

Zuivering van voorgecentrifugeerde varkensmest in een anaerobe opstroomreactor

Inleiding

Sinds enkele jaren biedt de opstroomreactor goede perspectieven voor de behandeling van industriële afvalwaters zoals bietsuiker-afvalwater [Lettinga et al., 1977], afvalwater van aardappelverwerkende bedrijven [Lok, 1978, Van Belleghem, 1980] en afvalwater van een gist- en spiritusfabriek [Pipyn et al., 1979]. Volgens Van Velsen et al. [1979] is dit type reactor ook best geschikt voor de behandeling van kalverdrijfmest. Een opstroomreactor is specifiek voor het vergisten van waterige oplossingen.



J. POELS

Laboratorium voor Algemene en Toegepaste Microbiële Ecologie
Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent



A. VERMEIREN

Laboratorium voor Algemene en Toegepaste Microbiële Ecologie
Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent



W. VERSTRAETE

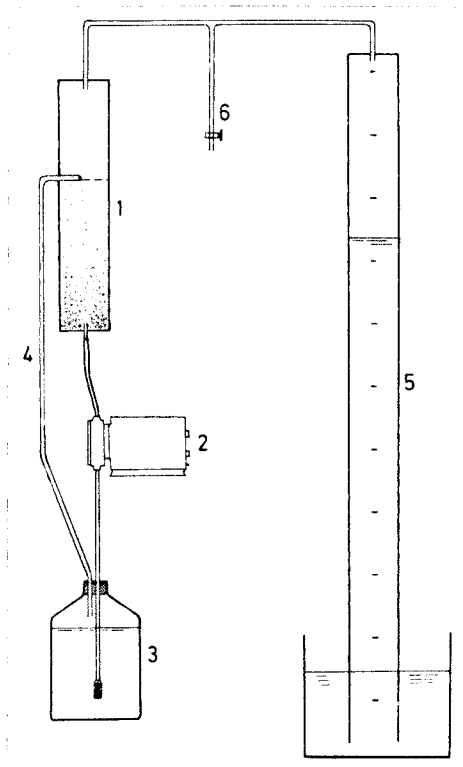
Laboratorium voor Algemene en Toegepaste Microbiële Ecologie
Faculteit van de Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent

mestkoek ($\pm 30\%$ drogestof) en een vloeibare fase, het mestwater dat enkel nog opgeloste verontreinigende componenten bevat. De mestkoek kan herbruikt worden, al dan niet na compostering, als organisch bodemverbeteringsmiddel [Michiels et al., 1980, Verstraete et al., 1980]. De scheiding wordt bewerkstelligd door de ruwe varkensmest achtereenvolgens te behandelen met een coagulant en een flocculant. Navolgend gebeurt de ontwatering met een zeeffandpers of centrifuge. Het mestwater wordt tenslotte onderworpen aan een conventionele aerobe actiefeslib zuivering met een nitrificatie-/denitrificatieproces, tot een loosbaar effluent. Dergelijke procesvoering vergt een zeer goed afgestelde flocculatie en ontwatering. In die zin lijkt ze zowel wat investeringskosten als technisch toezicht betreft, enkel haalbaar voor grote bedrijven.

In navolgende proeven zal onderzocht worden in hoeverre de anaerobe methaan-gisting van centrifugaat van varkensmest met een opstroomreactor kan worden bewerkstelligd als een deelproces in de

Afb. 1 - Laboratoriumproefopstelling voor het bepalen van de vergistbaarheid van varkensmestcentrifugaat met een opstroomreactor.

1. Buisvormige opstroomreactor.
2. Membraanpomp.
3. Vat met influent waarin tevens de overloop terugvloeit.
4. Overloopleiding.
5. Kolom voor de gasopvang, gevuld met aangezuurd water.
6. Aanzuigleiding.



Een verblijftijd van 12 - 24 uur van het afvalwater in dergelijke reactor kan dezelfde resultaten opleveren als met een klasieke fermentor met verblijftijden van 10 - 15 dagen. Door deze korte hydraulische verblijftijden wordt de anaerobe vergisting van bepaalde afvalwaters economisch haalbaar. De gefluidiseerd bed- of opstroomreactor heeft als voordelen eenvoudig van constructie en bedrijfsvoering te zijn en is daarenboven hoogproductief. Varkensmest kan niet als voeding aan een opstroomreactor worden toegediend omdat het gehalte aan niet opgelost gesuspendeerd organisch materiaal (circa 60 g/l) te hoog is. Dergelijk hoog gehalte aan zwevende stoffen vergt voor zijn afbraak lange retentietijden wegens hun cellulose- en lignineachtig karakter. Bovendien zouden deze zwevende stoffen al vlug in het actieve anaerobe slibbed accumuleren waardoor dit laatste snel aan activiteit zou inboeten. In België biedt het AGROPUR-mestverwerkingssysteem [Decock et al., 1980] een oplossing voor het probleem van de mestoverschotten. Het basisprincipe berust hierop dat de varkensmest gescheiden wordt in twee fasen: een vaste fase, de

TABEL 1 - Samenstelling van het synthetisch afvalwater benut voor de opstart van de laboreactor.

Synthetisch afvalwater (pH = 7,1)	
CH ₃ COONa	6,0 g/l
CaCl ₂ · 2H ₂ O	0,3 g/l
KH ₂ PO ₄	1,5 g/l
K ₂ HPO ₄	2,9 g/l
NH ₄ Cl	1,0 g/l
MgCl ₂ · 6H ₂ O	0,1 g/l
bodemextract *	10 ml/l
sucrose	0,1 g/l
tryptic soy broth	0,2 g/l
gistextract	0,2 g/l
Na ₂ S · 7H ₂ O	0,1 g/l
spore-elementen	1 ml/l
kraanwater	1,0 l

Spore-elementen oplossing

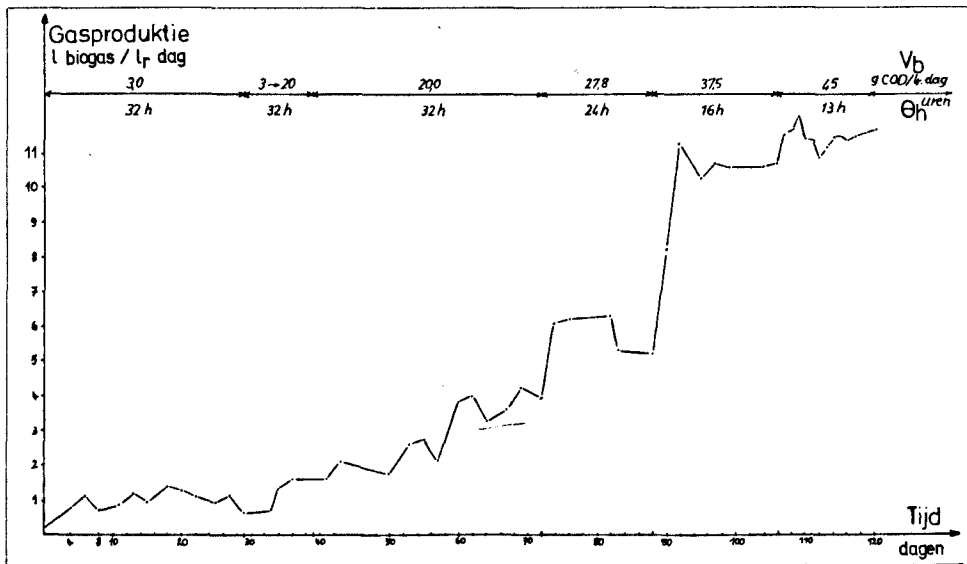
NiSO ₄	5 mg/l
MnCl ₂ · 4H ₂ O	5 mg/l
FeSO ₄ · 7H ₂ O	1000 mg/l
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	100 mg/l
CoCl ₂ · 6H ₂ O	50 mg/l
CuSO ₄ · 5H ₂ O	5 mg/l
H ₃ BO ₃	100 mg/l
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	50 mg/l
kraanwater	1,0 l

* Het bodemextract wordt bereid als volgt: 10 g vruchtbare akkergrond, mengen met 100 ml water, gedurende 30' schudden en vervolgens laten bezinken gedurende 30'. De bovenstaande vloeistof over een plooi-filter SS 595 gieten, het filtraat is het bodemextract.

totaalzuivering van varkensmest. Meer specifiek wordt de invloed van de belasting op het vergistingsproces bestudeerd evenals de impact ervan op de energiebalans.

Uitvoering onderzoek

De tijdens de proeven genomen monsters worden zo snel mogelijk geanalyseerd. Indien nodig, gebeurt de bewaring in een koelkast (4 °C) of diepvries (-20 °C). De bepalingen van de drogestof (DS) en van de zwevende bestanddelen (SS) worden uitgevoerd volgens de methoden van Merck [1973]. De COD (Chemical Oxygen Demand) is bepaald volgens Standard Methods [1971] en Dobbs & Williams [1963]. De ammonium stikstof wordt bepaald volgens Bremner & Keeney [1965]. De methode voor de bepaling van het totale gehalte aan vluchtige vetzuren (VVZ) is ontleend aan de Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung [1975]. De fermentatiegassen worden gescheiden door gasadsorptiechromatografie en kwantitatief bepaald steunend op de verandering in warmtegeleidbaarheid van het draaggas [Anoniem, 1962]. Op labo-schaal wordt gebruik gemaakt van een buisvormige opstroomreactor (actieve inhoud 1,0 l) zoals weergegeven in afb. 1. De reactor wordt ingeënt met 200 ml actief methaniserend slib afkomstig van een reactor voor de vergisting van varkens-



Afb. 2 - Biogasproductie tijdens de gehele vergistingsproef bij verschillende volumebelastingen (V_b) en verschillende hydraulische verblijftijden (Θ_h).

mengmest. Bij het opstarten wordt de reactor gevoed met synthetisch afvalwater waarin alle noodzakelijke voedingselementen voor de methaangisting aanwezig zijn (Tabel I). De volumebelasting is dan 3 g COD/lreactor . dag, met een hydraulische verblijftijd van 32 uren. Zeer geleidelijk wordt het synthetisch afvalwater vervangen door centrifugaat. Het is de bedoeling om na enige tijd de reactor enkel nog te voeden eerst met verdund, vervolgens met onverdund centrifugaat om de optimale volumebelasting te bepalen. Aldus wordt bepaald hoeveel afvalwater door de reactor mag gepompt worden om een optimale biogasproductie te bekomen, gepaard gaande met een goede zuivering. Om de twee dagen wordt het vat met voeding ververs: op tijdstip nul is dit het influent, op tijdstip twee dagen is dit het effluent. Het anaerobe vergistingsproces wordt uitgevoerd bij 30 - 33 °C.

Resultaten

Het centrifugaat wordt bekomen door de varkensmengmest te behandelen met een coagulant en een flocculant en vervolgens te centrifugeren met een horizontale decanteercentrifuge. De eigenschappen van het centrifugaat zijn samengebracht in

TABEL II - Eigenschappen van varkensmengmest-centrifugaat.

Bepaling	monster 1	monster 2	monster 3
pH	7,6	7,4	7,3
Cod totaal (mg/l)	26 800	27 775	25 000
COD supernatans (mg/l)	20 000	21 210	22 000
VVZ (mg HAc/l)	7 920	7 260	9 630
SS (g/l)	4,3	3,9	1,8
DS (g/l)	15,5	16,0	15,6
NH ₄ +N (mg/l)	2900	2660	3000

Tabel II. Bij het opstarten van de reactor wordt een volledig synthetisch medium als voeding toegediend aan een volumebelasting van 3 g COD/lreactor . dag. Wanneer de afbraak van de VVZ ongeveer 90 % is en een stabiele biogasproductie wordt genoteerd, neemt men aan dat een evenwichtssituatie is bereikt. Vanaf dan (13 dagen na het opstarten) wordt aan de voeding geleidelijk centrifugaat toegevoegd, echter zodanig dat de volumebelasting van 3 behouden blijft. Zo loop het aandeel van het centrifugaat in de COD-waarde 27 dagen na het opstarten, op tot 72 %.

Vanaf de negenentwintigste dag wordt nog slechts verdund centrifugaat als voeding aan de reactor toegediend. Geleidelijk aan wordt het centrifugaat minder verdund en na 39 dagen dient onverdund centrifugaat als influent. De volumebelasting bedraagt dan 20 g COD/lreactor . dag. Tijdens de periode waarin de volumebelasting stijgt van 3 naar 20 g COD/lreactor . dag, daalt de VVZ-afbraak van 95 % naar 61 %. Dit is toe te schrijven aan de aanpassingsverschijnselen van het actieve anaerobe slib aan dit specifieke afvalwater. Het NH₄+N-gehalte stijgt in deze periode van 600 naar 3000 mg/l. Het duurt echter nog vier weken vooraleer opnieuw een VVZ-afbraak van 95 % en een stabiele biogasproductie worden waargenomen. Telkens wanneer een dergelijke evenwichtstoestand zich voordoet wordt de volumebelasting opgedreven. Het verloop van de biogasproductie in functie van de tijd van de gehele vergistingsproef is weergegeven in afb. 2. In Tabel III zijn de procesparameters en de resultaten van de vergistingsproef bij de toepassing van hogere volumebelastingen samengevat. Hierbij moet worden genoteerd dat het influent wordt

aangezuurd met geconcentreerd zoutzuur (32 %) tot pH-waarden 6,0 - 6,5, dit opdat de pH in de reactor zich zou handhaven tussen 7,5 - 8,0. Voor één liter centrifugaat zijn er circa 50 milli-equivalenten HCl nodig.

Uit tabel III blijkt dat met een opstroomreactor hoge volumebelastingen effectief kunnen worden toegepast. De COD-afbraak is minstens even goed als bij een conventionele vergisting van varkensmengmest. De hydraulische verblijftijd is 16 - 26 uren i.p.v. 10 - 15 dagen en de biogasproductie bedraagt circa 10 l/lreactor . dag tegenover 1 - 1,5 l/lreactor . dag bij klassieke digestors (Summers & Bousfield, 1980; Van Velsen, 1977). Uit één liter centrifugaat kan 7 l biogas worden gerecupereerd. Immers bij het toepassen van dergelijke korte retentietijden wordt hoofdzakelijk het opgelost organisch materiaal afgebroken. De opstroomreactor beoogt het centrifugaat maximaal te zuiveren. Bij de conventionele vergisting ligt de nadruk op maximale energie-recuperatie en wordt de volledige varkensmengmest aan methaangisting onderworpen en is een gedeelte van het organisch gesuspendeerd materiaal vatbaar voor hydrolyse en biogasvorming dankzij het aanhouden van langere verblijftijden. De COD- en de VVZ-afbraak dalen lichtjes bij het toepassen van hogere volume-

TABEL III - Anaerobe gisting van voorgecentrifugeerde varkensmengmest in functie van stijgende volumebelastingen.

Procesparameters			
Temp. (°C)	30	30	30
Volumebelasting g COD/lr . dag	27,8	37,5	45,0
Hydraulische verblijftijd (uren)	24	16	13
Influent			
pH	6,6	6,0	6,3
COD totaal (mg/l)	27775	25000	25000
COD supernatans (mg/l)	21210	22000	22000
VVZ (mg HAc/l)	7260	9630	9630
NH ₄ +N (mg/l)	2660	3000	3000
DS (g/l)	16,0	15,6	15,6
SS (g/l)	3,9	1,8	1,8
Effluent			
pH	8,0 - 8,1	7,9 - 8,0	7,8
COD totaal (mg/l)	10330	10280	11900
COD supernatans (mg/l)	6900	8170	9580
VVZ (mg HAc/l)	530	920	1890
NH ₄ +N (mg/l)	2900	3000	3080
DS (g/l)	13,0	12,5	12,6
SS (g/l)	2,1	1,3	1,3

Procesresultaten			
% COD totaal afbraak	62,8	58,9	52,4
% COD supernatans afbraak	67,5	62,9	56,5
% VVZ afbraak	92,7	90,4	80,4
biogasprod. NI/lr . dag	5,8	10,5	11,4
% CH ₄	81	77	75
ml CH ₄ /g COD vergist	269	366	363
l CH ₄ /l centrifugaat	4,7	5,4	4,7

belastingen terwijl de biogasproductie per eenheid digestorinhoud, blijft stijgen. Dit laat zich verklaren door een tijdelijke overbelasting van de reactor. Na een voldoende lange aanpassingsperiode mogen dezelfde afbraakpercentages en dezelfde biogasopbrengsten per liter centrifugaat worden verwacht. Uit de gehalten aan zwevende bestanddelen (SS) van de effluenten blijkt dat weinig niet opgeloste bestanddelen in het slibbed worden ingevangen.

De methaanproductie bij 30 °C bedraagt 5,4 m³ CH₄/m³ centrifugaat. Methaan heeft een calorische waarde van 8.000 kcal/m³. Om één m³ centrifugaat op te warmen van 10 °C (temperatuur van de varkensmengmest in de kelder) tot 30 °C zijn er 20.000 kcal nodig. Bij verbranding van het biogas van één m³ centrifugaat in een CV-ketel (rendement 70 %) worden 30.000 kcal vrijgesteld. Het vergistingsproces is dus wat de energievereisten betreft ruim zelfbedruipend.

Discussie

Een lange adaptatieperiode is vereist opdat het centrifugaat van varkensmengmest zich vlot laat vergisten tot biogas in een opstroomreactor bij een volumebelasting van 20 g COD/reactor.dag en een hydraulische verblijftijd van 32 uren. Deze volumebelasting kan slechts geleidelijk worden opgedreven tot 37,5 g COD/reactor.dag bij een hydraulische retentietijd van 16 uren. Bepalingen van de zwevende bestanddelen in de effluenten tonen aan dat weinig niet opgeloste bestanddelen in het slibbed worden ingevangen. De anaërobe vergisting van het centrifugaat is een zelfbedruipend deelproces in het kader van totaalzuivering van varkensmengmest. Aangezien het effluent nog een te hoge COD-waarde heeft evenals een te hoog stikstofgehalte zal het nog nabehandelingen moeten ondergaan alvorens loosbaar te zijn.

Besluiten

Na een lange opstartperiode laat centrifugaat zich vlot vergisten tot biogas in een opstroomreactor bij volumebelastingen van 30 - 40 kg COD/m³.reactor.dag en korte hydraulische verblijftijden van ± 16 uren met een biogasproductie van 10 - 11 m³/m³ reactor.dag. Een globale energiebalans toont aan dat het vergistingsproces ruim zelfbedruipend is. Pilotproeven betreffende de nabehandeling van het effluent zijn wenselijk om methaangisting van varkensmengmest-centrifugaat te integreren in een totaalzuivering.

Dankwoord

De auteurs danken het Instituut tot Aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw en de NV BAECK ENGINEERING voor de steun ontvangen bij het doorvoeren van het onderzoek.

Literatuur

- American Public Health Association (1971). *Standard Methods for the examination of water and waste water*. Thirteenth Ed. Am. Public Health Ass. N.Y.
- Anoniem (1962). *Fisher Gaschromatography Bulletin*. TD-154 en TD-146.
- Anoniem (1975). *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung*. Verlag Chemie. Ausgabe 1975, 7. Lieferung.
- Belleghem, T. M. van (1980). *Methane production from the effluent of the potato starch industry*. *Biotechn. Letters* (2) 219-244.
- Bremner, J. M. (1960). *Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method*. *J. Agric. Sci.* (55) 17-33.
- Decock, J., Lefever, J. en Londersle, F. van (1980). *Mengmestverwerking met het systeem AGROPUR - Technologische en economische aspecten*. Tijdschrift van het BECEWA (57) 93-98.
- Dobbs, R. A. and Williams, R. T. (1963). *Elimination of chloride interference in the chemical oxygen demand test*. *Anal. Chem.* (35) 1064-1067.
- Lettinga, G., Pette, K. Ch. Vletter, R. de en Wind, E. (1977). *Anaerobe zuivering van biet-suikerafvalwaters op semi-technische schaal*. *H₂O* (10) 526-533.
- Lok, J. H. G. (1978). *Tweetraps anaerobe zuivering van het afvalwater van een aardappelverwerkend bedrijf*. *De Ingenieur* (40) 765-767.
- Merck, E. (1973). *Die Untersuchung von Wasser*. E. Merck, Darmstadt.
- Michiels, J., Vleeschauwer, D. de, Verdonck, O. en Boodt, M. de (1980). *Valorisatie van varkensmengmest door compostatie met naaldhouschors*. *Landbouwtijdschrift* (33) 1069-1090.
- Pipyn, P., Ombregt, J. P. and Verstraete, W. (1979). *A pilot scale anaerobic upflow reactor treating distillery wastes*. *Biotechn. Letters* (1) 495-500.
- Summers, R. and Bousfield, S. (1980). *A detailed study of piggery waste anaerobic digestion*. *Agricultural Wastes* (2) 61-78.
- Velsen, A. F. M. van (1977). *Anaerobic digestion of piggery waste. I. The influence of detention time and manure concentration*. *Neth. J. Agric. Sci.* (25) 151-169.
- Velsen, A. F. M. van, Oever, E. van 't en Lettinga, G. (1979). *Toepassing van de opstroomreactor bij de anaerobe behandeling van kalverdrijfmest*. *H₂O* (12) 59-63.
- Verstraete, W., Lefever, J. en Neukermans, G. (1980). *Organisch materiaal uit mengmest*. *Landbouwtijdschrift* (33) 1023-1034.



• Vervolg van pagina 336

Studiedag 'Biogas', een kort verslag

totale energieverbruik) van een actief-slib installatie en door het ter plaatse benutten van het biogas dat vrijkomt bij de vergisting van primair en secundair slib. Wisselingen in de biogasproductie (variërende belasting, seizoensinvloeden) moeten wel opgevangen worden door de openbare energievoorziening. Gedetailleerd werd ingegaan op het gebruik van door gistingsgas aangedreven gasmotoren die direct gekoppeld waren aan de blowers voor de beluchting. Tevens werd de afvalwarmte van de motoren gebruikt voor het verwarmen van de gistingstanks. Door dergelijke total-energy systemen (6 RZI's in Nederland) wordt de energie-inhoud van het gas voor 65 - 75 % gebruikt en kan worden voorzien in 70 % van de energiebehoefte van een actief slib installatie. Indien het gistingsgas < 1 0/00 H₂S bevat behoeven geen speciale voorzieningen te worden getroffen voor de verwijdering hiervan. De bedrijfservaringen met dergelijke gasmotor-blower combinaties tonen aan dat investeringen in 6 jaar worden terugverdiend, vergeleken met de conventionele gasmotor-dynamo-electromotor combinatie.

Tot slot van de bijeenkomst plaatste J. H. Voorburg (RAAD, Arnhem) nog enige kanttekeningen bij deze studiedag en eindigde met de stelling dat 'wij nog aan het begin staan' wat betreft biogas.

Als geheel beschouwd had deze studiedag een goed gebalanceerd programma waarin zowel de theoretische als de diverse praktische aspecten goed tot hun recht kwamen. De belangstelling uit België en ook Nederland was zeer groot. Een duidelijk minpunt was de gebrekkige audio-visuele accommodatie waardoor zich wellicht, na de verschillende lezingen, nauwelijks enige discussie ontspon.

