

# Toepassing van de opstroomreaktor bij de anaerobe behandeling van kalverdrijfmest

## Inleiding

Sinds de vijftiger jaren heeft de kalvermesterij in ons land een sterke groei door- gemaakt met als direkt gevolg een toename van de mestproduktie van 172.000 ton in 1960 tot 1.036.000 ton in 1977 [1]. De potentiële vervuilingswaarde van de in Nederland geproduceerde kalvermest komt overeen met ca. 400.000 i.e. Welk gedeelte hiervan als overschot moet worden be- schouwd is onbekend.

De ontwikkeling wordt gekenmerkt door schaalvergroting en centralisatie van de be-



A. F. M. VAN VELSEN  
Landbouwhogeschool  
Wageningen



E. VAN 'T OEVER  
Landbouwhogeschool  
Wageningen



G. LETTINGA  
Landbouwhogeschool  
Wageningen

drijven: zo is in Gelderland ongeveer de helft van het aantal kalverplaatsen van Nederland geconcentreerd. De intensivering van de kalvermesterij heeft ertoe geleid, dat in concentratiegebieden niet voldoende landbouwgrond aanwezig is om de mest op verantwoorde wijze uit te rijden. Teneinde het mestoverschot zo goedkoop mogelijk kwijt te raken wordt in een aantal gevallen een zware overbemesting toegepast, waarbij in feite sprake is van het dumpen van mest.

Aan de zware overbemesting zijn een aantal nadelen verbonden, niet alleen van agrarische, maar ook van milieuhygiënische aard (stankhinder, oppervlaktewater- en, op de langere termijn, grondwaterverontreiniging). In vergelijking met andere mestsoorten is kalverdrijfmest nogal verdund (droge stof gehalte 1 tot 1,5 %). Transport van de mest naar gebieden, waar het voor de bemesting kan worden aangewend, wordt daarom al gauw onrendabel.

Een biologische behandeling van de mest biedt goede perspectieven voor een vermindering van het probleem van het mestoverschot.

Bij een dergelijke behandeling wordt gestreefd naar (a) een zo groot mogelijke

volumereductie van het af te voeren materiaal (slib), (b) het produceren van een bij voorkeur loosbaar effluent en (c) een dermate goede stankreductie, dat beide eindprodukten geen aanleiding kunnen geven tot stankoverlast.

Aerobe behandeling van kalverdrijfmest is onder meer onderzocht door Van Faassen [2] en wordt momenteel op een aantal bedrijven toegepast. In Elspeet is bovendien een centrale aerobe voorzuiveringsinstallatie voor de verwerking van de mest van ca. 5.000 kalveren in bedrijf. De aerobe behandeling is een 'consumptief' proces: het beluchten vergt energie (momenteel 11,5 kWh/m<sup>3</sup> mest), terwijl daarenboven gebonden stikstof verloren gaat door nitrifikatie/denitrifikatie processen. Een vergaande ammonium-stikstof verwijdering wordt bij aerobe behandelingssystemen juist nagestreefd, omdat de heffing op de lozing van het effluent mede is gebaseerd op het ammonium stikstof gehalte.

Aangezien mag worden verwacht, dat de prijs van energie en gebonden stikstof in de naaste toekomst sterk zal stijgen, is het van belang de toepassing van andere — weinig of geen energie verbruikende en voor terugwinning van stikstof geschikte — zuiveringsmethoden te overwegen. Men kan hier in de eerste plaats denken aan de toepassing van methaangisting. De vergisting van kalverdrijfmest in een conventionele rioolslibvergistingsinstallatie is echter niet aantrekkelijk vanwege de lange verblijftijd (min. 10 dagen) en het lage droge stof gehalte van kalverdrijfmest.

De toepassing van de 'opstroomreaktor', zoals sinds kort in gebruik voor de (voor)zuivering van bietsuikerafvalwater [8], kan echter goede perspectieven bieden. Kalverdrijfmest verschilt in zoverre van de meeste andere, reeds in de opstroomreaktor onderzochte afvalwaterstromen, dat een aanzienlijk gedeelte van het CZV (40 - 60 %) in onopgeloste toestand aanwezig is. Op grond van deze overwegingen is op de Afdeling Waterzuivering van de Landbouwhogeschool een oriënterend laboratorium-onderzoek uitgevoerd naar de toepassingsmogelijkheden van de methaangisting in een opstroomreaktor bij de verwerking van kalverdrijfmest.

## Toepassing van methaangisting bij de verwerking van kalverdrijfmest

Bij het methaangistingsproces wordt de afbreekbare organische stof omgezet in methaan en kooldioxide. Het proces verloopt via een drietal opeenvolgende stappen, nl. hydrolyse, zuurvorming en methaanvorming, die bij een goed ingewerkt proces gelijktijdig en naast elkaar plaatsvinden.

Door hydrolyse worden onopgeloste

organische bestanddelen m.b.v. exo-enzymen in oplossing gebracht. In de volgende omzettingfase worden opgeloste, organische bestanddelen, zoals suikers, aminozuren en vetzuren, door zuurvormende micro-organismen omgezet in waterstof, kooldioxide en een aantal laagmoleculaire organische stoffen zoals vluchtige vetzuren en alcoholen. Tenslotte worden de produkten van de zuurvorming door methaanvormende bacteriën — al dan niet in samenwerking met andere micro-organismen — omgezet in methaan en kooldioxide.

Voor een vollediger inzicht in de processen, die een rol spelen bij de methaangisting en de interacties tussen de verschillende biochemische processen wordt verwezen naar de literatuur [3, 4, 5, 6].

Het typische kenmerk van de methaangisting is de omzetting van organische stof in het zgn. biogas, dat door een hoog gehalte aan methaan (60 - 90 %) uitstekend als brandstof gebruikt kan worden.

Tegenover de energieproductie van het proces staat echter ook een energieconsumptie. Omdat het gistingsproces goed verloopt bij temperaturen boven ca. 25 °C en er tijdens de methaangisting door de bacteriën vrijwel geen warmte wordt geproduceerd, moet de mest — eventueel m.b.v. het geproduceerde gas — opgewarmd worden van 10 - 15 °C (opslagtemperatuur) tot 25 à 30 °C.

In vergelijking met het aerobe proces is de surplusslib productie bij het methaangistingsproces laag, zodat de kosten van slibafvoer en een eventuele slibverwerking geringer zijn. Een nadelig aspect van de geringe slibaanwas is echter, dat het aanlopen van het proces en het herstel na een eventuele verstoring geruime tijd in beslag kan nemen.

Bij het anaerobe proces spelen de zuurstofinbreng en het zuurstoftransport, die belangrijke limiterende factoren kunnen zijn bij aerobe omzettingen, geen rol. Door het handhaven van een hoge concentratie aan actief bacteriemateriaal in de gistingsruimte, wat in 'de praktijk thans ook voor weinig geconcentreerd 'opgelost' afvalwater zeer goed mogelijk blijkt bij de toepassing van de opstroomreaktor, kunnen daarom zeer hoge volumebelastingen (5 tot 40 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag) worden toegepast [7, 8, 9, 16].

Het gistingsproces vindt plaats in een afgesloten ruimte, zodat er geen stankoverlast zal optreden. Eventuele stankveroorzakende stoffen, die bij het proces in het gevormde gas geraken, kunnen m.b.v. een gaswasstelsel op eenvoudige wijze worden verwijderd, temeer daar het gasdebiet gering is. Bij de vergisting van varkensdrijfmest is geconstateerd, dat de voor de stank verantwoordelijke stoffen in aanzienlijke mate worden geëlimineerd [10]. Verwacht mag

worden, dat dit ook voor kalverdrijfmest het geval zal zijn.

Tijdens de anaerobe behandeling blijft het gehalte aan Kjeldahl-stikstof vrijwel constant. Wel wordt de organisch gebonden stikstof grotendeels omgezet in ammoniumstikstof. Aangezien het gehalte aan ammoniumstikstof belangrijk is zowel voor het verlenen van een lozingsvergunning als voor de berekening van de lozingsheffing, zal er een stikstofverwijdering — bij voorkeur gecombineerd met een stikstofterugwinning — moeten plaatsvinden alvorens het effluent van een mestvergistingsinstallatie op het oppervlaktewater wordt geloosd.

De meest aangewezen manier om ammoniumstikstof uit het effluent van anaerobe installaties te verwijderen lijkt momenteel het 'uitblazen' in de vorm van ammoniak ( $\text{NH}_3$ -stripping), omdat de stikstof na vergisting grotendeels in ammonium-vorm voorkomt en gezien de omstandigheid, dat het anaerobe proces wordt uitgevoerd bij een verhoogde temperatuur, nl. ca. 30 °C [11], hetgeen voor het stripproces gunstig is. Het stripproces moet bij een verhoogde pH worden uitgevoerd, omdat het evenwicht  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$  dan rechts ligt. Wanneer men de pH m.b.v. kalk verhoogt, wordt fosfaat neergeslagen, zodat een combinatie van N- en P-verwijdering wordt verkregen. De uitgedreven ammoniumstikstof kan worden teruggewonnen in de vorm van een geconcentreerde ammonium-zout oplossing [11, 12, 13]. Een totaal zuiveringssysteem voor kalverdrijfmest en soortgelijke afvalstromen, gebaseerd op de methaangisting, is schematisch weergegeven in afb. 1. Vooralsnog lijkt een dergelijk systeem vanwege economische en organisatorische redenen alleen aantrekkelijk voor een toepassing op grote schaal, bv. bij een centrale verwerking van mest. Het hier beschreven onderzoek beperkt zich tot de toepassingsmogelijkheden van methaangisting bij gebruik van een opstroomreaktor.

### Doelstelling onderzoek

Het doel van het onderzoek is driedelig, nl.:

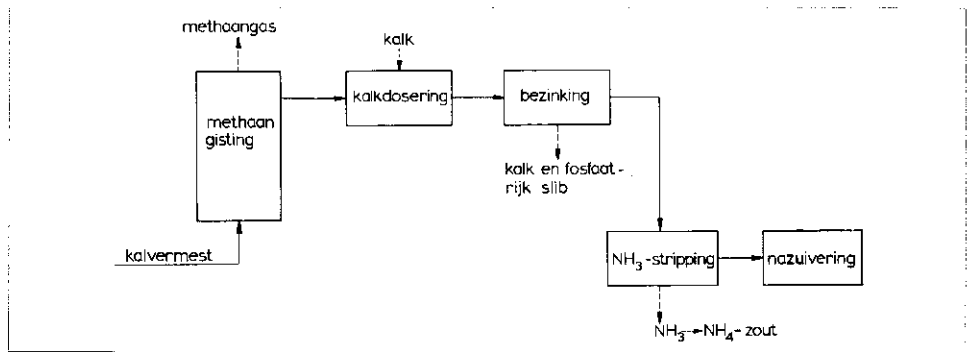
- bepalen van de vergistbaarheid van kalverdrijfmest;

- vaststellen van de invloed van de temperatuur en de belasting op het gistingproces;

- verkrijgen van inzicht in de toepassingsmogelijkheden van de opstroomreaktor bij de vergisting van kalverdrijfmest, een substraat dat voor een deel bestaat uit onopgeloste bestanddelen.

### Uitvoering onderzoek

Het onderzoek werd uitgevoerd in 2 op-



Afb. 1 - Schema voor de zuivering van kalverdrijfmest, gebaseerd op methaangisting.

stroomreactoren met een inhoud van resp. 22 liter (diameter 20 cm, hoogte 80 cm) en 25 liter (diameter 20 cm, hoogte 90 cm). Het principe en de werking van de opstroomreaktor is reeds eerder uitvoerig beschreven [9, 14].

De 22-liter reaktor was opgesteld in een 30 °C ruimte. In de reaktor werd intermitterend geroerd. Als entmateriaal werd uitgedist rioolslib, afkomstig van de rioolwaterzuiveringsinstallatie Ede, gebruikt.

Aanvankelijk werd een belasting van 0,8 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag toegepast. Op dag 11 werd de belasting verdubbeld tot 1,6 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag (hydr. verblijftijd 5,9 dagen, slibbelasting 0,057 kg CZV/kg slib, dag). Daarna werd de belasting trapsgewijs (zie tabel 2) opgevoerd tot 6,7 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag (hydraulische verblijftijd 1,4 dagen, slibbelasting 0,485 kg CZV/kg slib, dag).

In de 25-liter opstroomreaktor werd de vergisting bij een temperatuur van 25 °C onderzocht. In de reaktor werd gedurende een periode van 55 dagen een belasting van 1,9 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag (hydraulische verblijftijd 5,0 dagen, slibbelasting 0,103 kg CZV/kg slib, dag) toegepast.

De bij het onderzoek gebruikte mest was afkomstig van uitsluitend jonge dieren en werd betrokken van het Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek van Biochemische producten (ILOB). Om een zo gelijkmatig mogelijke samenstelling van de mest tijdens de experimenten te waarborgen, werd aan het begin van de onderzoeksperiode ca. 8 m<sup>3</sup> mest gezeefd (zeefdiameter 2 mm) en opgeslagen bij buitentemperatuur (0 - 10 °C). In tabel 1 zijn de belangrijkste karakteristieken van de mest weergegeven. Gebleken is, dat de samenstelling weinig veranderde tijdens de duur van het onderzoek. Aangezien de samenstelling van de bij het onderzoek gebruikte mest nogal afweek van die van bedrijfsmest (jonge en oude dieren) [15], werd in een apart experiment de vergistbaarheid van de bij het onderzoek gebruikte mest vergeleken met die van kalverdrijfmest, afkomstig uit het opslagbassin van de centrale voorzuiveringsinstallatie in Elspeet. De belang-

TABEL I - Samenstelling van kalverdrijfmest van verschillende herkomst.

Herkomst mest		ILOB *	Elspeet **
pH	(mg/l)	8,2	7,5
CZV totaal	(mg/l)	9500	10100
CZV supernatant	(mg/l)	3100	6100
CZV vetzuren	(mg/l)	2040	5700
BZV	(mg/l)	3600	4900
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	(mg/l)	940	1960
N totaal	(mg/l)	1080	2240
indamprest	(mg/l)	6660	11000
gloeirest	(%)	57	35

\* Gemiddelde analyse van de mest, gebruikt tijdens het onderzoek.

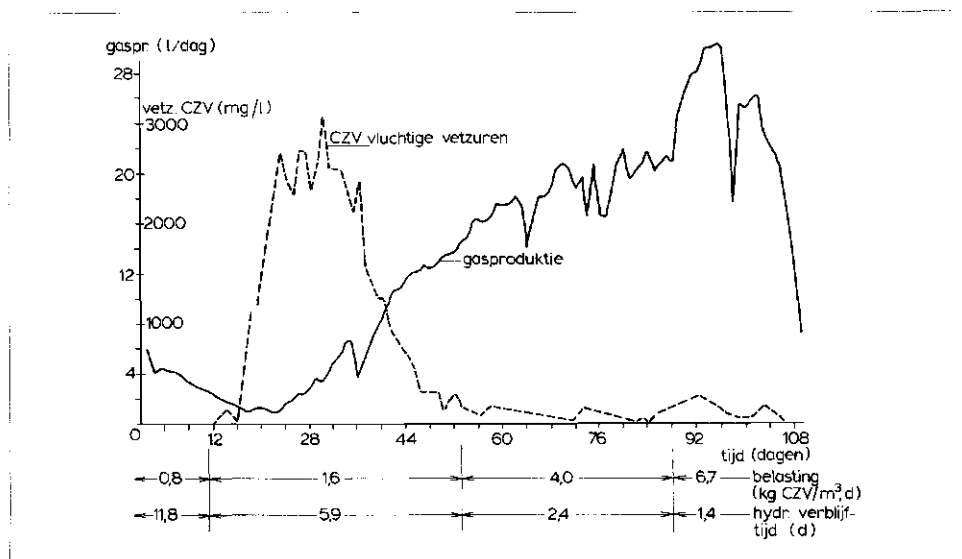
\*\* Mest, afkomstig van het opslagbassin van de centrale praktijkinstallatie voor de beluchting van kalverdrijfmest in Elspeet.

rijkste karakteristieken van de bedrijfsmest zijn eveneens weergegeven in tabel I.

### Resultaten en bespreking

Het verloop van de gisting tijdens het 30 °C-experiment is weergegeven in afb. 2 aan de hand van de gasproductie en de vluchtige vetzuren concentratie in het effluent. Het blijkt, dat na het starten van de voeding de gasproductie onmiddellijk begint, maar na korte tijd duidelijk afneemt. Hierin komt geen verbetering wanneer op dag 11 de belasting wordt verdubbeld tot 1,6 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag.

Gedurende de eerste 12 dagen van het experiment komen er nauwelijks vluchtige vetzuren voor in het effluent. Dit kan wellicht worden verklaard uit het feit, dat tijdens deze periode het effluent uitsluitend bestaat uit slibwater afkomstig van het entslib. Pas na 12 dagen, wanneer de reaktor eenmaal geheel is doorgestroomd met kalverdrijfmest, neemt de concentratie aan vluchtige vetzuren in korte tijd toe tot 3100 mg vetzuur-CZV/l. Vrijwel gelijktijdig begin ook de gasproductie toe te nemen. Na ca. 50 dagen is er sprake van een goed verloopend gistingproces: de concentratie aan vluchtige vetzuren heeft dan weer een laag niveau bereikt en de gasproductie is vrijwel konstant geworden. Bij de stagnatie van de gisting tijdens de opstartperiode werd waarschijnlijk niet



Afb. 2 - Procesverloop van het continu gevoede vergistingsexperiment bij 30 °C.

alleen de methaanvorming, maar ook de hydrolyse en/of de zuurvorming geremd. Dit kan worden afgeleid uit het feit, dat het percentage zuurvorming, berekend volgens onderstaande formule, tijdens de opstartperiode (58 % op dag 30) aanzienlijk lager is dan bij een goed verloop van het proces (83 % op dag 50).

$$\% \text{ zuurvorming} = \frac{\text{CH}_4\text{-productie} + \text{afvoer van vluchtige vetzuren in effluent (in g CZV/dag)}}{\text{toevoer organische stof (in g CZV/dag)}} \times 100$$

De reden van de stagnatie is niet bekend. Aangezien kalverdrijfmest wat betreft de samenstelling nogal verschilt van primair en secundair rioolslib, heeft het entslib waarschijnlijk enige tijd nodig om zich aan te passen aan het nieuwe substraat. Mogelijkerwijs speelt ook de adaptatie aan antibiotica hier een rol. Deze stoffen kunnen in aanzienlijke hoeveelheden aanwezig zijn in de mest van jonge kalveren als gevolg van een extra antibiotica-toediening met het voer in het begin van de mestperiode.

Na het bereiken van een goed verloopend gistingproces werd de belasting trapsgewijs verhoogd tot 6,7 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag. De procesomstandigheden, de gasproductie en een aantal karakteristieken van het effluent aan het eind van elke periode zijn samengevat in tabel II.

Waarschijnlijk was de gisting bij de verschillende belastingen nog niet volledig stationair. Zo is het mogelijk, dat de methaanproductie bij een belasting van 1,6 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag (3,13 l CH<sub>4</sub>/l mest) enigszins te hoog is als gevolg van de vergisting van eerder, tijdens de stagnatieperiode, ingevangen vaste bestanddelen. Uit het experiment, waarin de vergistbaar-

TABEL II - Procesomstandigheden en resultaten van de vergistingsexperimenten met kalverdrijfmest.

Procesomstandigheden		30	30	30	25
Temperatuur (°C)		30	30	30	25
Belasting (kg CZV/m <sup>3</sup> , dag)		1,6	4,0	6,7	1,9
Hydraulische verblijftijd (dag)		5,9	2,4	1,4	5,0
Slibbelasting (kg CZV/kg slib, dag)		0,057	0,216	0,485	0,103
Resultaten					
Periode (dag no.)		51-52	87-88	106-107	54-55
Gasproductie (l gas/dag)		13,6	20,9	18,5	10,5
Samenstelling gas (% CH <sub>4</sub> )		85,2	86,9	86,3	87,6
Methaanproductie (l CH <sub>4</sub> /l mest)		3,13	1,97	1,03	1,84
Effluent					
pH		7,4	7,6	7,9	7,8
CZV totaal (mg/l)		1330	950	1755	1500
CZV supernatant (mg/l)		880	630	1055	900
CZV vetzuren (mg/l)		210	60	150	50
BZV <sub>5</sub> (mg/l)		155	90	475	235
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)		—	—	900	850
N totaal (mg/l)		935	950	990	935
Indamprest (mg/l)		3290	3100	3280	3385
Organische stof (mg/l)		2170	2230	2000	2031
Zuiveringsrendement					
Op basis van de CZV-verwijdering door CH <sub>4</sub> (%)		81,1	51,1	26,7	48,8
Op basis van de CZV analyses (%)		86,0	90,0	81,5	84,2

heid van de bij het onderzoek gebruikte mest werd vergeleken met bedrijfsmest (met een vergelijkbare CZV-waarde, zie tabel I), bleek dat de methaanproductie in beide gevallen nagenoeg hetzelfde was, nl. ongeveer 2,6 l CH<sub>4</sub>/l mest.

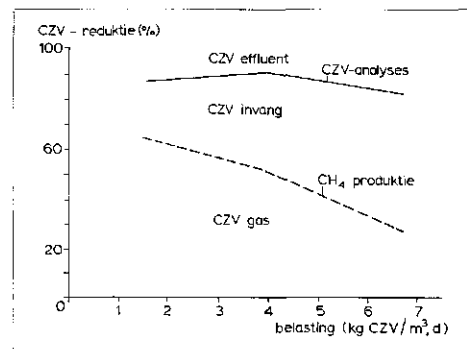
Uit deze resultaten kan worden afgeleid, dat in de praktijk bij een vergistingstemperatuur van 30 °C mag worden gerekend op een methaanproductie van 2,5 tot 3 l CH<sub>4</sub>/l mest.

De methaanproductie bij een vergistingstemperatuur van 25 °C (belasting 1,9 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag) bedroeg 1,84 l CH<sub>4</sub>/l mest (tabel II). Dit is aanzienlijk lager dan de methaanproductie van 3,13 l CH<sub>4</sub>/l mest, die werd gevonden in het 30 °C-experiment bij een vergelijkbare belasting van 1,6 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag.

Uit tabel II blijkt, dat bij een verhoging van de belasting in het 30 °C-experiment de gasproductie per eenheid mest afneemt. De verlaging van de gasproductie is duidelijk het gevolg van een onvollediger verlopen van de hydrolyse, aangezien bij een belastingverhoging de concentratie aan vluchtige vetzuren (maatstaf voor het substraat aanbod voor de CH<sub>4</sub>-vormende bacteriën) en het CZV van het effluent-supernatant (maatstaf voor het substraat aanbod voor de zuurvormende bacteriën) niet toenemen. Ook de afname van de gasproductie bij een verlaging van de gistingstemperatuur van 30 °C naar 25 °C moet om dezelfde redenen worden toegeschreven aan een onvollediger verlopen van de hydrolyse bij 25 °C (zie tabel II).

De invloed van de belasting op de hoeveelheid CZV, die via CH<sub>4</sub> wordt verwijderd, is tezamen met de CZV-verwijdering berekend op basis van de CZV-analyses weergegeven in afb. 3. In tegenstelling tot de CH<sub>4</sub>-productie blijkt de CZV-redukatie nauwelijks af te nemen bij het verhogen van de belasting. Hieruit kan worden afgeleid, dat vaste bestanddelen van de mest worden ingevangen in het slibbed aanwezig in de opstroomreactor. Bij toepassing van een belasting van 1,6 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag is de slibverblijftijd in de reactor kennelijk voldoende lang om het ingevangen materiaal te hydrolyseren en vervolgens te vergisten. Wanneer bij een belastingverhoging (of temperatuurdaling) de in de reactor aanwezige hoeveelheid bacteriemateriaal het aangeboden substraat onvolledige hydrolyseert, zal dit resulteren in een toename van

Afb. 3 - Het zuiveringsrendement op basis van de CH<sub>4</sub>-productie en op basis van de CZV-analyses bij verschillende belastingen (temp. 30 °C). De ruimte tussen de lijnen geeft de procentuele verdeling aan van de toevoer-CZV bij het gistingproces.



de slibproductie per aangevoerde hoeveelheid mest. Dit zal bij een gelijkblijvende hoeveelheid slib in de reaktor leiden tot een extra verlaging van de slibleef tijd. Zulks werd eerder al geconstateerd bij de vergisting van zuivelafvalwater [9].

De bepaling van de slibproductie uit directe droge stof analyses is onbetrouwbaar als gevolg van de korte duur van de experimenten en omdat het slibgehalte over de hoogte van de reaktor kan variëren. Teneinde een indicatie te krijgen van de slibproductie is deze berekend m.b.v. onderstaande vergelijking:

$$\text{slibproductie (g D.S./g D.S.)} = \frac{\text{D.S. toevoer (g/l)} - 0,77}{\text{(CZV-methaangas + effluent in g/l)}}$$

D.S. toevoer (g/l)

In de vergelijking wordt een omrekeningsfactor van 0,77 gebruikt. Daarbij wordt er van uitgegaan, dat 1 g CZV overeenkomt met 0,77 g D.S.

De berekende slibproductie bij verschillende procesomstandigheden is weergegeven in tabel III.

TABEL III - Berekende slibproductie bij verschillende procesomstandigheden (voor berekening zie tekst).

Procesomstandigheden				
Temperatuur (°C)	30	30	30	25
Belasting (kg CZV/m <sup>3</sup> , dag)	1,6	4,0	6,7	1,9
Slibproductie				
Slibproductie (g D.S./g D.S.)	0,107	0,335	0,504	0,303
Slibleef tijd (dagen)	± 200	20	5,8	45
Volume surplus-slib met 6 % D.S. (in % van mesttoevoer)	1,2	3,7	5,6	3,4

Uit de tabel blijkt, dat de slibproductie sterk toeneemt bij het verhogen van de belasting van 1,6 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag tot 6,7 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag. Bij een belasting van 6,7 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag was de slibproductie zo hoog, dat vrijwel dagelijks slib afgelaten moest worden. De snelle afname van de gasproductie in deze periode (dag 104) is waarschijnlijk het gevolg van de korte slibleef tijd, nl. ongeveer 6 dagen. Bij een vergistingstemperatuur van ca. 30 °C moet de verblijftijd van het methaanvormende slib minimaal 10 dagen zijn. Omdat de extra toename van de slibproductie vooral het gevolg is van een onvollediger verlopen van de hydrolyse zal het surplus-slib niet volledig zijn gestabiliseerd.

#### Stankreduktie

Volgens Schaeffer e.a. [17] wordt de stank van varkensdrijfmest voor een groot gedeelte veroorzaakt door de aanwezigheid

van vluchtige vetzuren en een aantal aromatische componenten, nl. fenol, *p*-cresol, indol en skatol.

Er van uitgaande, dat deze componenten ook in hoge mate verantwoordelijk zijn voor de stank van kalverdrijfmest, is het gehalte aan deze componenten bepaald voor en na de vergisting bij een belasting van 1,6 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag en een temperatuur van 30 °C. Uit de analyseresultaten, vermeld in tabel IV, blijkt, dat de geanalyseerde stankveroorzakende stoffen na de gisting grotendeels zijn geëlimineerd. Dit was in overeenstemming met zintuiglijke waarnemingen.

TABEL IV - De concentratie van een aantal voor de stank verantwoordelijke componenten in kalverdrijfmest en in anaeroob behandelde kalverdrijfmest.

	Kalverdrijfmest	Effluent
Concentratie (mg/l)		
Aziijnzuur	1240	45
Propionzuur	140	6
Iso-boterzuur	99	2
Boterzuur	31	<0,1
Iso-valeriaanzuur	125	75
Valeriaanzuur	5	<0,1
Fenol	22,3	<0,1
<i>p</i> -Cresol	22,0	6
Indol	4,9	<0,1
Skatol	2,0	<0,1

#### Ervaringen met de opstroomreaktor

Het werken met een opstroomreaktor heeft in deze, op laboratoriumschaal uitgevoerde experimenten goed voldaan en lijkt ook voor toepassing in de praktijk bijzonder geschikt.

Behalve vergisting vindt er ook een invang plaats van onopgeloste bestanddelen. De reaktor werkt tevens als slibstabilisatie systeem, waarin ook onopgeloste, moeilijker vergistbare, bestanddelen worden omgezet.

Bovendien wordt nog een aanzienlijke extra volumereduktie verkregen, doordat de in de opstroomreaktor gevormde slibdeeltjes aanzienlijk betere bezinkeigenschappen bezitten dan de vaste bestanddelen in het uitgangsmateriaal

Bij het begin van het 30 °C-experiment heeft er t.g.v. de lage gasproductie waarschijnlijk nauwelijks menging in de reaktor plaatsgevonden. Zulks kan worden afgeleid uit het feit dat na 12 dagen de vluchtige vetzuren concentratie in het effluent plotseling sterk stijgt. Wanneer er een goede menging zou zijn geweest, dan had het gehalte aan vluchtige vetzuren al veel eerder en geleidelijker moeten toenemen. Als gevolg van de geringe verticale doormenging heeft het ingevangen materiaal zich waarschijnlijk onder in de reaktor opgehoopt en is daardoor onvoldoende in

contact gekomen met het actieve entmateriaal.

Het is van belang in toekomstig onderzoek de invloed van menging, vooral tijdens de opstartperiode, aan een nader onderzoek te onderwerpen.

Tijdens de experimenten is geconstateerd, dat er zich een vettige drijf laag vormde, waardoor de gasafvoer via de gasklok werd belemmerd. Dit euvel werd verholpen door intermitterend mechanisch roeren (om de 20 minuten 30 seconden roeren) op het grensvlak water-gas. Het roerelement werkt dan als een drijf laagbreker.

#### Energiebalans

Nu de laboratorium-experimenten een veelbelovend resultaat hebben opgeleverd, lijkt een voortzetting van het onderzoek op semi-technische schaal gewettigd. Alvorens daartoe over te gaan is het nuttig eerst een globaal inzicht te krijgen in de energiebalans — en derhalve in de economische perspectieven — van de anaerobe behandeling.

De methaanproductie bij een gistingstemperatuur van 30 °C bedraagt 2,5 - 3 l CH<sub>4</sub>/l mest. Er van uitgaande, dat methaangas een calorische waarde heeft van 8600 kCal/m<sup>3</sup>, is de energieproductie 22.630 - 25.800 kCal/m<sup>3</sup>mest. Bij verbranding van het gas in een c.v.-ketel (rendement 80 %) kan de mest met het geproduceerde gas ca. 18 - 20 °C worden opgewarmd, hetgeen voor de praktijk voldoende is. Bij omzetting van het methaangas in elektrische energie met een rendement van 20 % zal 5,2 - 6 kWh/m<sup>3</sup> mest worden geproduceerd. Met het koelwater van de verbrandingsmotor (overdrachtsrendement 80 %) kan men de mest 14 tot 16 °C opwarmen. In de winter zal dit niet altijd voldoende zijn, zodat dan zodanig extra gas gesuppleerd moet worden.

Bij het opstellen van deze globale energiebalans is geen rekening gehouden met de mogelijkheid om de mest op te warmen met het effluent, waardoor een en ander gunstiger komt te liggen.

#### Conclusies

— Na adaptatie van het entslib is kalverdrijfmest goed anaeroob vergistbaar. Als entmateriaal kan slib uit een slijkgisting worden gebruikt.

— Bij de vergisting van kalverdrijfmest is de hydrolyse de snelheidsbepalende stap.

— Tijdens het onderzoek worden de beste resultaten bereikt bij toepassing van een belasting van 1,6 kg CZV/m<sup>3</sup>, dag en een temperatuur van 30 °C. Het mag worden verwacht, dat onder praktijkomstandig-

heden een hogere belasting toegepast kan worden.

— Het systeem van de opstroomreaktor is geschikt voor de behandeling van kalverdrijfmest. Er vindt zowel vergisting als invangst en indikking van vaste mestbestanddelen plaats. Aldus wordt een aanzienlijke volumereduktie verkregen.

— Bij een temperatuur van 25 °C is de gasproductie aanzienlijk lager dan bij 30 °C als gevolg van een onvollediger verlopen van de hydrolyse.

— Een globale energiebalans geeft aan, dat de methaanproductie voldoende is om de mest op te warmen tot de gistingstemperatuur.

— De resultaten van het hier beschreven laboratorium-onderzoek wettigen een nader onderzoek op semi-technische schaal.

#### Literatuur

1. Landbouwcijfer 1977. Uitgave CBS/LEI.
2. Faassen, H. G. van: *H<sub>2</sub>O* 9 (1976) 416.
3. Hobson, P. N., Bousfield, S., Summers, R.: *CRC crit. Rev. environm. Control*, June 1974, 131.
4. Lettinga, G., Velsen, A. F. M. van, Hobma, S.: *Extern VI* (1977), nr. 6, 379.
5. Mah, R. A., Ward, D. M., Baresi, L., Glass, T. L.: *Ann. Rev. Microbiol.* 1977, 31, 309.
6. Zeikus, J. G.: *Bacteriological Reviews*, June 1977, 514.
7. Lettinga, G., Sar, J. van der, Ben, J. van der: *H<sub>2</sub>O* 9 (1976) nr. 2, 38.
8. Lettinga, G., Pette, K. Ch., Vletter, R. de, Wind, E.: *H<sub>2</sub>O* 10 (1977), nr. 23, 526.
9. Lettinga, G., Velsen, A. F. M. van: *H<sub>2</sub>O* 7 (1974), nr. 14, 281.
10. Velsen, A. F. M. van: *Neth. J. agric. Sci.* 25 (1977), 151.
11. Lettinga, G., Klapwijk, A., Beverloo, W. A.: *Polytechnisch Tijdschrift*, p. 33 (1977), nr. 1, 1.
12. Kepple, L. G.: *Water and Sewage Works*, april 1974, 42.
13. Stolwijk, P., Haute, A. van: *H<sub>2</sub>O* 9 (1976) nr. 18, 338.
14. Lettinga, G., Jansen, A. G. N., Terpstra, P.: *H<sub>2</sub>O* 8 (1975) nr. 26, 530.
15. Have, P. ten: *H<sub>2</sub>O* 4 (1971) nr. 5, 98.
16. Versprille, A.: *IBVL rapport* (in voorbereiding).
17. Schaeffer, J., Bemelmans, J. M. H., Noever de Brauw, M. C. ten: *Landbouwk. Tijdschr.* 86 (1974) 228.



Een paar maanden geleden nodigde het Bestuur van de NVA mij uit om als oud-voorzitter en mede-oprichter van de vereniging iets in ons blad te willen schrijven. De uitnodiging was vlot geaccepteerd maar even vlot doemde het probleem op van de inhoud van zo'n beschouwing. Een puur historisch overzicht zou weinig zin hebben en hoort bovendien meer thuis bij een 'echte' herdenkingsdatum. In arren moede heb ik, zoals in het verleden zo vaak gebeurde met NVA-zaken, contact opgenomen met mijn vriend Hulzebos, de eerste sekretaris en ook mede-oprichter van de vereniging.

Het leek ons tenslotte het beste om de problemen op het gebied van de afvalwaterzuivering die destijds een rol speelden, te vergelijken met de situatie van nu. Wat bezielt iemand om de NVA op te richten? Onthullend, zo heet dat tegenwoordig in de journalistiek, is in dit opzicht het eerste deel van het verenigingsdossier. Het begint met een geschrift van de hand van Keulemans, directeur van Publieke Werken te Oss, en zoals hij er tussen haakjes aan toevoegt, (van een rioolwaterzuiveringsinstallatie en reiniging). In dit werkstuk: de organisatie rioolwaterzuiveraars, stelt hij dat in de bestaande organisaties wel het zuiveringsprobleem af en toe om de hoek komt kijken, maar dat er geen voldoende steun in is te vinden voor de beheerder van een zuiveringsinstallatie. De bedoelde organisaties waren de Nederlandse vereniging tegen water-, bodem- en luchtverontreiniging, en de verenigingen van directeuren Publieke Werken en van Reinigingsdirecteuren.

Is het eigenlijk niet merkwaardig, zo schrijft Keulemans, dat waar in Nederland voor elke behoorlijk belangrijke groep een organisatie ter behartiging van de belangen bestaat, tot op heden een dergelijke bundeling van rioolwaterzuiveraars ontbreekt. Misschien, zo vervolgt hij, kan een van de redenen daarvoor gelegen zijn in de uiterst samengestelde problematiek, waarvoor zich een beheerder van een rioolwaterzuiveringsinstallatie geplaatst ziet.

De weinigen die zich toen daadwerkelijk met afvalwaterzuivering bezig hielden, ondervonden vereenzaming op het vakgebied als een bekend gegeven. Slechts een enkeling kon zich veroorloven om via buitenlandse contacten ervaringen uit te wisselen met kollegae. En daar was, wonderlijk genoeg, al ruime keuze. Het aloude Engelse Institute, de Duitse ATV, de Amerikaanse Federation of het Zwitserse Verband.

Geen wonder dat ook bij anderen in den lande het idee rijpte om in verenigingsverband samen te gaan. Hulzebos vertelde in de zomer van 1957, zo tijdens een

praatuurtje, aan Keulemans dat er hier en daar over een afvalwatervereniging werd gesproken maar dat er niets van de grond kwam. 'Dan richten wij die vereniging op'. Hulzebos keek zijn baas wat ongelovig aan, dat moest hij nog zien gebeuren.

De voortvarendheid van Keulemans kennende, had hij beter kunnen weten. Enfin, hij zou het merken en nog wel zeer binnenkort ook. Onbewust was hij zich nog van het vele schrijfwerk dat uit dat alles zou voortkomen.

'Met wie kunnen we eens gaan praten', was de volgende zet. Zo kwam het dat de Osse tweemansdelegatie op een mooie herfstdag in Enschede bij mij terecht kwam. Men vond daar enig begrip!

Maar ook van elders kwamen reacties en zo kon op 10 december 1957 een eerste vergadering worden belegd van 'het voorbereidingscomité'. Hoe klein dit groepje ook was, er waren toch al fundamentele verschillen in opvatting. Duidelijk waren er twee stromingen te onderscheiden. De ene, verwoord door Goettsch uit Uithoorn mikte op een vereniging voor technisch personeel op zuiveringsinrichtingen. Keulemans had meer de huidige NVA voor ogen met inbegrip van sekties voor klaar-meesters.

Keulemans en Hulzebos werden gevraagd om een vergadering in breder verband voor te bereiden op basis van een zeer ruim gestelde doelstelling van de vereniging. Het intelligente inzicht en het doorzettingsvermogen, gesierd met taktische plooibaarheid, van dit tweetal stond er borg voor dat goed en wel een maand later die vergadering in Utrecht belegd kon worden.

Wie waren daar aanwezig? Vrijwel de hele toenmalige afvalwaterwereld van Nederland was komen opdagen, in totaal 42 personen. Er waren 18 directeuren van publieke werken of van reinigingsdiensten. Verder 19 afvalwatertechnici en 5 niet-gemeentelijke vertegenwoordigers.

Eigenlijk geen wonder dat aan zo'n, ook nog uiterst heterogeen groepje, door menigeen geen zelfstandig bestaan werd toegedacht. Er moest inderdaad wel erg veel bezieling en optimisme in je steken om toen in een bloeiende afvalwatervereniging te geloven. Zeker als je de reacties weer voor de geest komen van de pleitbezorgers voor onderbrenging van de afvalwaterbelangen bij toen reeds lang bestaande verenigingen. Zowel de Vereniging van Reinigingsdirecteuren als de Vereniging van Directeuren van Gemeentewerken dongen om strijd naar de gunst van de toen nog bijkans uitsluitend gemeentelijke waterzuiveraars. Uiteindelijk werd besloten om het comité de taak te geven om de oprichting van een vereniging voor te bereiden.