrage aan te leveren door emissie-arm te werken. In dit perspectief is toepassing van co-vergisting in landbouw een belangrijke systeeminnovatie en mag steun verwachten van verschillende belangengroepen. Uit economisch oogpunt is het zinvol te bezien wanneer de vervanging wordt verwacht van de huidige verwerkingsinstallaties voor organische afvallen (veelal compostering). Dat moment is bij uitstek geschikt om de verwerkingstechniek meer te richten op de bemestende waarde van het product. De logica in het veld draait nog om mestoverschot en de acceptatie van co-vergisting hangt af van de mogelijkheid om over efficiëntie te spreken; immers, ook bij beperking van mineralenoverschot blijft het zinvol om afvalstromen te integreren met het oog op sluiten kringlopen van N en C. Via levering van groene energie kan de landbouw een belangrijke verbetering van haar imago verwachten.

Co-vergisting en overige milieuaspecten – toepassing van fermentaat meststof uit co-vergisting past goed in een beheer gericht op verlaging van de druk van ziekten en plagen in de Nederlandse landbouw en de behoefte aan toepassing van bestrijdingsmiddelen. Toepassing van fermentaat meststof leidt tot lagere aanvoer van nitraat en een geringere kans op uitspoeling. Via co-vergisting is een betere ruimtelijk verdeling van mest binnen de Nederlandse mogelijk dan met onbewerkte mest.

Conflicterende belangen – het Nederlandse beleid is gericht op zowel ecologisering van de landbouw als op het gebruik van hernieuwbare energiebronnen. Als gevolg hiervan kunnen er conflicten ontstaan over het gebruik van biomassa tussen verschillende belangengroepen. Vooralsnog kan een significante bijdrage worden geleverd aan het Nederlandse klimaatbeleid en reductie van emissie van broeikasgassen tot 0.5 Mt CO₂ eq bij verwerking van een gering deel van de mestproductie. De toepassing van organische stof en afval voor biogasproductie en energieopwekking zou kunnen conflicteren met de doelstelling om bodemkwaliteit te behouden in de akkerbouw en met name in de biologische teelten. Het is onduidelijk welk effect co-vergisting heeft op de eigenschappen van het fermentaat in het

afbraakproces na toevoeging aan de bodem. De beschikbare hoeveelheid reststromen organische stof die geschikt zijn voor co-vergisting zijn beperkt. Mogelijk biedt verwerking van gewasresten een oplossing voor de beperkte beschikbaarheid van co-substraat bij co-vergisting. Tegelijk doet zich dan de mogelijkheid voor om emissies van broeikasgassen bij afbraak van gewasresten op het veld te verminderen.

7.2 Conclusies

7.2.1 Broeikasgasemissies: het reductiepotentieel van co-vergisting

Toepassing van co-vergisting in Nederland op grote schaal kan leiden tot een emissiereductie in de orde van 5 Mton CO₂-equivalenten per jaar uit de Nederlandse landbouw. Hierbij wordt maximaal gebruik gemaakt van benutting van nutriënten uit organische mest- en reststromen in Nederland en maximale kunstmestsubstitutie. Er zijn nog een aantal onzekerheden in de berekening die mogelijk tot grotere emissiereductie kunnen leiden. In Nederland is voldoende mest beschikbaar maar de beschikbare omvang van reststromen is niet voldoende omdat een groot gedeelte al wordt hergebruikt binnen de nederlandse landbouw als veevoer. Een alternatieve reststroom bestaat uit gewasresten die nu op het land achterblijven en daar soms en afhankelijk van het gewas voor omvangrijke emissies van lachgas en verliezen van stikstof kunnen zorgen.

Een meer realistische omvang van co-vergisting in Nederland waarbij 10 tot 25% van alle mest wordt verwerkt, leidt tot een emissiereductie van 0,7 – 1,5 Mton CO₂-equivalenten. Voor deze inzet zijn enkele honderden regionale vergistingsinstallaties nodig. Indien Duitsland model staat, zijn deze installaties in een periode van 5 jaar op te zetten. De investeringskosten bedragen ongeveer 150 gulden per vermeden ton CO₂ emissies en kunnen naar verwachting worden terugverdiend.

7.2.2 Agrarisch, ecologisch en economisch nut van co-vergisting

In de literatuur zijn verschillende claims aangetroffen dat met co-vergisting hogere benuttingspercentages van stikstof in het fermentaat kunnen worden bereikt dan de benutting uit onbewerkte dierlijke mest (zie Holm-Nielsen et al., 1993). Hoewel alle rapporten spreken over een verbetering is hier voorzichtheid geboden omdat praktijkmetingen die deze stelling onderschrijven ontbreken. Indien de verwachte toename in de benuttingsefficiëntie bewaarheid wordt, is dit een belangrijke bijdrage aan realisatie en acceptatie van co-vergisting in de Nederlandse landbouwpraktijk.

De potentiële verbetering van de benutting van nutriënten bestaat niet alleen uit verbeterde beschikbaarheid voor gewassen maar ook uit:

- Concentratie van nutriënten in meer homogene en beter hanteerbare mestproducten
- Isolatie van nutriënten in geconcentreerde mestproducten
- Diversificatie van het aanbod van organische mestproducten (meststoffen op maat)

Deze potenties zijn echter (nog) nauwelijks onderzocht maar kunnen aanzienlijk bijdragen in het verbeteren van mest- en nutriëntenmanagement op bedrijfsniveau en aan emissie- en verliesarme landbouwpraktijk. Co-vergisting biedt mogelijkheden voor samenwerking tussen gespecialiseerde veehouders en akkerbouwers in het beheersbaar maken van regionale nutriëntenstromen en voor vergroting van het aandeel biologische landbouw waarin geen kunstmest wordt toegepast. Met behulp van co-vergisting kunnen een aantal fyto-sanitaire risico's beter beheersbaar worden gemaakt (onkruidzaden en ziekten).

7.2.3 Randvoorwaarden voor duurzame ontwikkeling en inzet van co-vergisting

De wet- en regelgeving (BOOM/BGDM, MINAS, subsidieregeling duurzame energie en mestafzetovereenkomsten) is te weinig integraal om de voordelen van co-vergisting bij het beter sluiten van kringlopen van koolstof en stikstof en beter hergebruiken van grondstoffen binnen de landbouw te stimuleren.

De opzet van een integraal kwaliteitssystem op basis van HACCP principes is behulpzaam bij het voldoen aan mogelijke beperkingen die de wet aan co-vergisting stelt. In een dergelijk kwaliteitssystem kunnen de relevante milieunormen als minimumeis worden opgenomen. Op termijn kan dan bij indienen van vergunningaanvragen worden volstaan met de wettelijke verplichting tot het ontwikkelen en implementeren van een HACCP kwaliteitssystem. In een dergelijk proces worden vergunningverleners overigens deelnemers in het proces van ontwikkelen en implementeren van een Integraal Kwaliteitssystem.

Het instrument HACCP kwaliteitssystem (met gevarenbibliotheek, kadercode, handboek etc.) wordt gelijktijdig ontwikkeld met de ontwikkeling van co-vergistingprojecten. HACCP is gestoeld op een voortdurende uitwisseling van kennis en ervaring tussen praktijk, onderzoek en regelgever.

Het aangaan van een bestuursaccord over de ontwikkeling van een kwaliteitssystem is een snellere weg om eventuele wettelijke bezwaren weg te nemen dan het stuk voor stuk wegnemen van afzonderlijke belemmeringen in wet- en regelgeving.

7.2.4 Dilemma's rond implementatie van co-vergisting – aanbevelingen

➤ *Kwaliteitsgarantie en logistiek (keuze en beschikbaarheid) van grondstoffen (mest en reststromen)*

De bron van het co-substraat is meestal de landbouw, direct danwel indirect, en dus is de kwaliteitscontrole in handen van de sector zelf; dit geldt voor mest en gewasresten maar ook voor afval van voedselverwerkende industrie. Dat geldt overigens niet voor de meest omvangrijke direct beschikbare bronnen in Nederland: GFT en bermmaaisel. Opzet van goede kwaliteitszorg is een primaire succesfactor.

- *Draagvlak voor fermentaat als meststof en afnamegaranties van groene energie (hernieuwbare grondstoffen als brandstof)*

De aanwending van fermentaat en productie van groene energie kan in potentie bijdragen tot een belangrijke imagoverbetering van de veehouderijsector in Nederland. Daartoe is een forse investering nodig die kansrijk is om te worden terugverdiend. Gezien de praktijk in Denemarken en Duitsland biedt investeren in centrale co-vergistingsinstallaties betere perspectieven dan vergisting op de boerderij. Het is zinvol om subsidiering van co-vergisting te overwegen vanwege de goede overall milieuprestatie. Het analyseren van de benuttingsefficiëntie van fermentaat producten is nodig om agrariërs over de streep te trekken en een voldoende binnenlandse afzetmarkt te creëren.

- *De eerste stap*

Opbouw van een solide draagvlak onder belanghebbenden (veehouders, akkerbouwers, tuinders, energiebedrijven, afvalproducenten en afvalverwerkers, overheden, (kunstmest)industrie) is mogelijk door hen vroegtijdig bij ontwikkelingen te betrekken. Dit kan gebeuren bij het opzetten van een aantal specifieke praktische haalbaarheidsprojecten in verschillende delen van Nederland

7.3 Kennisleemtes

In Nederland is kennis beschikbaar over achtergrond en mogelijkheden van co-vergisting in relatie tot biogasproductie en energieopwekking, over beschikbare grondstoffen en over de kwaliteit van die grondstoffen. Daarentegen is er, niet alleen in Nederland maar ook daarbuiten, buitengewoon weinig informatie beschikbaar over de kwaliteit en toepassingsmogelijkheden – bemestende waarde, benuttings-efficiëntie en mogelijke verliezen – van het fermentaat uit co-vergistingsinstallaties als meststof binnen de landbouw. Het daarom moeilijk in te schatten welke gevolgen toepassing van fermentaat voor de emissie(factoren) voor lachgas heeft. Dit heeft deze studie aanzienlijk bemoeilijkt en heeft o.i. belangrijke consequenties voor een eventueel ontwikkelings- en implementatietraject van co-vergisting in Nederland. Het is efficiënt en snel om gericht gebruik te maken van buitenlandse installaties voor proeven met Nederlandse mest en afvalstromen en het fermentaat vervolgens toe te passen onder Nederlandse (toedienings) condities en restricties.

Naast een referentiescenario op macroniveau zouden er ook referentiescenario's op microniveau uitgewerkt kunnen worden. Hierbij kan antwoord worden gezocht op vragen als “in welke sectoren gebruik makend van welke reststromen en voor welke regio's in Nederland is co-vergisting kansrijk en (kosten)effectief en waar en wanneer is co-vergisting dat niet. Criteria daarbij kunnen zijn: nabijheid van mestconcentratiegebieden en van afzetmogelijkheden voor fermentaat als meststof in akkerbouw/tuinbouw, mogelijke toepassing van warmte en energie. Daartoe zouden voorbeelden kunnen worden uitgewerkt en doorgerekend voor een aantal standaard bedrijven zoals standaard (biologische) melkveehouderij (<2,5 GVE/ha), standaard intensieve melkveehouderij, standaard intensieve pluimveehouder, standaard (biologische) akkerbouwer met najaarsbemesting en met voorjaarsbemesting.

Het niet duidelijk hoe de organische stof die overblijft na co-vergisting zich gedraagt na toediening van fermentaat aan de bodem. Tijdens co-vergisting is vrijwel alle goed beschikbare organische stof omgezet in methaan, kooldioxide en microbiele biomassa. Het is te verwachten dat de overblijvende organische stof niet gemakkelijk en snel wordt omgezet na toediening aan de bodem. Het fermentaat draagt dan voldoende bij aan opbouw en behoud van organische stof in de bodem. Het is verder ook te verwachten dat de snelheid van (de)nitrificatie lager is en dientengevolge ook de omzetting van ammonium en organische N in nitraat of lachgas. Deze vooronderstelling behoeft nadere onderbouwing.

Het instellen van een stuurgroep met de taak om duurzame oplossingen van de mestproblematiek via mestbewerking en ontwikkeling van een emissie arme landbouw te bevorderen onder meer via ontwikkeling van markten en kwaliteitszorg is zinvol. Het is wenselijk om voor een stuurgroep participanten uit (provinciale) overheid, bedrijfsleven (kunstmestindustrie, voedselverwerking, energieleveranciers), agrarische sector (veehouders en akkerbouwers), milieubeweging uit te nodigen.

Gezien de haast om te komen tot beperking van emissies van broeikasgassen uit de landbouw is het zinvol om te komen tot demonstratie(projecten) op praktijkschaal die representatief zijn voor de Nederlandse situatie. Voorbeelden kunnen worden gevonden in Duitsland waar in relatief korte tijd een relatief grote verwerkingscapaciteit is opgebouwd. Veel praktijkervaring is opgedaan in Denemarken en gerichte uitwisseling en training en opleiding kunnen helpen het draagvlak in Nederland te vergroten.

Literatuur

Wetenschappelijke literatuur en rapporten

- Anon. (1999a) Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Praktijkonderzoek voor de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. Publicatie nr. 95, Lelystad, pp. 59
- Anon. (1999b) Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Themaboek November 1998, pp. 53
- Bendixen, H.J. (1997) Hygiene and sanitation requirements in Danish Biogas Plant. In: Jens Bo Holm-Nielsen [ed.] *The future of biogas in Europe: proceedings* Institute of Biomass Utilization and Biorefinery, Esbjerg, Denmark Bergen, J.A.M. van & Biewinga, E.E. (1992) *Landbouw en broeikaseffect; een aanpak voor het beperken van de bijdrage van land- en tuinbouwbedrijven*. CLM, Utrecht
- Bergsma, ir. G.C.; Croezen, drs. H.C.; Weerd, ir. G. de & Werff, ir. T. v.d. (1999) *Beperking van emissies naar de lucht bij conversie van biomassa naar elektriciteit en warmte*. CE, Delft
- Brand, R.A. & Melman, A.G. (1993) Energie-inhoudnormen voor de veehouderij, deel 1 en 2. TNO-rapporten 93-208 en 93-209. Instituut voor Milieu- en Energietechnologie, TNO Apeldoorn
- Buiter, M. (1993) *Met mestvergisting op weg naar een meer duurzame landbouw?*
- Buiter, M. & Winter, J. de (1999) *Duurzaamheidsanalyse van technieken voor bewerking en opwaardering van mest*. In opdracht van Rabobank Nederland, Stafgroep Duurzame Ontwikkeling. ETC Energy, Leusden
- Buiter, M.; Winter, J. de & Zanstra, G.J. (1999) *Met mestvergisting op weg naar een meer duurzame landbouw* Novem rapport, projectnr. 355297/5060, ETC Energy, Leusden
- Buiter, M.; Pasma, G. & Zanstra, G.J. (2000) Mestverwerking in duurzaam perspectief; beoordeling van mestverwerkinginitiatieven vanuit duurzaam perspectief in het kader van de Leidraad Mestverwerking van de Provincie Noord-Brabant. ETC Ecoculture, Leusden
- Campos E., J. Palatsi & X. Flotats (1999) Codigestion of pig slurry and organic wastes from food industry. In: II International symposium on anaerobic digestion of solid waste. Barcelona, 15-17 June 1999. J. Mata-Alvarez, A. Tilche & F. Cecchi eds; Volume 2, pp. 192-195.
- Cate, M. ten (2000) Pulsed Corona, Analyses of the Odourcontrol Market. Marktonderzoek in opdracht van Essent Energie Friesland en Convex BV, Dearsom
- CBS (1997a) *Mineralen in de landbouw, 1995*. In: *Kwartaalbericht Milieustatistieken 1997-4*. Jaargang 14, no. 4; CBS, Voorburg/Heerlen

- CBS (1997b) Boeren in een veranderend milieu. CBS, Voorburg/Heerlen
- CBS (1998) Eerdt, M.M. van; Mestproductie en mineralenuitscheiding 1997
- Danish Energy Agency (1994) Progress report on the economy of centralized biogas plants. *Danish Energy Agency, Biomass section, Copenhagen, Denmark*
- Dasselaar, A. van & Pothoven, R. (1994) *Energieverbruik in de Nederlandse landbouw; vergelijking van verschillende bemestingsstrategieën*. Nederlands Meststoffen Instituut (NMI), Wageningen
- Boo, W. de (1993) *Vergisting van dierlijke mest met energierijke additieven; Deense praktijk en Nederlandse perspectieven*. CE, Haskoning BV
- Driessen, J.J.M. & Roos, A.H. (1996) *Zware metalen, organische microverontreinigingen en nutriënten in dierlijke mest, compost, zuiveringslib, grond en kunstmeststoffen*. IKC Rapport 96.14, IKC Landbouw, Ede
- Drinkwater, L.E et al. (1998) *Nature* 19 november: 262-265
- Dubbelboer N. & R.M. Schelhaas (1990) *Vergelijkend onderzoek naar de waarde van vergiste en onvergiste runderdrijfmest*. In opdracht van Novem, Nationaal Onderzoeksprogramma Hergebruik van Afvalstoffen (NOH). Agrarische Hogeschool Friesland (AhoF) en het Centrum voor Energiebesparing en schone technologie (CE), Leeuwarden
- Erp, van P. et al. (2000) Marktonderzoek duurzame afzetruimte verwerkte en niet-verwerkte mesten. In opdracht van de Provincie Noord-Brabant. Nutriënten Management Instituut NMI BV, Wageningen
- Fong, P.K.N.; *Mineralen in de landbouw, 1996 en 1997*. In: *Kwartaalbericht Milieustatistieken 1998-4*. Jaargang 15, no. 4; CBS, Voorburg/Heerlen, 1998
- Hahn, A. (1998) Provincie Friesland, afdeling milieu en water, correspondentie met ETC Energy in het kader van *Overbruggingsproject Co-vergisting Regio Noord-Brabant en het Noorden van Limburg*. Novem opdrachtnummer: 355298/5100. Project in uitvoering door ETC Energy en Convex BV in opdracht van Novem EWAB
- Have, P.J.W. ten; Schellekens, J.J.M.; Doornbos, J.; Rijpma, J. & Uenk, J. (1996) *Vergroting afzet varkensmest door be- en verwerking; een ketenstudie*. CIOM, DLV, SLM, Wageningen/Nijkerk
- Holm-Nielsen, Jens Bo (1997) *The future of biogas in Europe: proceedings*. Institute of Biomass Utilization and Biorefinery, Esbjerg, Denmark
- Holm-Nielsen, Jens Bo; Halberg, Niels M.Sc.; Huntingford, Sally M.Sc.; Al Seadi & Teodorita M.Sc. (1997) Joint biogas plant; agricultural advantages - circulation of N, P and K. Danish Energy Agency, Copenhagen, Denmark
- Hoop, D.W. de; Leeuwen, T.C. van; Luesink, H.H., Prins, H. & Wien, J.J.F. (2000) Effecten van rijksbeleid voor de landbouw in Noord-Brabant. In opdracht van de Provincie Noord-Brabant. LEI-DLO, Den Haag
- Horne, P.L.M. van; Have, P.J.W. ten; Hoste, R. & Derikx, P.J.L. (1995) *Energieverbruik en kosten van afzet en verwerking van mest*. LEI-DLO, Den Haag

- Kellner E., K. Vorkamp, J. Taube & R. Hermann (1999) Behaviour of the fungicides ortho-phenyl-phenol and thiabendazole during a combined anaerobic and aerobic treatment of biological waste. In: II International symposium on anaerobic digestion of solid waste. Barcelona, 15-17 June 1999. J. Mata-Alvarez, A Tilche & F. Cecchi eds; Volume 2, pp. 141-145.
- Knudsen, L. & Birkmose, T. (1997) Biogas-Agriculture and Environment. Danish Agricultural Advisory Centre, Aarhus, Denmark. In: Holm-Nielsen [ed.]
- Kübler H., K. Hoppenheidt, P. Hirsch, A. Kottmair, R. Nimmrichter, H. Nordsieck, W. Mücke & M. Swerev (1999) Full scale co-digestion of organic waste. In: II International symposium on anaerobic digestion of solid waste. Barcelona, 15-17 June 1999. J. Mata-Alvarez, A Tilche & F. Cecchi eds; Volume 1, pp. 175-182.
- Kunhner, H. (editor) (1998) Kofermentation, Arbeitspapier 249. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, Duitsland.
- LEI (1998) Landbouwcijfers 1998. Landbouw Economisch Instituut, Den Haag
- LNV, (1995a) Integrale Notitie mest- en ammoniakbeleid. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Sdu Uitgeverij, Den Haag
- LNV (1995b) Dynamiek en vernieuwing. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Sdu Uitgeverij, Den Haag
- LNV (1998) Minas: het Mineralenaangiftesysteem. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Den Haag
- LNV (1999) Brief (kenmerk KAB 992933) van de Minister van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer aan de Tweede Kamer. Onderwerp: integrale aanpak mestproblematiek. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag, 10 september 1999
- LNV (2000) Memorie van toelichting bij het voorstel voor wijziging van de Meststoffenwet in verband met een aanscherping van de normen van het stelsel van regulerende mineralenheffingen en de invoering van een stelsel van mestafzetovereenkomsten .Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag
- Middelkoop, N., Buijze, S.T. & Biewinga, E.E. (1997) *Naar een optimale inzet van dierlijke mest*. CLM, Utrecht
- Moen, A. (1999) Dierenarts rundergezondheidszorg. *persoonlijke communicatie* Gezondheidsdienst voor Dieren, Drachten
- Moen, A.R. & Leeuwen, J.M. van (1993) Dierpathogenen in mest; een overzicht. Centraal Diergeneeskundig Instituut, Lelystad
- Mooij, M. (1996) Samenstelling dierlijke mest. Meststoffen 1996: 38-41
- Nes, W.J. van, Diemen F.M.P. van & Schomaker, A.H.H.M.(1990) *Mestvergisting in Nederland; tien jaar kennis en ervaring in de praktijk*. Novem-rapport nr. 8931 CE en Haskoning, Delft/Nijmegen

- Petersen, S.O. (1999) Nitrous oxide emissions from manure and inorganic fertilizers applied to spring barley. *Journal of Environmental Quality* 28, 1610-1618.
- Pouech P. & J. Castaing (1999) An experimental co-digestion platform in south of France. In: II International symposium on anaerobic digestion of solid waste. Barcelona, 15-17 June 1999. J. Mata-Alvarez, A Tilche & F. Cecchi eds; Volume 2, pp. 196-199.
- Raijmakers W.M.F. & B.H. Janssen (1994) Evaluatie van methoden ter bepaling van voor de plant beschikbare stikstof in organische meststoffen. Verslagen en Mededelingen 1994-1. Vakgroep Bodemkunde en Plantevoeding, Landbouw-universiteit Wageningen.
- RIVM (1998) *Milieubalans 98* Samsom H.D. Tjeenk Willink bv, Alphen aan den Rijn
- Schomaker, A.H.H.M. (1995) *Centrale Mestvergisting; selectie van locaties en raming van kosten bij toepassing van grootschalige mestopslagen* Novem-rapport nr. 9503 Haskoning, Nijmegen
- Schomaker, A.H.H.M., Bouter, M. & Brinkman, A.J.F. (2000) Onderzoek Herziening Toetsingskader Mestverwerkingsinstallaties In opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer; Haskoning Ingenieurs- en architectenbureau, Nijmegen
- Simmons, I.G. (1990) *Changing the face of the earth; culture, environment, history.* Basil Blackwell, Oxford (UK), Cambridge Massachusetts, USA
- Tafdrup, S (1997) *Centralized co-digestion and efficient nutrient recycling* In: Holm-Nielsen [ed.]. Danish Energy Agency, Copenhagen, Denmark.
- Velthof G.L., M.L. van Beusechem, W.M.F. Raijmakers & B.H. Janssen (1998) Relationship between availability indices and plant uptake of nitrogen and phosphorus from organic products. *Plant and Soil* 200, 215-226
- Velthof, G.L., O.Oenema, A. Bannink, S.F. Spoelstra & H.G. van der Meer (2000) Relationships between animal nutrition and manure quality: a literature review on C, N, P and S compounds. *Alterra Wageningen, Alterra report 063*, pp 44
- Visser, A.; Schomaker, A.H.H.M. & Zanstra, G.J. (2000) *Centrale Co-vergisting in Friesland; haalbaarheidsstudie voor de realisatie van een centrale co-vergistingsinstallatie in Friesland.* Novem-project nr. 355297/5130. Haskoning, Nijmegen
- Vorkamp K., J. taube & R. Hermann (1999) Estimation of pesticide degradation and distribution during anaerobic digestion on the basis of their physico-chemical properties. In: II International symposium on anaerobic digestion of solid waste. Barcelona, 15-17 June 1999. J. Mata-Alvarez, A Tilche & F. Cecchi eds; Volume 2, pp. 146-149.
- VROM (1998) *Nationaal Milieubeleidsplan 3.* Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer Den Haag

- VROM (1999) *Hoofdpijnen van de uitvoeringsnota klimaatbeleid: deel 1, binnenlandse maatregelen* (informatieblad) *Uitvoeringsnota klimaatbeleid; deel 1: binnenlandse maatregelen* Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag
- Weiland, P. & G. Karle (1999) Co-digestion of organic wastes. In: *Energy and agriculture towards the third millennium*. Proceeding of A FAO Workshop in Athens, Greece. Pp. 282-289.
- Weizsäcker, Ernst von; Lovins, Amory B.; Lovins & L. Hunter (1997) *Factor Four; Doubling Wealth, Halving Resource Use; The New Report to the Club of Rome* Earthscan Publications Ltd, London, United Kingdom
- Westhoek, H.J.; Beijer, L.; Bruins, W.J.; Hotsma, P.H.; Janssen, J.W.M. & Maathuis, E.J.R. (1996) *Aan- en afvoerbalansen van zware metalen in Nederlandse landbouwgronden*. IKC, Ede
- Weterings, R.A.P.M., Bergsma, G.C., Koppejan, J. & Meeusen van Onna, M.J.G. (1999) Beschikbaarheid van afval en biomassa voor energieopwekking in Nederland. GAVE-rapport 9911, EWAB-rapport 992 In opdracht van Novem in het kader van de programma's GAVE en EWAB. Utrecht
- Wit, R.C.N.; Weerd, G.J. de & Sas, H.J.W. (1997) *Milieu-kundige beoordeling van kleinschalige mestverwerkingstechnieken* CE, Delft
- Wulf, S., S. Bergmann, M. Maeting & J. Clemens (2000) Importance of simultaneous measurement of NH₃, N₂O and CH₄ for evaluating the efficiency of measures to reduce trace gas emissions. Internet Conference Nitrogen Emissions from soil. <http://nitro-soil.at>
- Zanstra, G.J. (1999) adviseur agrarische en levensmiddelen-technologie *Persoonlijke communicatie* Convex BV Contracting Engineers, Deersum

Folders en promotiemateriaal

- Al Seadi, T. & J.B. Holm-Nielsen (2000) Danish centralised biogas plants – plant descriptions. Bioenergy Department, University of Southern Denmark, Esbjerg, DK.
- Hjort-Gregersen, K. & J. Christensen (1999) Centralised biogas plants – integrated energy production, waste treatment and nutrient redistribution facilities. Danish Institute of Agriculture and Fisheries Economics.
- HHolm-Nielsen, J.B., N. Halberg, S. Huntingford & T. Al Seadi (1997) Joint biogas plant, agricultural advantages: circulation of N, P and K. Danish Energy Agency, Copenhagen.
- Skøtt, T. & M.T. Hansen (2000) Danish bioenergy solutions – reliable and efficient. Center for Biomass Technology. Søborg, DK.

Aanhangsel 1 – Begrippenlijst

Additieven

Stoffen die ter verrijking en/of ter verhoging van de gebruikswaarde aan eindproducten van mestbewerking of mestverwerking worden toegevoegd (bv. mineralen, micro-organismen).

Afvalstof

Stof die als ongewenst bijproduct ontstaat bij een of ander proces.

Basistechnieken

Alle elementaire technieken, die geschikt zijn voor bewerking of verwerking van (mengsels van) dierlijke mest en andere organische reststromen.

Beheersmaatregelen

Activiteiten die er op gericht zijn om een gewenst kwaliteitsniveau te handhaven en/of te bewerkstelligen.

Bewerkingsinstallatie; Verwerkingsinstallatie

Een functioneel en organisatorisch geheel van methoden en technieken met bijbehorende (infrastructurele) voorzieningen (bv. opslagfaciliteiten en bedrijfsterrein) dat gericht is op bewerking of verwerking van (mengsels van) dierlijke mest al dan niet tezamen met andere organische reststromen.

Bewerkingsprocédé; Verwerkingsprocédé

Een operationeel geheel van methoden en technieken voor bewerking of verwerking van (mengsels van) dierlijke mest al dan niet tezamen met andere organische reststromen.

Biomassa

De totale hoeveelheid levende stof van een bepaalde groep organismen.

Co-vergisting

Gecombineerde vergisting van dierlijke mest en organische reststromen gericht op de productie van biogas en fermentaat.

Dierlijke mest

Excreten, uitscheidingsproducten van landbouwhuisdieren. Zie: IKC-lijst (zeugenmest, vleesvarkensmest, vleeskuikenmest, leghennenmest, rundveedrijf-mest, etc.).

Dierlijke meststoffen

Dierlijke meststoffen zijn organische meststoffen waarop het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen (BGDM) van toepassing is.

Dik fermentaat

Een meststof die bestaat uit vergiste biomassa met relatief hoog droge stof gehalte (+/- 25%)

Doelvoorschrift

Geheel van gekwantificeerde kencijfers waarmee een minimum kwaliteitsniveau wordt beschreven.

Dun fermentaat

Een meststof die bestaat uit vergiste biomassa met relatief laag droge stof gehalte (+/- 5%).

Emissies

Uitworp, uitstoot van vloeibare, gasvormige en vaste stoffen (stofdeeltjes), of van geluid, naar lucht, water, of bodem.

Eindproducten

Producten die na een of meerdere bewerkingen worden verkregen.

Effluent

Afvalwater dat vrijkomt uit een bewerkings- of verwerkingsinstallatie.

Externe Veiligheid

Aspecten van veiligheid die samenhangen met risico's van activiteiten voor hun omgeving. Het gaat hierbij om risico's die verbonden zijn met het gebruik, de opslag en het transport van gevaarlijke stoffen (en het vliegverkeer).⁵⁸

Fermentaats

Een meststof die bestaat uit vergiste biomassa, hetgeen kan bestaan uit ofwel vergiste dierlijke mest, ofwel uit een vergist mengsel van dierlijke mest en andere organische reststromen.

Fermentaatsproducten

Verzamelnaam voor fermentaat en daarvan afgeleide producten.

Geureenheid (ge)

Een dusdanige hoeveelheid van een gasvormig(e) stof of mengsel van stoffen dat, na opmenging van deze hoeveelheid met schone lucht tot een volume van één m³, de helft van een groep van getrainde proefpersonen dit mengsel onderscheidt van schone lucht.

Geurconcentratie

Het aantal geureenheden per kubieke meter van een gasvormig(e) stof, of mengsel van stoffen (ge/m³). Ook: het aantal keren dat een luchtmonster moet worden verdund om door 50% van de waarnemers te worden onderscheiden van schone lucht.

Geurbinder

De waarneming van geur die door waarnemers in de directe omgeving (straal < 10 km?) van een installatie als een negatieve invloed op het eigen welbevinden wordt ervaren.

⁵⁸ RIVM, *Nationale Milieuverkenning 1997-2020*, Alphen a/d Rijn, 1997.

GMP (Good Manufacturing Practice)

Geheel van algemeen geaccepteerde richtlijnen en beheersmaatregelen voor een ordelijk verloop van voortbrengingsprocessen.

Grondstoffen

Stoffen die als substraat dienen voor behandeling in een bewerkings- of verwerkingsinstallatie.

Hedonische waarde

Schaal waarmee de mate van geurhinder wordt weergegeven. Deze schaal verloopt van -4 (uiterst onaangenaam) tot +4 (uiterst aangenaam)

Hulpstoffen

Stoffen die worden toegevoegd om processen te bewerkstelligen en/of te bespoedigen (bv. flocculatiemiddelen, oxidatiemiddelen, katalysatoren).

Immissies

Inbreng, toestroom van ongewenste, vloeibare, gasvormige en vaste stoffen (stofdeeltjes) naar de be- of verwerkingsinstallatie.

Influent

Vloeistof die wordt ingevoerd in een bewerkings- of verwerkingsinstallatie.

Kwaliteit

Het geheel van eigenschappen en verwachtingen van eigenschappen, dat aan producten, diensten, installaties en omgeving kan worden toegeschreven.

Kwaliteitszorg

Zorg die gericht is op verkrijging en handhaving van een zo goed mogelijke kwaliteit van producten, diensten en omgeving van be-, of verwerkingsinstallaties.

MAC

Maximaal Aanvaarde Concentratie; grenswaarde voor maximaal toegestane concentraties in de leefomgeving van vloeibare, gasvormige en vaste stoffen (stofdeeltjes).

Mestbewerking

Behandeling van dierlijke mest zonder noemenswaardige veranderingen aan het product teweeg te brengen. Bij voorbeeld: opslag, mengen, roeren, homogeniseren, verwijderen van vreemde objecten zoals plastic folie en hoeven.

Mestvergisting

Vergisting van dierlijke mest gericht op de productie van biogas en fermentaat.

Mestverwerking

Toepassing van basistechnieken of combinaties daarvan met als doel de aard, samenstelling en/of hoedanigheid van dierlijke mest te wijzigen. Bij voorbeeld: scheiding, bezinken, toevoeging van additieven, vergisting, beluchting, droging, compostering, indamping, vergassing, verbranding.

MIC

Maximale Immissie Concentratie: de maximaal toegestane immissie op leefniveau.

Milieuthema's

De thema's van milieubeleid, die als zodanig officieel zijn vastgesteld in het derde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP3). Er worden in het NMP3 in totaal acht milieuthema's onderscheiden, te weten: Klimaatverandering, Verzuring, Vermesting, Verspreiding, Verontreiniging van de bodem, Verwijdering, Verstoring en Verspilling.

Mineralen

Anorganische nutriënten: o.a. stikstof-, fosfor-, kalium-, calcium-, magnesium- en zwavelverbindingen zonder koolstof (N-, P-, K-, Ca-, Mg- en S-verbindingen zonder C) en sporenelementen (bv. koper (Cu), zink (Zn), jodium (I), cobalt (Co), mangaan (Mn) en seleen (Se)).

Nutriënten

Noodzakelijke, organische en anorganische voedingsstoffen die niet door een organisme (planten, dieren, mensen) zelf kunnen worden aangemaakt.

Nutriëntenverwijdering

Verwijdering van nutriënten uit organische reststromen met behulp van basistechnieken.

Organische Meststoffen

Meststoffen waarvoor een algemene of bijzondere ontheffing is verleend op basis van het Meststoffenbesluit 1977. Deze meststoffen staan vermeld op de Lijst van Meststoffen behorende bij de Meststoffenbeschikking 1997.

Organische reststromen

Biomassastromen die als *bijproduct* of *afval* vrijkomen tijdens economische processen van productie en consumptie. Het betreft hier met name bijproducten uit landbouw en bosbouw - o.a. mest en oogstresten - en organische afvalstromen uit huishoudens, KWD⁵⁹ en de industrie.

Swill

Organische reststromen zoals: over datum groente en fruit uit supermarkten en organische afval uit grootkeukens en levensmiddelenindustrie. Deze afval zijn bijzonder geschikt voor vergisting aangezien ze vaak een warmtebehandeling hebben ondergaan waardoor de organische materialen min of meer ontsloten zijn voor microbiologische afbraakprocessen zoals vergisting.

Technische hulpstoffen

Stoffen die worden toegevoegd om processen ongestoord te laten verlopen (bv. schuimremmers, smeermiddelen).

Toetsingskaders

Kaders voor identificatie, beoordeling en toetsing van kwaliteitseisen.

⁵⁹ KWD: Kantoren, Winkels en Diensten.

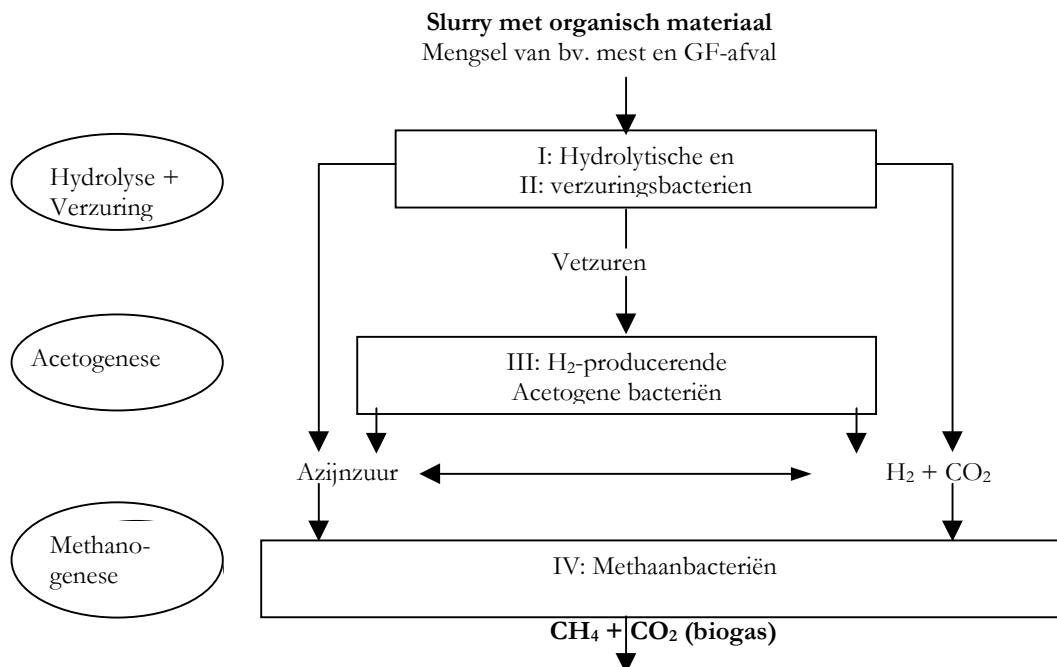
Aanhangsel 2 – Technische specificaties en milieu- en beheersaspecten van co-vergistingsinstallaties

Hieronder wordt eerst de microbiologie van het vergistingsproces en op de volgende pagina's worden de milieu- en beheersaspecten nader toegelicht.

Het anaërobe (zonder zuurstof) vergistingsproces, waarbij organische stof wordt omgezet in biogas, kan worden onderverdeeld in vier fasen, die genoemd zijn naar de groepen van bacteriën die in de afzonderlijke fasen een belangrijke rol spelen.

- I. Tijdens de hydrolyse zetten de hydrolytische enzymen de in de slurry aanwezige koolhydraten, vetten en eiwitten om in oplosbare stoffen. Met andere woorden: complex organisch materiaal wordt omgezet in oplosbaar organisch materiaal.
- II. In de min of meer gelijktijdig verlopende verzuringsfase wordt het oplosbaar organisch materiaal vervolgens weer omgezet in onder andere vluchtige vetzuren, azijnzuur, alcoholen, kooldioxyde (CO_2) en waterstof (H_2).
- III. Tijdens de acetogenese worden de gevormde vetzuren en alcoholen door waterstofproducerende bacteriën en homo-acetogene bacteriën omgezet in azijnzuur, CO_2 en H_2 .
- IV. In de laatste fase, de methanogenese, zetten methaanbacteriën het gevormde azijnzuur, H_2 en CO_2 om in biogas, dat voornamelijk bestaat uit methaan (CH_4) en kooldioxyde (CO_2). Deze fase verloopt trager dan fase 1-3 en is gevoelig voor veranderingen in pH.

Schema: methaanvorming uit organische stof⁶⁰



⁶⁰ Bron: W.J. van Nes et al., *Mestvergistings in Nederland; tien jaar kennis en ervaring in de praktijk*. Centrum voor Energiebesparing en Schone Technologie en Haskoning bv, Delft/Nijmegen, 1990.

Milieu- en beheersaspecten co-vergistingsinstallaties (1)*

Succes-/faalfactoren	Toelichting
<p>a. Biogasproductie</p> <p>b. Methaanemissies uit de vergistingsreactor(en) en uit opslagvoorzieningen voor (vergiste) biomassa en biogas</p>	<p>De volgende factoren zijn o.a. van invloed op het vergistingsproces, de biogasproductie en de methaanemissies bij toepassing van vergistingstechnieken (Van Nes et al., 1990; Schomaker, 1995; Zanstra, 1999; Visser, 2000):</p> <ul style="list-style-type: none"> • De hoeveelheid biomassa⁶¹ die beschikbaar komt voor vergisting; bij vergisting op boerderijschaal hangt dit af van het gehanteerde beweidingssysteem; naarmate het vee langer op stal staat, kan er meer mest worden 'opgevangen' voor vergisting. • De hoeveelheid makkelijk afbreekbare organische verbindingen in de biomassa, die kan worden omgezet in biogas; een hoge C/N-verhouding impliceert meestal een hogere potentiële biogasopbrengst. • Versheid van de biomassa; hoe verser de biomassa hoe meer biogas er kan worden geproduceerd; in niet-verse biomassa is een belangrijk deel van de vergistbare organische stof al afgebroken als gevolg van natuurlijke vergistingsprocessen die optreden tijdens opslag en die methaanemissies veroorzaken. • Afwezigheid van zuurstof tijdens vergistingsproces; vergistingbacteriën zijn obligaat anaëroob; de vergistingreactor moet dus gasdicht zijn en mag geen lekken hebben waardoor zuurstof kan binnenkomen en methaan kan ontsnappen. • Voor de procesbeheersing is het belangrijk te weten dat de eerste drie vergistingsfasen - de hydrolyse, verzuring en acetogenese - veel sneller verlopen dan de laatste fase, de methanogenese. Bij verstoringen van het vergistingsproces, bij voorbeeld als gevolg van een temperatuurdaling in de reactor of een tijdelijke overbelasting met verse organische stoffen, kan er daardoor verzuring optreden. De methaanbacteriën sterven af in een al te zure omgeving. Het risico is evident: het vergistingsproces wordt geremd met navenante gevolgen voor de biogasproductie. • Procestemperatuur; de temperatuur in de reactor moet tijdens het vergistingsproces zo constant mogelijk worden gehouden binnen een bepaalde marge, afhankelijk van het soort bacteriën dat wordt gebruikt voor de vergisting. Naast de meest gangbare mesofiele vergisting (bij 30-38°C) worden ook psychrofiële (zgn. 'koude vergisting' bij 15-25°C) en thermofiele vergisting (bij 52-56°C) onderscheiden. • Aanwezigheid van toxische en/of kiemdodende stoffen (bv. pesticiden, of antibiotica) in de biomassa; hierdoor kunnen de vergistingbacteriën afsterven en kan het vergistingsproces worden belemmerd of zelfs geheel tot stilstand komen. • Verblijftijd van de biomassa in de vergistingreactor; bij een langere verblijftijd kunnen de vergistingbacteriën meer organische stof omzetten en kan een hogere biogasopbrengst worden gerealiseerd. • Biogaswinning uit de na-opslag; na het verlaten van de vergistingreactor gaat het vergistingsproces nog door; bij gasdichte afdekking van de na-opslag en afvoer van het biogas kan nog een substantiële hoeveelheid biogas worden opgevangen; aldus worden tevens methaanemissies vermeden.

* Bron: M. Buijter, G. Posma en G.J. Zanstra, *Mestverwerking in duurzaam perspectief; beoordeling van mestverwerkinginitiatieven vanuit duurzaam perspectief in het kader van de Leidraad Mestverwerking van de Provincie Noord-Brabant*. ETC Ecoculture, Leusden, 2000

⁶¹ Onder biomassa wordt hier verstaan: mest, al of niet vermengd met andere organische reststromen

Milieu- en beheersaspecten co-vergistinginstallaties (2)*

Succes-/faalfactoren	Toelichting
c. H ₂ S-verwijdering uit biogas	<ul style="list-style-type: none"> • Biogas bevat een kleine hoeveelheid H₂S gas. Dit gas bevordert corrosie aan (stook)installaties en moet daarom worden verwijderd. Dit kan betrekkelijk eenvoudig (Schomaker, 1995).
d. Rookgasreiniging WK-installaties	<ul style="list-style-type: none"> • De meerkosten van rookgasreiniging tot niveau van het meest uitgebreide en stringente beoordelingskader, het Besluit Luchtemissie Afvalverbranding (BLA), blijken voor kleinschalige vergisting van biomassa relatief laag uit te vallen (Bergsma et al., 1999).
e. Opslag biogas; fakkelloosstelling	<ul style="list-style-type: none"> • De opslagvoorziening voor het biogas dient voldoende (reserve)capaciteit te hebben in verband met piekbelastingen en onderhoud. Een fakkelloosstelling is verplicht om te voorkomen dat het biogas (met veel methaan) bij grote storingen en groot onderhoud direct naar de lucht wordt geëmitteerd.
f. Ziektekiemen, onkruidzaden en problematische (toxische) stoffen: Integraal kwaliteits-beheer nodig	<ul style="list-style-type: none"> • Toepassing van mestverwerkingstechnieken gebaseerd op vergisting biedt in principe goede randvoorwaarden voor beperking van risico's op verbreiding van ziektekiemen en onkruidzaden. Teneinde de afdoding (fyto)pathogenen en onkruidzaden in de biomassa te maximaliseren wordt vaak een extra sanitatiestap ingebouwd, bij voorbeeld in de vorm van een pasteurisatie. Voorwaarde voor een optimale sanitatie is dat alle biomassa op enig moment en voldoende lang in de vergistinginstallatie en/of in de sanitatietank is behandeld. • In de gehele keten rond de inname, verwerking en afzet van mest, organische reststromen en daarvan afgeleide producten doen zich risico's voor op verbreiding van ziektekiemen en onkruidzaden. Een in sanitair opzicht goed uitgevoerde verwerking biedt op zichzelf onvoldoende garanties dat de sanitaire risico's ook goed beheerst worden. De kans op kruisbesmetting – bij voorbeeld bij vermenging van verwerkte mestproducten met andere organische reststromen - en 'overleving' – bij voorbeeld bij resistentie van micro-organismen tegen hoge temperaturen – van de biomassa blijft immers altijd aanwezig. De risico's op verbreiding van ziektekiemen en onkruidzaden kunnen daarom alleen goed worden beheerst indien het kwaliteitsbeheer niet beperkt blijft tot de installatie, maar zich uitstrekt over de gehele nutriëntenketen rond het aanbod, de verwerking en de afzet van mest, organische reststromen en daarvan afgeleide producten. Het zelfde geldt in feite voor de verspreiding van problematische (toxische) stoffen. Integrale Kwaliteitszorg op basis van HACCP-principes biedt de beste mogelijkheden voor de hier gewenste risicobeheersing. • Bijmengen van organische reststromen brengt additionele risico's op kruisbesmetting van onkruidzaden en (fyto)pathogenen met zich mee. Deze risico's kunnen evenwel goed worden ondervangen door toepassing van integraal kwaliteitsbeheer op basis van HACCP-principes in de aanbods- en afzetketens rond vergistinginstallaties. Integrale kwaliteitszorg rond het gebruik, de verwerking en het transport van mest, organische reststromen en daarvan afgeleide producten kan, in termen van beheersing van risico's op verbreiding en verspreiding van ziektekiemen, onkruidzaden en problematische (toxische) stoffen, een belangrijke verbetering opleveren in vergelijking met de huidige situatie in de agro-industriële productiekolom in Nederland.

* Bron: M. Buijter, G. Posma en G.J. Zanstra, *Mestverwerking in duurzaam perspectief; beoordeling van mestverwerkinginitiatieven vanuit duurzaam perspectief in het kader van de Leidraad Mestverwerking van de Provincie Noord-Brabant*. ETC Ecoculture, Leusden, 2000

Milieu- en beheersaspecten co-vergistingsinstallaties (3)*

Succes-/faalfactoren	Toelichting
g. NH ₃ -emissies uit vergiste biomassa	<ul style="list-style-type: none"> Tijdens opslag en aanwending van vergiste mest/biomassa is er, net als bij ruwe dierlijke mest, kans op vervluchtiging van ammoniak. Dit risico kan eenvoudig en effectief worden ondervangen met thans gangbare voorzieningen voor emissiearme opslag (over- of afdekking van de opslagsilo) en emissiearme aanwending (bv. mestinjectie) (Knudsen et al., 1997). Een gasdichte afdekking van de na-opslag is overigens ook noodzakelijk vanwege na-vergisting van de biomassa en de daarmee gepaard gaande methaanemissies.
h. Vergisting in combinatie met Compostering	<ul style="list-style-type: none"> Vergisting en compostering zijn in principe concurrerende, biologische omzettingsprocessen. De micro-organismen die beide processen op gang houden, vegeteren immers op hetzelfde substraat: makkelijk afbreekbare organische stof. De vuistregel is daarom dat vergiste biomassa zich over het algemeen slecht laat composteren, of omgekeerd: gecomposteerde biomassa laat zich slecht vergisten. De processen kunnen alleen worden gecombineerd, wanneer er na het eerste omzettingsproces nog voldoende makkelijk afbreekbare organische stof in het vergiste dan wel gecomposteerde substraat aanwezig is, of wanneer er nieuwe wordt toegevoegd, bij voorbeeld bij vermenging van een vergiste en ingedikte fractie biomassa met een hoeveelheid organisch afval in een composthoop (Co-vergisting 2). Vanwege de verhoogde concentratie minerale stikstof in vergiste biomassa zal compostering van vergiste substraten doorgaans ook meer ammoniakemissies (N-verliezen) met zich meebrengen. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn dus: emissie beperkende maatregelen en, indien mogelijk, terugwinning van ammoniakstikstof in een meststof (bv. m.b.v. NH₃-strippen). Vergisting biedt over het algemeen betere condities voor afdoding van ziektekiemen en onkruidzaden dan compostering. Bij toevoeging van vergiste biomassa aan een composteringsproces gaat deze meerwaarde verloren als gevolg van kruisbesmetting. Dit geldt ook voor een situatie waarin de mest vooraf wordt gescheiden in een dunne en dikke fractie, waarbij de eerstgenoemde wordt vergist en de laatstgenoemde wordt gecomposteerd.
i. Vergisting in combinatie met scheidingstechnieken (o.a. membraan-filtratie (UF/OO))	<ul style="list-style-type: none"> Scheidingstechnieken zoals een schroef- of zeefbandpers, microfiltratie, ultrafiltratie en omgekeerde osmose functioneren beter en bereiken hogere scheidingsrendementen indien de mest is voorbehandeld in een vergistinginstallatie (Knudsen et al., 1997). Vooral de verwijdering van vluchtige vetzuren uit de mest - deze worden in een vergistinginstallatie omgezet in biogas - draagt hiertoe bij. Deze vetzuren bemoeilijken de afscheiding van water en kunnen verstoppingproblemen veroorzaken. Wanneer de biomassa eerst wordt gescheiden en daarna pas vergist, vervalt deze meerwaarde.

* Bron: M. Buiten, G. Posma en G.J. Zanstra, *Mestverwerking in duurzaam perspectief; beoordeling van mestverwerkinginitiatieven vanuit duurzaam perspectief in het kader van de Leidraad Mestverwerking van de Provincie Noord-Brabant*. ETC Ecoculture, Leusden, 2000

Aanhangsel 3 – Mestverwerking via co-vergisting, grondstoffen, producten en beschrijving van co-vergistingsinstallatie van de toekomst

Voorbeelden van mestverwerking via co-vergisting ¹

VLOEIBARE EN VASTE INPUTS			VLOEIBARE EN VASTE OUTPUTS			
Mest-soorten	Organische reststromen	Additieven en hulpstoffen	Verwerkte mestproducten	Inschatting totale N-verliezen ¹	Inschatting haalbare N-efficiëntie ²	Restproducten
RDM			Vergiste rundveedrijfmest (± 8 % d.s.)	0	90%	
VDM		Zwavelzuur, water	Mestcompost, Sulfaatoplossing, Vergiste varkensdrijfmest, Ammoniumconcentraat, Vergist OO-concentraat	20%	90%	
RDM, VDM	Swill (± 40 %)	Salpeterzuur	Vergiste en N-arme, ingedikte biomassa (± 25 % d.s.), Ammoniumnitraatoplossing (50%), Vergist P-arm effluent	10%	90%	Vreemde objecten uit biomassa
VDM, RDM	Bermgras e.a. (± 25 %)		Vergiste mestcompost, Vergist UF-concentraat, Vergist OO-concentraat	20%	80%	Vreemde objecten uit biomassa, UF/OO-reinigingsvloeistof, OO-effluent
VDM, RDM, PVDM	Bermgras e.a. (± 25 %)		Vergiste ingedikte biomassa (± 25% d.s.), Vergist UF-concentraat, Vergist OO-concentraat	10%	90%	Vreemde objecten uit biomassa, UF/OO-reinigingsvloeistof, OO-effluent
VDM, RDM	Flotatieslib en ongeboren mest (± 25 %) uit slachterijen		Vergiste N/P-rijke biomassa (± 10% d.s.)	0	90%	Vreemde objecten uit biomassa

¹ Het betreft hier een inschatting van het totale verlies aan stikstof uit de biomassa die als substraat dient voor de mestverwerking.

² Dit is een inschatting van de haalbare stikstofbenuttingsefficiëntie van de verwerkte meststoffen in vergelijking met stikstofkunstmest.

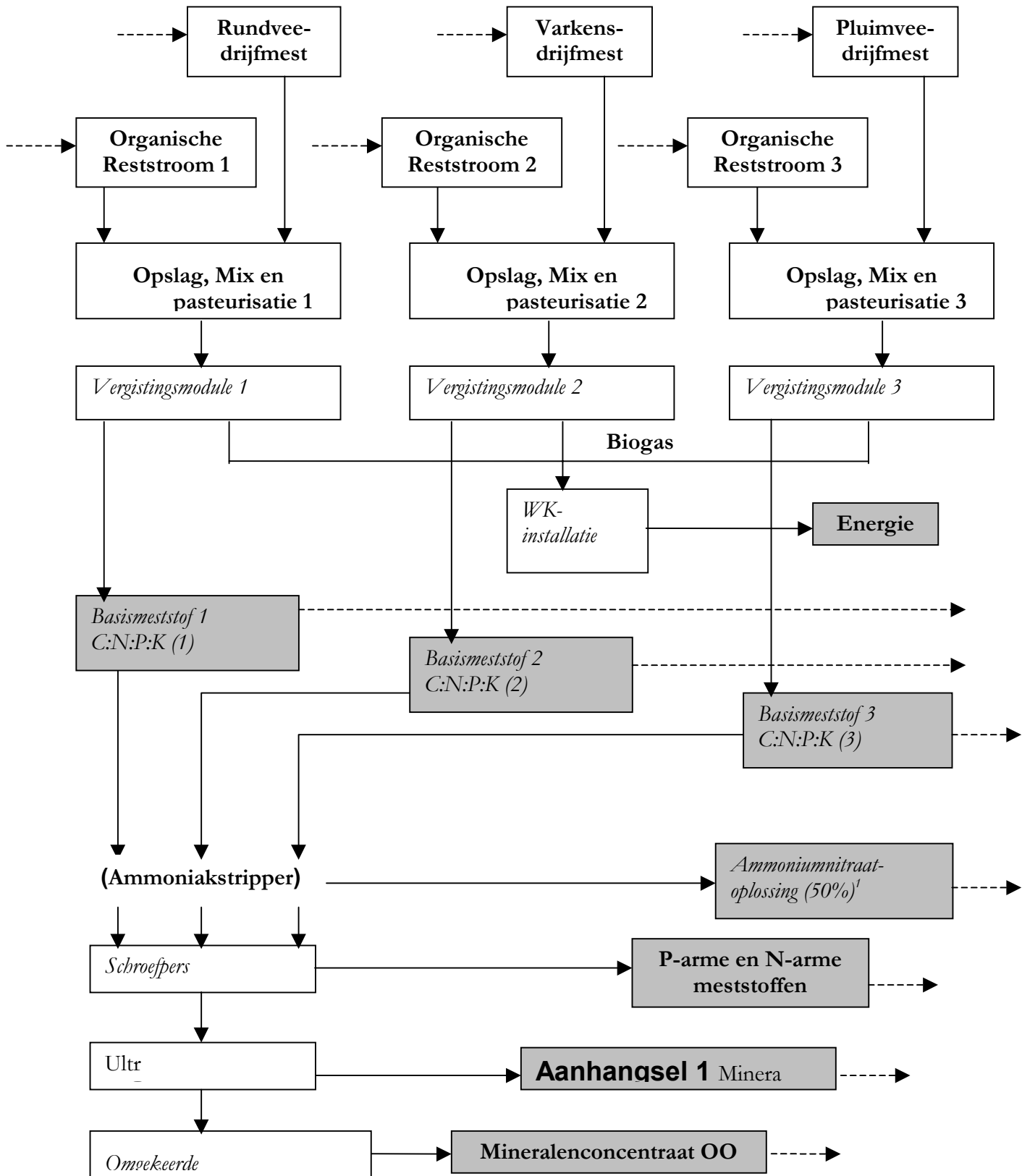
VDM = Varkensdrijfmest, RDM = Rundveedrijfmest, PVM = Vaste Pluimveemest, PVDM = Pluimveedrijfmest, KG = Kalvergië, OR = Organische Reststromen.

OO-effluent bevat nagenoeg geen droge stof, geen stikstof, fosfaat of kali en chloor

Vergist UF-concentraat bevat ongeveer 20% droge stof, meer stikstof dan dierlijke mengmest, meer minerale N, minder organische N en meer fosfaat

Vergist OO-concentraat bevat ongeveer 6% droge stof, meer stikstof dan dierlijke mengmest, meer minerale N, minder organische N en nagenoeg geen fosfaat

Centrale Vergistingsinstallatie van de toekomst?
150.000 ton/jaar



Aanhangsel 4 – Bemestende waarde van dierlijke mest

De bemestende waarde van dierlijke mest voor stikstof wordt bepaald door de effectiviteit van minerale N en van organische N. Velthof et al. (2000) concludeert dat de beschikbare kennis ons niet in staat stelt om de beschikbaarheid, stabiliteit of mobiliteit van N uit mest in de bodem te voorspellen. De voorspelling van de stikstofwerking van dierlijke mest kan gebeuren met behulp van bovenstaande tabel. De gegevens in deze tabel behoeven onderbouwing en evaluatie.

Tabel 1 Bemestende waarde van stikstof uit dierlijke mest op basis van minerale en organische stikstof in verschillende soorten dierlijke mest in Nederland voor het jaar van toediening (op basis van het Nederlands bemestingsadvies (Anom. 1999a & b), tabel overgenomen uit Velthof et al. 2000).

Landgebruik, type mest en techniek van toepassing	Relatieve effectiviteit stikstof (%)		
	Minerale N voorjaar	Organische N voorjaar	Totaal N voorjaar
Akkerbouw			
Rundveemest, diepe injectie	95	30	65
Rundveemest, oppervlakkige toediening + cultivator	75	30	50
Varkensmest, diepe injectie	95	45	70
Varkensmest oppervlakkige toediening + cultivator	75	45	60
Pluimveemest, diepe injectie	95	45	80
Pluimveemest, oppervlakkige toediening	75	45	65
Grassland			
Rundveemest, diepe injectie	92	28	62
Rundeveemest, ondiepe injectie	76	24	52
Rundveemest, sleepvoet	66	24	46b

Aanhangsel 5 – Berekening van energiekosten van verschillende mestverwerkingsscenario's

Hier wordt een een indicatieve berekening gepresenteerd van het netto-effect op het energiegebruik van verschillende mestverwerkingsscenario's *in de keten van 'kont tot grond'* (tabel 1). Zo kan een indruk worden gegeven van de hoeveelheid energie die het kost of oplevert om een ton van een bepaalde mestsoort eerst te verwerken en, indien mogelijk, vervolgens te hergebruiken als meststof ter vervanging van stikstofkunstmest. Op basis van onder meer de energie-inhoud van vier mestsoorten en van N-kunstmest is de netto energieproductie, c.q. –consumptie berekend 7 scenario's voor verwerking en aanwending van dierlijke mest:

1. Vergisting van vleesvarkensdrijfmest (VVDM) en hergebruik van het vergiste mestproduct voor bemestingsdoeleinden.
2. Mechanische scheiding van VVDM in een dunne en een dikke fractie (mbv schroefpers); beluchting van de dunne fractie en hergebruik van de dikke en de beluchte, dunne mestfracties voor bemestingsdoeleinden.
3. Indamping en verdamping van vleesvarkensdrijfmest VVDM tot een vaste meststof (90% d.s.) en hergebruik van deze vaste meststof voor bemestingsdoeleinden.
4. Vergisting van pluimveedrijfmest (PVDM) en hergebruik van het vergiste mestproduct voor bemestingsdoeleinden.
5. Droging en verbranding van PVDM zonder hergebruik van eindproducten voor bemestingsdoeleinden.
6. Vergisting van zeugendrijfmest (ZDM) en hergebruik van het vergiste mestproduct voor bemestingsdoeleinden.
7. Indamping en verdamping van ZDM tot een vaste meststof (90% d.s.) en hergebruik van deze vaste meststof voor bemestingsdoeleinden.

Bij deze berekening is geen rekening gehouden met energiegebruik voor:

- a) Transport van mest en verwerkte meststoffen;
- b) Het gebruik en eventuele vervanging van fosfaat- en kalikunstmest;
- c) Procesluchtbehandeling; dit is vooral van belang voor de scenario's 2, 3 en 5 waarin op enig moment (verwerkte) mest wordt belucht en/of gedroogd;
- d) Rookgasreiniging; dit is vooral van belang voor de scenario 5 waarin gedroogde mest wordt verbrand en in mindere mate voor de scenario's 1, 4 en 6 waarin de rookgassen uit een met biogas gestookte (WK-)installatie moeten worden gereinigd.

Tabel 1: Indicatieve berekening van netto-energiesurplus van mestverwerkingsopties op ketenniveau

Mestsoort	O.s.	As	N-totaal	Mestverwerking	Netto Energie-opbrengst	N-verlies tijdens verwerking	Haalbare N-efficiency verwerkte meststoffen ¹	Netto energie-surplus ^{incl}	Netto energie-surplus ^{incl} 100 kton	Netto CO ₂ -emissie ^{incl} 100 kton	Netto Energie-kosten ^{incl} 100 kton
	Kg/ton	Kg/ton	kg/ton		MJ/ton	Procent	procent	MJ/ton	TJ	ton CO ₂	NLG
1. VVDM	55	74	9,3	Vergisten	264	0%	90%	471	47,1	-2.591	- 493.137
2. VVDM	55	74	9,3	scheiden/beluchten	-194	50%	15%	-286	-28,6	1.573	299.442
3. VVDM	55	74	9,3	in-/verdampen	-750	40%	45%	-826	-82,6	4.543	864.822
4. PVDM	121	70	14,7	Vergisten	579	0%	90%	906	90,6	-4.983	-948.582
5. PVDM	121	70	14,7	drogen/verbranden	-1890	100%	0%	-2080	-208	11.450	2.177.760
6. ZM	34	21	4	Vergisten	163	0%	90%	257	25,7	-1.414	-269.079
7. ZM	34	21	4	in-/verdampen	-822	40%	45%	-856	-85,6	4.708	896.232

¹ Het betreft hier een inschatting van de 'haalbare N-efficiency' van de N-meststoffen (t.o.v. N-kunstmest!) die met behulp van de mestverwerkingprocédés kunnen worden geproduceerd.

Gebruikte Rekenfactoren

- Energiewaarde organische stof (o.s) = 20 MJ/kg
- Droge stof (d.s.) = o.s. + as
- Vergistbare o.s. = 30% van totale hoeveelheid o.s.
- Energierendement vergisten, incl. Energieverbruik vergistingsinstallatie = 80%
- Energierendement verbranden, excl. rookgasreiniging = 72,5%
- Thermisch rendement verdampen m.b.v. mechanische damprecompressie of m.b.v. meertrapsvacuüm = 0,35
- Thermisch rendement drogen mbv ventilatielucht = 0,7 (dit impliceert een *lager* rendement dan 0,35)
- D.s. gehalte dunne fractie na mechanische scheiding = 3%
- Energievraag Mechanische scheiding met behulp van 200 MJ/ton
- Energievraag verdamping = 2,5 MJ/kg waterverdamping
- Energievraag opwarming ventilatielucht 2 MJ/kg waterverdamping
- Mineralisatie o.s. bij beluchting = 30% van totale hoeveelheid o.s.
- Zuurstofvraag mineralisatie 1,8 kg O₂ / kg o.s.
- Energievraag mineralisatie 0,67 kWh elektrisch / kg O₂

Gebruikte Rekenfactoren

- 1 kWh elektrisch = 3,6 MJ
- 1kWh elektrisch = 2,7 kWh thermisch
- Referentie: N-efficiency ruwe mest = 33%
- Energiewaarde N-kunstmest = 39 MJ/kg N
- 1 GJ energie stookolie kost 10,47 NLG = 4,76 Euro
- 1 TJ energie (op basis v. aardgas) = 55 ton CO₂-equivalenten

Afkortingen

- VVDM = vleesvarkensdrijfmest (Driessen et al., 1996)
- PVDM = pluimveedrijfmest (Driessen et al., 1996)
- ZM = zeugendrijfmest, incl. biggen tot ca. 25 kg (Schomaker et al., 2000)
- o.s. = organische stof
- MJ, GJ, TJ = Mega- (10⁶), Giga- (10⁹), Tera- (10¹²) Joule
- incl = Inclusief N-Kunstmests substitutie

De resultaten leiden tot de volgende conclusies:

- Bij verwerking van drijfmest kan alleen met vergisting een netto positieve energiebalans worden gerealiseerd. Wanneer het energiegebruik voor droging van (pluimvee-)drijfmest tot vaste (leghennenband-)mest⁶² niet wordt meegerekend kan ook met behulp van mestverbranding netto energie worden geproduceerd. De energieinhoud van drijfmest is niet voldoende om de energie die nodig is voor droging te compenseren. Dit zou betekenen dat verbranding en vergisting van vast mest geen bijdrage leveren aan een reductie van emissies van broeikasgassen. Alleen als de droging plaats vindt op basis van lichaamswarmte van het (pluim)vee in stallen, die doorgaans onbenut aan de buitenlucht zou worden afgegeven is er geen negatieve balans. Deze argumentatie gaat echter voorbij aan het gegeven dat het vee alleen maar lichaamswarmte en ook mest kan produceren dankzij gebruik van veevoerders. En de productie van veevoer, in het bijzonder van krachtvoer, kost indirect veel (fossiele) energie. Ter indicatie: voor rundveekrachtvoer wordt een gemiddelde energiewaarde aangehouden van 10 MJ/kg (Dasselaar et al., 1994).⁶³
- Wanneer dierlijke mest *uitsluitend* wordt ingezet voor opwekking van energie, door middel van verbranding of vergassing, verandert de status van het product. Mest verandert dan van een meststof in een brandstof. Vanwege het, aan mestverbranding en –vergassing, inherente verlies van waardevolle nutriënten (met name stikstof), verliest mest tevens de positieve energiewaarde die voortvloeit uit de potentiële kunstmests substitutie.
- Wanneer dierlijke mest uitsluitend wordt gebruikt voor opwekking van energie wordt mest in feite brandstof. *In dit geval wordt mestproductie een primair motief voor veeteelt en kan mest worden beschouwd als een hoofdproduct van dierlijke productie.* Om te bepalen of deze brandstof ‘hernieuwbaar’ en ‘duurzaam’ is, moet worden bepaald of de energie-input die nodig was om deze brandstof te produceren, opweegt tegen de energie-output die verbranding of vergassing van deze brandstof oplevert. De rekenresultaten in tabel 1 van de energiebalans van mestverbranding op ketenniveau wijzen er op dat dit niet het geval is. Verbranding van de in (pluimvee)drijfmest aanwezige organische stof levert met andere woorden onvoldoende energie op om de energie-input, die nodig is voor de noodzakelijke droging van deze drijfmest, te compenseren.⁶⁴

⁶² Het betreft hier droging met behulp van stallucht. Door gebruik te maken van de lichaamswarmte van het vee in de stal en het vocht opnemend vermogen van de stallucht kan een fors deel water uit mest worden verdampt. Via recycling van warme stallucht, of opgewarmde buitenlucht, langs de vochtige mestmassa kan pluimveedrijfmest bij voorbeeld worden gedroogd tot droge stof gehalten van 20 tot 70% (Ten Have et al., 1996).

⁶³ Deze energiewaarde is berekend als de som van de energie die nodig is voor: de productie en aanvoer van veevoedergrondstoffen; de procesenergie voor verwerking van deze grondstoffen tot veevoeren en voor transport van het veevoer van de fabriek naar de boerderij (Dasselaar et al., 1994).

⁶⁴ Wellicht ten overvloede: deze energie-input betreft het resterende deel van de energie uit krachtvoer dat kan worden toegerekend aan de productie van mest en lichaamswarmte van (pluim)vee.

- Een zorgvuldige toepassing van mest- of co-vergisting leidt tot opwekking van energie maar ook tot een vergroting van de hoeveelheid waardevolle mestnutriënten (met name stikstof) die *effectief* kan worden benut voor de plantaardige agrarische productie. De energiewaarde van mest kan met behulp van mest- of co-vergisting substantieel worden verhoogd via vergroting van de beschikbaarheid van organische mestnutriënten voor kunstmests substitutie. Zo resulteert een met vergisting gerealiseerde verbetering met 57%⁶⁵ van de haalbare N-efficiency van vleesvarkensdrijfmest (rij 1 in tabel 2) in een potentiële netto-energie winst van 207 MJ/ton vanwege kunstmests substitutie. Deze potentie samen met de productie van biogas uit mest maken dat mest- of co-vergisting *als nevenactiviteit van dierlijke productie in de landbouw* efficiënt gebruik van hernieuwbare en niet-hernieuwbare hulpbronnen mogelijk maakt en emissies reduceert.

In de vergelijking van energie-opwekking uit mest met behulp van mestverbranding en –vergassing enerzijds en met behulp van mest- of co-vergisting wordt nu een positieve beoordeling (+) toegekend wanneer de mestverwerking *op installatieniveau* leidt tot een netto energie-surplus. Een negatieve beoordeling (-) volgt wanneer de mestverwerking bijdraagt tot omvangrijke verliezen (51-100%) van stikstof uit biomassa. Dit laatste is bij mestverbranding en –vergassing het geval. Daarnaast wordt ook de, uit verbranding en vergassing voortvloeiende, verwijdering van bestendige organische stof uit mest negatief beoordeeld (zie volgende paragraaf) in verband met het belang van behoud van organische stof voor de beperking van broeikasgasemissies uit landbouw.

Niet alle energiefactoren zijn doorberekend: de energie die nodig is voor procesluchtreiniging en rookgasreiniging heeft naar verwachting de meest significante invloed op een energiebalans van mestverwerking op ketenniveau. Deze verwachting is gebaseerd op de relatief grote volumina lucht en/of rookgassen die moeten worden gereinigd in mestverwerkingsscenario's rond aërobe behandelingen – compostering, beluchting, droging - en verbranding en vergassing van mest.

De energie voor transport van mest en verwerkte meststoffen en afvalproducten lijkt binnen bepaalde marges (<300 km) minder invloed te hebben op de energiebalans in de keten. Wanneer bij voorbeeld pluimveedrijfmest wordt verwerkt in een nabijgelegen (5 km) centrale vergistingsinstallatie met een capaciteit van 25 kton op jaarbasis, waarbij de afgescheiden dunne en dikke fracties (bv 10 kton dikke fractie) na verwerking, respectievelijk weer in het mestproductiegebied (5km) en over lange afstand worden afgezet, dan is er voor transport ongeveer 116 GJ dieselenergie nodig⁶⁶. Dit is bijzonder weinig in vergelijking met de 'energie winst' die met een dergelijke installatie kan worden geboekt via biogasproductie (14.475 GJ) en N-kunstmests substitutie (8175 GJ).

Op basis van het voorgaande kan dan een overzicht gegeven worden van de beoordeling van effecten van specifieke mestverwerkingsopties in relatie tot gebruik en uitputting van niet-hernieuwbare fossiele brandstoffen (tabel 2)

⁶⁵ Dit is het verschil tussen de haalbare N-efficiency van de vergiste vleesvarkensmest (90%) en de gehanteerde referentie voor de N-efficiency voor ruwe mest: 33%.

⁶⁶ Voor transportenergie is hier gerekend met een energiegebruik van 0,86 MJ per tonkm.

Tabel 2 *Beoordeling specifieke mestverwerkingsopties in relatie tot uitputting*

Activiteiten en segmenten in de keten	Te verwachten effecten op het gebruik van niet-hernieuwbare grondstoffen	Beoordeling
Netto opwekking van energie uit biomassa in mestverwerkingsinstallatie	Verminderde uitputting van fossiele brandstoffen a.g.v. productie hernieuwbare energiedragers	+
Verhoging van de haalbare N-benuttings-efficiëntie (70-90% t.o.v. kunstmest) in verwerkte meststoffen, efficiënte aanwending van verwerkte meststoffen en vervanging van kunstmest op primaire agrarische bedrijven	Verminderde uitputting van fossiele brandstoffen a.g.v. gereduceerd gebruik van N-kunstmest-stoffen	+
Bij substantiële verliezen (10-50%) van stikstof uit biomassa ¹ tijdens mestverwerking in installatie zonder terugwinning van stikstof	Uitputting van fossiele brandstoffen a.g.v. instandhouding en/of vergroting van het gebruik van N-kunstmeststoffen	-
Bij omvangrijke verliezen (51-100%) van stikstof uit biomassa ¹ tijdens mestverwerking in installatie zonder terugwinning van stikstof	Uitputting van fossiele brandstoffen a.g.v. instandhouding en/of vergroting van het gebruik van N-kunstmeststoffen	--
Bij vermindering van de beschikbaarheid van fosfor en kalium voor bemestingsdoeleinden	Uitputting van fossiele brandstoffen en fosfaatertsen a.g.v. instandhouding en/of vergroting van het gebruik van P- en K-kunstmeststoffen	-

¹ Biomassa = mest, al of niet vermengd met organische reststromen.

Aanhangsel 6 – Technische en operationele gegevens van Mestverwerking in Denemarken

Co-vergisting en biogas productie in Denemarken in 1998

		V. Hjer- mitslev	Vegger	Davin- de	Sin- ding	Fangel	Rev- ninge	Ribe	Lintrup	Lemvig	Hod- sager	Hashoj	Thorso	Aarhus	Filskov	Studs- gaard	Blabjerg	Sner- tinge	Blahoj	Vaarst	Nysted	
Bouwjaar		1984	1985	1988	1988	1989	1989	1990	1990	1992	1993	1994	1994	1995	1995	1996	1996	1996	1997	1997	1997	1998
reactor capaciteit	m ³	1500	800	750	2100	3200	540	4650	6900	7000	880	2900	4600	7500	880	6000	5000	2800	2800	2000	5000	
Proces temperatuur	m of t	m	t	m	t	m	m	t	m	t	m	m	Thorso	m	t	t	t	t	t	t	m	
Rundermest	m ³	7015	13656	6728	11980	11541	5311	91164	45671	51031	10449	7822	29432	18413	17655	13908	58650	9949	20821	8458	8841	
Varkensmest	m ³	3595	0	4707	23654	32462	2206	24492	32494	67372	1619	17718	45232	103401	841	72567	23703	19055	2120	6350	45550	
Pluimveemest	m ³					2482		917					1138								165	
Minkmest	m ³				86	48		2347		33	1075									148		
Anderes mest	m ³					1971				13097		1957	15910	88		760	7207					
Oogstresten	m ³										180		29		18					194		
Totaal (landbouw)	m³	10610	13656	11435	35720	48504	7517	118920	91295	119478	12248	27497	91741	121902	18514	87235	89560	29004	23283	14808	54556	
Organisch afval	m ³																					
Ingewanden	m ³		1150		5797	2276		19695	5567	11673	3898	7639	10026	3045	5454	4880		116	159	5436	125	
Vet en drijfslagen	m ³		2613	254		3855	807	11887	591	6441		8213	4200	1030	6052	563	5689	6210	4685	5355	408	
Fodder	m ³				59				364	564	275		125	833		33		41	179	8	62	
Visafval	m ³	5296	1288	501				2515	17705	5012	1874	576	1561				7285	25	1792	1740	54	
Groente en fruit	m ³					529	837		49					49			26	1586			137	
Brouwerijen	m ³																	2208	177			
Zuivel	m ³				2649			5851		7917				5460		10515	2507				166	
Suikerindustrie	m ³																				1819	
Bleekkaarde	m ³		1447		3776									1322		5455					359	
Leerlooierijen	m ³	340				1527											4509				27	
Medische industrie	m ³		96		448	956	628	3059	7321			1264	2308	5247		1036		3118		2816	678	
Overige industrie	m ³		99		994			51	155	256		965		403		889	1051				510	
Zuiveringsslib	m ³		205						6118	5046	187		5052				4306	1501				
GFT	m ³													54		864					582	
Totaal (niet-landbouw)	m³	5636	6898	755	13723	9143	2272	43058	37870	36909	6234	18657	23272	17443	11506	24235	25373	14805	6992	16489	3793	
Biomassa totaal	m³	16246	20554	12190	49443	57647	9789	161978	129165	156387	18482	46154	115013	139345	30020	111470	114933	43809	30275	31297	58349	
Biomassa per dag	m ³	45	56	33	135	158	27	444	354	428	51	126	315	382	82	305	315	120	83	86	160	
Biogas productie	1000 m ³	1492	2013	282	2348	2275	355	4762	3718	5302	656	2504	3281	3860	1224	5841	3300	1694	1353	2382	1450	
Biogas per dag	m ³	1088	5515	773	6433	6233	973	13047	10186	14526	1797	6860	8989	10575	3353	16003	9041	4641	3707	6526	3973	
Gasopbrengst	m ³ /m ³	92	98	23	47	39	36	29	29	34	35	54	29	28	41	52	29	39	45	76	25	

