

NN31085.92-02

l e

g e n e r a l e r i o o l w a t e r -
z u i v e r i n g s i n r i c h t i n g e n

rwzi
2000

Rg2-02

VERGISTEN VAN ZUIVERINGSSLIB

een vergelijking tussen thermofiele en mesofiele slibgisting

6700-100392-07

lie rioolwaterzuiveringsinrichtingen RWZI 2000

projectleiding

at: postbus 17, 8200 AA Lelystad 03200 - 70411



VERGISTEN VAN ZUIVERINGSSLIB

Een vergelijking tussen thermofiele en mesofiele slibgisting



0000 0635 3797

auteur(s) :

Haskoning B.V. :
ir. W. van Starckenburg

RIZA :
ing. P.J.C. Kuiper

LU-Wageningen :
dr.ir. G. Zeeman

DHV Water B.V. :
ir. H.F. van der Roest

RWZI 2000 92-02

492

Het onderzoek "Toekomstige generatie rioolwaterzuiveringsinrichtingen RWZI 2000" is een samenwerkingsverband van de STOWA en Rijkswaterstaat (RIZA).

29 SEP. 1993

492

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	2
1 INLEIDING	3
2 SLIBGISTING IN DE NEDERLANDSE PRAKTIJK	4
3 LITERATUURONDERZOEK THERMOFIELE SLIBGISTING	6
3.1 Organische-drogestofafbraak en gasproductie	6
3.2 Ontwaterbaarheid	7
3.3 Reductie van pathogenen	8
4 PILOT-PLANT ONDERZOEK MESOFIELE EN THERMOFIELE SLIBGISTING	9
4.1 Organische-drogestofafbraak en gasproductie	9
4.2 Ontwaterbaarheid	12
4.3 Reductie van pathogenen	13
5 CONCLUSIES EN EVALUATIE	14
5.1 Conclusies	14
5.2 Evaluatie	15
6 LITERATUUR	17

VOORWOORD

In het onderzoeksplan van het project "Toekomstige generatie rioolwaterzuiveringsinrichtingen" (RWZI 2000) is plaats ingeruimd voor onderzoek naar thermofiele en mesofiele slibgisting. Dit onderzoek is in de periode van 1987 tot 1989 uitgevoerd. Een samenvatting van de resultaten treft u aan in deze covernota. Het betreft enerzijds een literatuurstudie, uitgevoerd door de Landbouwniversiteit, en anderzijds een vergelijkend semi-technisch onderzoek naar mesofiele en thermofiele slibgisting, uitgevoerd door het RIZA.

Uit het vergelijkend onderzoek komt onder andere naar voren dat thermofiele slibgisting bij een korte verblijftijd een hogere organische-drogestofafbraak en een hogere gasproductie heeft dan mesofiele slibgisting. Hier staat tegenover dat de ontwaterbaarheid van thermofiel vergist slib slechter is. Hierdoor wordt een mogelijk economisch voordeel van thermofiele slibgisting teniet gedaan.

Als gevolg van de veranderde regelgeving wordt de afzet van slib in de landbouw sterk beperkt. Op een groot aantal plaatsen wordt daarom gewerkt aan de bouw van centrale slibverwerkingsinstallaties. Technieken die hierbij worden toegepast zijn onder andere: composteren, drogen, verbranden en natte-lucht-oxydatie. Met het oog hierop is het de vraag of de inzet van slibgisting nog voordelen oplevert. Slibgisting werd in het verleden toegepast voor de reductie van stank, de verwijdering van pathogene micro-organismen en voor energie-opwekking door de productie van gistingsgas. Door slibgisting wordt tevens de hoeveelheid organische-drogestof verminderd en de ontwaterbaarheid van het slib zal over het algemeen toenemen. Voor een aantal slibverwerkingstechnieken (drogen, natte-lucht-oxydatie) zal een voorafgaande reductie van organische-drogestof voordelig zijn. Voor composteren en verbranden is een reductie van organische-drogestof energetisch niet voordelig. Andere overwegingen, zoals stank bij opslag en/of bij transport van vers slib, kunnen aanleiding zijn om, ondanks hogere kosten, toch slibgisting toe te blijven passen.

Een maximale organische-drogestofreductie, maar ook een goede ontwaterbaarheid, zal naar verwachting het beste kunnen worden bereikt door een mesofiele (of thermofiele) slibgisting met een relatief lange verblijftijd. Het onderhavige onderzoek heeft zich hier echter niet op gericht en geeft hierover ook onvoldoende duidelijkheid.

De resultaten van het onderzoek maken, zeker gezien bovengenoemde ontwikkelingen, wel duidelijk dat de keuze voor een thermofiele in plaats van een mesofiele slibgisting vooralsnog niet voor de hand ligt.

Lelystad, maart 1992

Voor de Stuurgroep RWZI 2000

Dr. J. de Jong
(voorzitter)

1 INLEIDING

In Nederland is bij de verwerking van zuiverings-slib de mesofiele slibgisting (ca. 33 °C) een techniek, die op meer dan 200 rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) wordt toegepast. In de literatuur is ook sprake van de mogelijkheid om slib thermofiel te vergisten (ca 55 °C). Ten opzichte van mesofiele slibgisting worden een snellere organische-drogestofafbraak, een beter ontwaterbaar vergist slib en een betere reductie van pathogenen geclaimd. Deze voordelen zijn de afgelopen jaren onderwerp geweest van zowel literatuur als semi-technisch onderzoek. De resultaten zijn beschreven in twee werkrapporten [1,2]. Voorliggende covernota gaat nader in op de resultaten van het verrichte onderzoek.

De mesofiele en thermofiele slibgisting worden met elkaar vergeleken. De voor- en nadelen worden daarbij beoordeeld aan de hand van:

- de organische-drogestofafbraak en de gasproductie;
- de ontwaterbaarheid van het vergiste slib;
- de reductie van pathogenen.

In hoofdstuk 2 wordt kort ingegaan op de slibgisting in de Nederlandse praktijk. In hoofdstuk 3 en 4 worden achtereenvolgens het literatuuronderzoek naar thermofiele slibgisting en het pilot-plant onderzoek naar mesofiele en thermofiele slibgisting beschreven. De conclusies en de evaluatie zijn weergegeven in hoofdstuk 5.

2 SLIBGISTING IN DE NEDERLANDSE PRAKTIJK

Slibgisting wordt in Nederland toegepast op rwzi's die zijn voorzien van een voorbezinkingstrap. Het primaire slib uit de voorbezinktanks wordt tezamen met het slib uit de aëratietanks (secundair slib) of van de oxydatiebedden (humusslib) ingedikt en vergist in slibgistingstanks. De gistingstemperatuur bedraagt circa 33 °C en ligt in het mesofiele temperatuurgebied. Over thermofiele slibgisting bij temperaturen van 50 tot 65 °C is nog vrij weinig bekend.

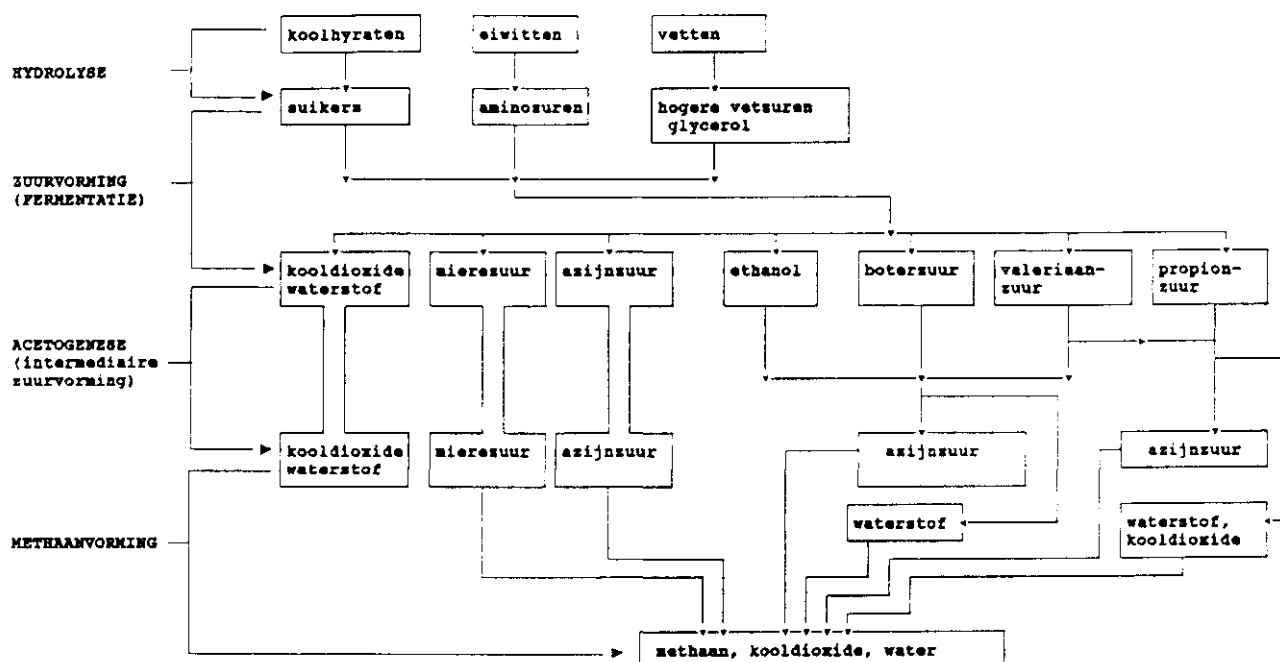
Slibgisting wordt in Nederland uitgevoerd in een volledig gemengd doorstroomsysteem (VGDS). Het kenmerk van een VGDS is een gelijke verblijftijd van vloeistof, gesuspendeerd materiaal en bacteriën. De menging geschiedt in de meeste gevallen door gasinblazing (2 m³/m².uur) en garandeert een optimaal contact tussen substraat en biomassa. De gemiddelde ontwerp-verblijftijd ligt tussen 15 en 25 dagen; in de praktijk blijken de verblijftijden eerder 25 tot 55 dagen te bedragen[5]. In een aantal gevallen wordt een combinatie toegepast van een mesofiele slibgisting met een onverwarmde tweede trap ("koude slibgisting"). De koude slibgistingstank doet dan tevens dienst als bezinker/afscheider voor het slib en slibwater.

Het doel van slibgisting is in de eerste plaats te komen tot een stabiel eindproduct, dat niet meer tot rotting overgaat bij opslag en verdere verwerking. Tevens wordt door slibgisting de ontwaterbaarheid en de hygiënische toestand van het slib verbeterd. Het gevormde gistingsgas bestaat hoofdzakelijk uit methaan (65 - 70%) en koolzuurgas (30 - 35 %) en sporen zwavelwaterstofgas, ammoniak en stikstof. Het wordt meestal gebruikt als energiebron op de rwzi. Er zijn diverse studies [3,4,5] uitgevoerd naar deze toepassing van gistingsgas. Uit een inventarisatie blijkt dat de gemiddelde specifieke gasproductie per kg toegevoerde organische-drogestof van slibgistingstallingen op Nederlandse rwzi's 440 ± 110 l/kg organische-drogestof bedraagt. Uit hetzelfde onderzoek blijkt dat door slibgisting ruwweg de helft van de aangeboden organische-drogestof wordt omgezet.

In de slibgistingstank vindt een anaërobe, microbiologische omzetting van organische stof plaats. Het biologische omzettingsproces bestaat uit een netwerk van deelstappen, die elk door verschillende bacteriesoorten worden uitgevoerd. Figuur 1 geeft de relevante omzettingsprocessen schematisch weer. In grote lijnen kan het omzettingsproces worden onderverdeeld in vier fasen:

- a. **hydrolyse**, waarbij complexe, niet opgeloste materialen onder invloed van exo-enzymen van fermentatieve bacteriën worden omgezet in minder complexe, opgeloste bestanddelen.
- b. **zuurvorming (fermentatie)**, waarbij de opgeloste stoffen door fermentatieve bacteriën worden omgezet in een reeks eenvoudige verbindingen, zoals vluchtige vetzuren, alcoholen, melkzuur, CO₂, H₂, NH₃ en H₂S, alsmede in nieuw celmateriaal.

- c. **acetogenese (intermediaire zuurvorming)**, waarbij de eindprodukten van de fermentatie worden omgezet in acetaat, waterstof en carbonaat, alsmede in nieuw celmateriaal.
- d. **methaanvorming**, waarbij acetaat, waterstof en carbonaat, formiaat en methanol worden omgezet in methaan, CO₂ en nieuw celmateriaal.



Figuur 1 Schema van de anaërobe afbraak van organisch materiaal.
 (Uit: PAO cursus 1988 : "Biologische zuivering van afvalwater" onderdeel BA 9:
 "Anaërobe behandeling van afvalwater" samengesteld
 door: Ir. G. Zeeman en Ir. L.W. Hulshoff Poll)

Bij slibgisting is de hydrolyse van moeilijk afbreekbare macro-moleculen de snelheidsbepalende stap. Voor het bereiken van een hoge omzettinggraad is een lange verblijftijd nodig. De vereiste procesomstandigheden worden voornamelijk bepaald door de methaanbacteriën. De pH dient voor de methaanbacteriën te liggen tussen 6,5 - 7,5. De buffering door bicarbonaat moet voldoende hoog zijn om bij een optredende accumulatie van vluchtige vetzuren (als gevolg van procesfluctuaties) de pH neutraal te houden. Een bicarbonaat-alkaliteit van ca. 70 meq/l wordt over het algemeen voldoende hoog geacht.

3 LITERATUURONDERZOEK THERMOFIELE SLIBGISTING

Thermofiele slibgisting wordt uitgevoerd bij een temperatuur van 50 tot 55 °C [1]. Binnen dit temperatuursgebied is een speciale groep anaërobe bacteriën, de thermofiele bacteriën, werkzaam. Een belangrijke eigenschap van deze bacteriën ten opzichte van de mesofiele bacteriën is dat zij hogere maximale groeisnelheden hebben, waardoor er in principe hogere omzettingssnelheden kunnen worden bereikt. De theorie geeft aan dat met kortere verblijftijden dan bij het mesofiele gistingproces kan worden volstaan om dezelfde organische-drogestofafbraak te bereiken. De procesvoering verschilt, afgezien van verblijftijd, temperatuur en de aanwezige bacteriën, niet van die van de mesofiele variant.

Uit de literatuur blijkt dat er veel onderzoek is verricht waarbij mesofiele en thermofiele slibgisting met elkaar zijn vergeleken. Thermofiele slibgisting zou een aantal voordelen ten opzichte van mesofiele slibgisting opleveren:

- een hogere gasproductie bij een gelijke verblijftijd of een gelijke gasproductie bij een kortere verblijftijd;
- een betere ontwaterbaarheid van het vergiste slib;
- een verdergaande reductie van pathogene organismen.

In een aantal gevallen is onderzoek verricht naar het functioneren van tweetrapsprocessen. Hierbij moet worden gedacht aan een combinatie van twee thermofiel bedreven gistingstanks, of aan een thermofiele gevolgd door een mesofiele slibgistingstank, danwel een mesofiel-thermofiele combinatie. Vrijwel altijd wordt er een betere werking gerapporteerd in vergelijking met een ééntraps mesofiele of thermofiele slibgisting. Een goed onderbouwde verklaring hiervoor is niet te geven. De vermoedelijke oorzaak van de betere werking in tweetrapsystemen is dat de processtappen in afzonderlijke ruimten beter verlopen doordat gevormde tussenproducten zoals waterstof, azijnzuur en propionzuur in mindere mate de afbraak van vluchtige vetzuren remmen.

3.1 Organische-drogestofafbraak en gasproductie

Bij thermofiele slibgisting worden bij gelijke verblijftijden in het algemeen 10 tot 25 % hogere gasproducties waargenomen dan bij mesofiele slibgisting. Bij de vergisting van meer geconcentreerd slib (> 4% d.s.) echter levert thermofiele slibgisting veelal juist een lagere gasproductie op dan mesofiele slibgisting. Een hoge NH_4^+ -N concentratie is in elk geval een belangrijke oorzaak van deze lagere gasproductie. Zowel de hydrolyse als de methaanvorming wordt daardoor geremd.

Wat betreft de omzetting van eiwitten is de literatuur eenduidig: onder thermofiele condities is deze hoger dan onder mesofiele condities. Over de hydrolyse van vetten en koolhydraten bestaat minder overeenstemming: er worden zowel lagere als hogere omzettingpercentages gerapporteerd. Bij verblijftijden langer dan 10 dagen zijn de verschillen in omzettingpercentages over het algemeen gering.

Over de processtabiliteit wordt in de literatuur ondermeer vermeld dat een plotselinge verhoging van de belasting als gevolg van het verkorten van de verblijftijd niet leidt tot een noemenswaardige verstoring van het thermofiele slibgisticsproces. Wel zou er als gevolg van de belastingverhoging schuimvorming kunnen optreden .

De resultaten van onderzoek naar het effect van temperatuurvariaties tijdens de thermofiele slibgisting zijn minder eenduidig. De stabiliteit van het proces voor een temperatuurverhoging zou afhankelijk zijn van de samenstelling van de bacteriepopulatie en dan in het bijzonder de mate van aanwezigheid van bacteriesoorten met een hoog temperatuur-optimum. De aanwezigheid van dit soort bacteriën zal afhangen van een aantal factoren, zoals de fase waarin de slibgisting zich bevindt: in de opstartfase of in een evenwichtssituatie, de heersende procestemperatuur, de wijze van opstarten, en de aard van het aangeboden substraat.

Een temperatuurdaling heeft over het algemeen minder snel verlies aan activiteit tot gevolg. Langdurig bewaren van thermofiel slib dient bij voorkeur bij een lage temperatuur te geschieden. Na een kortdurende temperatuurverlaging wordt in het algemeen vrij snel de oorspronkelijke activiteit verkregen.

3.2 Ontwaterbaarheid

In het algemeen wordt aangenomen dat slibgisting (zowel mesofiel als thermofiel) resulteert in een verbeterde ontwaterbaarheid van het slib. Resultaten van verschillende onderzoeken geven echter aan dat dit lang niet altijd het geval is en dat de ontwaterbaarheid onder andere afhankelijk is van het uitgangsmateriaal. Van belang hierbij zijn met name het drogestofgehalte en de verhouding primair en secundair slib. Een hoog drogestofgehalte in het verse slib ($\pm 6,5$ % d.s.) of een relatief hoog percentage (> 40 %) secundair slib bleek na een slibgisting met een verblijftijd van 21 dagen bij een temperatuur van 35 °C te resulteren in een slechter ontwaterbaar slib vergeleken met het verse slib. Mogelijk dat optimalisatie van de slibgisting ten aanzien van de verblijftijd en/of de temperatuur in dit geval de ontwaterbaarheid van het vergiste slib zou kunnen verbeteren. Hierover zijn echter geen gegevens bekend.

Thermofiel vergist slib wordt veelal een betere ontwaterbaarheid toegeschreven dan mesofiel vergist slib, maar ook tegenovergestelde effecten zijn waargenomen. Er is geen fundamenteel inzicht in het effect van thermofiele slibgisting op de ontwaterbaarheid van het vergiste slib. In één praktijkinstallatie in de Verenigde Staten is gekozen voor thermofiele slibgisting, met als belangrijkste argument dat het thermofiel vergiste slib beter ontwaterbaar is dan het mesofiel vergiste slib. De thermofiele vergisting wordt in dat geval bij een betrekkelijk lange verblijftijd, n.l. 20 dagen, uitgevoerd. Uit de gerapporteerde onderzoeken kan geen eenduidig antwoord worden gegeven op de vraag of thermofiele slibgisting leidt tot beter ontwaterbaar slib dan mesofiele vergisting.

3.3 Reductie van pathogenen

Uit de literatuur blijkt dat de reductie van pathogenen bij thermofiele slibgisting groter is dan bij mesofiele slibgisting. De reductie van pathogenen neemt bovendien toe met de tijd van blootstelling aan de temperatuur. Indien een maximale reductie van pathogenen wordt vereist, moet gekozen worden voor een voedingssysteem waarbij één à twee keer per dag eerst vergist slib uit de slibgistingstank wordt onttrokken en daarna pas vers slib wordt toegevoegd. Vaker voeden zal leiden tot een onvoldoende reductie doordat een groot gedeelte van het slib te kort aan de procesomstandigheden is blootgesteld.

Bedacht moet worden dat bij niet-continue voeding niet meer kan worden gesproken van een VGDS-systeem. De consequenties hiervan voor het gistingsproces zijn niet geheel bekend, zij het dat in sommige gevallen is geconstateerd dat het proces minder goed functioneerde. Niet-continue voeding heeft een duidelijk effect op het verloop van de gasproductie, die evenredig met het patroon van de voeding zal fluctueren. Dit zal invloed kunnen hebben op de dimensionering van een eventuele gashouder.

Wanneer de afstervingsnelheid van Salmonella-bacteriën als richtlijn wordt genomen, zou volgens de literatuur het aantal kiemen in vers slib van 10^5 à 10^6 kiem/m³ kunnen worden teruggebracht tot 1 kiem/m³ door gedurende 8 uur het slib aan een temperatuur van 50 °C bloot te stellen. In de praktijk worden vaak veel minder vergaande reducties gerapporteerd. Uitgaande van gemiddeld 2×10^7 kiem/m³ Salmonella-bacteriën werden in Los Angeles (1982) in mesofiel vergist slib nog 4×10^5 kiem/m³ aangetroffen en in thermofiel vergist slib vond men nog 3×10^4 kiem/m³.

4 PILOT-PLANT ONDERZOEK MESOFIELE EN THERMOFIELE SLIBGISTING

Er is in de periode van 1987 tot en met 1989 een vergelijkend semi-technisch onderzoek uitgevoerd naar thermofiele en mesofiele slibgisting [2]. De proefinstallatie is gesitueerd op de rwzi Dronten. Hiervoor is gekozen, omdat er op deze rwzi reeds een proefinstallatie (bestaande uit twee identieke gistingstanks met een inhoud van 270 liter, tezamen met de benodigde randapparatuur opgesteld in een gebouwtje) aanwezig is waarmee al eerder vergelijkend slibgistingsonderzoek is uitgevoerd. De rwzi Dronten heeft een ontwerpcapaciteit van 12.000 i.e. en bestaat uit twee identieke straten die zijn opgebouwd uit een voorbezinktank, een oxydatiebed en een nabezinktank. Het verse slib (primair slib + humusslib) van deze installatie is gebruikt voor de proeven.

Er is onderzoek verricht gedurende twee perioden van elk ruim een half jaar. Er is gewerkt met verblijftijden korter dan 15 dagen vanuit de veronderstelling dat de thermofiele slibgisting juist bij korte verblijftijden tot betere resultaten zou leiden dan de mesofiele slibgisting. In de eerste periode (1987-1988) is gedurende een aantal korte proefperioden het slibgistingsproces gevolgd bij verblijftijden van 15, 12, 9, 6 en 5 dagen. In de tweede periode (1988-1989) is getracht de resultaten uit de eerste periode te bevestigen door het slibgistingsproces gedurende langere tijd bij dezelfde, relatief korte, verblijftijd van 9 dagen te volgen.

De proefomstandigheden zijn voor beide processen identiek gehouden. De proeven zijn direct gestart bij temperaturen van respectievelijk 33 en 54 °C. Bij de start van de eerste periode is het slib verdund met leidingwater (verhouding 1 : 1). Bij de start van de tweede periode is deze verdunning achterwege gelaten. Er is gedurende 5 of 7 dagen per week éénmaal per dag gevoed.

Het onderzoek heeft gegevens opgeleverd over het afbraakpercentage van de organische-drogestof, de gasproductie, de ontwaterbaarheid van het vergiste slib en de verwijdering van pathogene micro-organismen. Daarnaast is de processtabiliteit beoordeeld aan de hand van de pH, de alkaliteit, het gehalte aan vluchtige vetzuren, het gehalte aan CO₂ in het gistingsgas en de gasproductie bij nagisting van vergist slib.

4.1 Organische-drogestofafbraak en gasproductie

In tabel 1 zijn de gemiddelde afbraakpercentages weergegeven voor periode 1 en 2. De afbraakpercentages zijn berekend uit de massabalans voor de organische-drogestof gedurende een meetperiode en komen voor zowel de mesofiele als de thermofiele slibgisting overeen met praktijkgegevens over mesofiele slibgistinginstallaties op Nederlandse rwzi's [5]. Het gemiddelde afbraakpercentage is bij de gekozen, relatief korte, verblijftijden vrijwel steeds lager dan 50 %.

De duurproef in periode 2 bij een verblijftijd van 9 dagen resulteert ook voor de mesofiele slibgisting in een redelijk hoog afbraakpercentage van 44 %. Bij een kortere verblijftijd dan 9 dagen neemt de organische-drogestofafbraak van het mesofiele proces sneller af dan die van het thermofiele proces en wordt het verschil in afbraakpercentage groter. Dit komt overeen met de literatuur [1], die aangeeft dat met name bij korte verblijftijd thermofiele slibgisting een betere afbraak te zien geeft dan mesofiele slibgisting.

TABEL 1 GEMIDDELDE AFBRAAKPERCENTAGES

hydraulische verblijftijd (dagen)	wijze van voeden *)	organische-drogestof-belasting (kg/m ³ .dag)	afbraakpercentage	
			mesofiel	thermofiel
15	1	1,5	49	43
12	1	1,8	42	45
9	1	1,9	51	51
9	2	2,4	44	46
6	2	3,5	36	42
5	2	5,5	34	38

*) 1: dagelijkse voeding gedurende 5 dagen per week, éénmaal per dag

2: dagelijkse voeding gedurende 7 dagen per week, éénmaal per dag

In tabel 2 is de gasproductie weergegeven. De gasproductie van de mesofiele slibgisting is vergelijkbaar met de gemiddelde gasproductie in Nederlandse slibgistingstanks. De gasproductie van het thermofiele proces blijkt 10 tot 25 % hoger te liggen dan van het mesofiele proces en in twee gevallen zelfs 45 % hoger.

TABEL 2 GEMIDDELDE SPECIFIEKE GASPRODUKTIES

hydraulische verblijftijd (dagen)	wijze van voeden *)	specifieke gasproductie			
		l/kg ods toevoer		l/kg ods verwijderd	
		mesofiel	thermofiel	mesofiel	thermofiel
15	1	320	460	650	1060
12	1	380	480	920	1060
9	1	400	500	790	970
9	2	480	520	1100	1140
6	2	320	470	890	1130
5	2	340	420	1000	1240

*) 1: dagelijkse voeding gedurende 5 dagen per week, éénmaal per dag

2: dagelijkse voeding gedurende 7 dagen per week, éénmaal per dag

In tabel 3 en 4 zijn de gemiddelde procesparameters bij verschillende verblijftijden weergegeven. Het gehalte aan vluchtige vetzuren in het thermofiel vergiste slib is hoger dan in het mesofiel vergiste slib. Het gehalte aan vluchtige vetzuren in het vergiste slib is bij zowel mesofiele als thermofiele slibgisting het hoogst bij verblijftijden van 6 en 5 dagen. De alkaliteit is voor zowel het mesofiele als het thermofiele proces echter ruim voldoende gebleken om de pH rond de 7 te houden. Bij het mesofiele slibgistingsproces neemt de alkaliteit bij de zeer korte verblijftijden van 6 en 5 dagen wel iets af van 60 à 75 tot 45 à 55 meq/l.

De gasproductie bij nagisting van het vergiste slib is gemeten op laboratoriumschaal als maat voor de volledigheid van de omzetting van de organische-drogestof. Opvallend is dat de gasproductie bij nagisting van mesofiel vergist slib (met maximaal een factor 2) toeneemt tot 150 l/kg ods bij halvering van de verblijftijd van 12 naar 6 dagen. De toename van de gasproductie bij nagisting wijst erop dat het gehalte aan gemakkelijk afbreekbare organische-drogestof is toegenomen. Dit houdt in dat er een onvolledige omzetting heeft plaatsgevonden tijdens de slibgisting. Een hoge gasproductie als gevolg van nagisting kan een negatieve invloed op het indikkingsproces hebben. De meting van de gasproductie bij nagisting van thermofiel vergist slib geeft een veel lager cijfer. Dit kan waarschijnlijk worden verklaard door de lage temperatuur (33 °C) waarbij de nagisting is uitgevoerd in vergelijking met de thermofiele procestemperatuur (54 °C).

De geur van het mesofiel vergiste slib wordt bij een verblijftijd van 5 dagen minder acceptabel in vergelijking tot die bij langere verblijftijd (eigen waarneming van de onderzoeker). Dit geldt niet voor het thermofiel vergiste slib.

TABEL 3 STABILITEIT MESOFIELE SLIBGISTING

verblijftijd (dagen)	15*)	12*)	9*)	9	6	5
organische-drogestofbelasting (kg/m ³ .dag)	1,5	1,8	1,9	2,4	3,5	5,5
alkaliteit (meq/l)	60	60	75	75	45	55
ammoniumstikstof (mg/l)	540	480	380	620	420	550
vluchtige vetzuren (mg/l)	160	60	25	185	430	420
gasproductie bij nagisting (l/kg ods) **)	40	70	70	70	140	150
% CO ₂	-	32	32	32	34	32

*) voeding gedurende 5 in plaats van 7 dagen per week

***) testen op laboratoriumschaal

TABEL 4 STABILITEIT THERMOFIELE SLIBGISTING

verbliftijd (dagen)	15*)	12*)	9*)	9	6	5
organische-drogestofbelasting (kg/m ³ .dag)	1,5	1,8	1,9	2,4	3,5	5,5
alkaliteit (meq/l)	70	65	55	80	65	65
ammoniumstikstof (mg/l)	540	430	440	620	520	730
vluchtige vetzuren (mg/l)	300	160	120	360	450	450
gasproductie bij nagisting (l/kg ods)**)	10	25	30	10	20	20
% CO ₂	-	31	31	32	32	33

*) voeding gedurende 5 in plaats van 7 dagen per week

***) testen op laboratoriumschaal

4.2 Ontwaterbaarheid

Uit het onderzoek naar de ontwaterbaarheid komt naar voren dat in vergelijking met mesofiel vergist slib er voor thermofiel vergist slib een ongeveer twee maal zo hoge dosering poly-electrolyt nodig is om een vergelijkbaar drogestofgehalte van de filterkoek te verkrijgen (zie tabel 5). Uit microscopisch onderzoek is gebleken dat het thermofiel vergiste slib zeer veel fijn verdeeld materiaal bevat. Dit kan een verklaring zijn voor de minder goede ontwaterbaarheid van het thermofiele slib en de hogere benodigde poly-electrolytdosering.

Na een slibgisting met een verblijftijd van 12 dagen is de ontwaterbaarheid van zowel mesofiel als thermofiel vergist slib enigszins beter dan na een slibgisting met een kortere verblijftijd. Blijkbaar dient er met een afnemende ontwaterbaarheid rekening te worden gehouden als er voor een kortere verblijftijd in de slibgistingstank wordt gekozen. Dit kan worden verklaard uit een minder goede organische-drogestofafbraak bij het verkorten van de verblijftijd.

TABEL 5 ONTWERBAARHEID VAN THERMOFIEL EN MESOFIEL VERGIST SLIB

hydraulische verblijftijd (dagen)	organische-drogestofbelasting (kg/m ³ .dag)	benodigde poly-electrolyt dosering (g/kg d.s.)		percentage drogestof in de filterkoek (%)	
		mesofiel	thermofiel	mesofiel	thermofiel
12	1,8	2,5 à 5	7 à 12	30 à 36	23 à 29
9	1,9	3 à 6	8 à 12	24 à 27	20 à 25
6	3,5	6	12	26	24
5	5,5	-	9 à 14	-	22 à 26

4.3 Reductie van pathogenen

Het aantal micro-organismen is bepaald in het verse slib en in het vergiste slib. De beschouwde organismen geven een indicatie over de mogelijke aanwezigheid van mens-pathogene micro-organismen. Meerdere malen is het aantal colibacteriën, faecale streptococcen, somatische colifagen en f-specifieke RNA-fagen bepaald.

De gemeten reductie van indicator-organismen is over het algemeen slecht. Thermofiele slibgisting tendeeert naar een iets hogere reductie dan mesofiele slibgisting. Dit geldt met name bij een verblijftijd van 15 dagen. Bij een kortere verblijftijd neemt het verschil in reductie steeds verder af. Bij het ontbreken van Nederlandse criteria waaraan het slib qua aantallen ziekteverwekkende organismen zou moeten voldoen, is een vergelijking gemaakt met Duitse normen voor slib dat in de landbouw wordt afgezet (tabel 6). Hieruit moet worden geconcludeerd dat ook thermofiel vergist slib niet aan de normen zou voldoen.

TABEL 6 PATHOGENE MICRO-ORGANISMEN IN MESOFIEL EN THERMOFIEL VERGIST SLIB
(log aantal/g ds)
(de verblijftijd in de slibgistingstank bedraagt 15 dagen)

soort indicator-organisme	gehalte in vergist slib uit de proefinstallaties		toegestaan volgens Duitse norm
	mesofiel	thermofiel	
totaal aantal colibacteriën	7	5	3
thermotolerante colibacteriën	6	4	3
faecale strepto- coccen	6	4	3
somatische colifagen	6	5	1
f-specifieke RNA-fagen	4	4	1

5 CONCLUSIES EN EVALUATIE

5.1 Conclusies

Er is in de jaren 1987 - 1989 in het kader van het project RWZI 2000 een literatuurstudie en een vergelijkend semi-technisch onderzoek uitgevoerd naar de verschillen tussen mesofiele en thermofiele slibgisting.

De literatuurstudie geeft aan dat de verschillen in organische-drogestofafbraak en gasproductie over het algemeen gering zijn en afhangen van de samenstelling van het uitgangsmateriaal. Bij een hoog organische-drogestofgehalte en/of een relatief hoog aandeel secundair slib kan de gasproductie van het mesofiele proces bij gelijke verblijftijd zelfs hoger zijn dan van het thermofiele proces. Bij het thermofiele proces lijkt bij hoge organische-drogestofgehalten (> 4 % d.s.) en hoge ammoniumstikstofgehalten remming op te treden van zowel de hydrolyse als de methaanvorming, waardoor de afbraak en gasproductie achteruit gaan.

Uit het semi-technisch onderzoek met een mengsel van primair en humusslib van rwzi Dronten (2,5 à 3,5 % d.s.) blijkt dat bij een verblijftijd van 9 dagen het afbraakpercentage van de organische-drogestof nog ruim 40 % bedraagt. Dit afbraakpercentage komt goed overeen met praktijkgegevens van mesofiele slibgistingsinstallaties op Nederlandse rwzi's bij aanzienlijk langere verblijftijden. Bij een verblijftijd van 5 à 6 dagen bedragen de gemeten afbraakpercentages respectievelijk 35 en 40 % voor het mesofiele en thermofiele slibgistingproces. Hieruit blijkt dat bij mesofiele slibgisting het afbraakpercentage eerder achteruitgaat bij extreem korte verblijftijden dan bij thermofiele slibgisting.

Volgens het semi-technische onderzoek is de gasproductie bij thermofiele slibgisting over het algemeen ongeveer 10 à 25 % hoger dan bij mesofiele slibgisting. Deze hogere gasproductie bij thermofiele slibgisting kan gebruikt worden voor de extra verwarming van de slibgistingstank en/of voor extra productie van elektrische energie. In het verleden is berekend dat onder andere hierdoor thermofiele slibgisting economisch voordeel oplevert boven mesofiele slibgisting [5].

De processtabiliteit (pH, bicarbonaat-alkaliteit, gehalte aan vetzuren) blijkt in het semi-technische onderzoek voor zowel de thermofiele als de mesofiele slibgisting goed te zijn geweest, zelfs bij een verblijftijd van 9 dagen.

De gasproductie bij nagisting van het mesofiel vergiste slib neemt toe als de verblijftijd korter wordt gekozen. Bij 5 dagen verblijftijd is deze nagisting ongeveer 150 l/kg ods, hetgeen duidt op een onvolledige omzetting van organische-drogestof. Er kunnen in de praktijk als gevolg van nagisting problemen ontstaan met de indikking van het vergiste slib, doordat het slib in de indikker kan gaan floteren.

De geur van het mesofiel vergiste slib, zoals waargenomen tijdens het semi-technische onderzoek, wordt bij een verblijftijd van 5 dagen minder acceptabel in vergelijking tot die bij een langere verblijftijd. Deze constatering geldt niet voor thermofiel vergiste slib.

De reductie van pathogene micro-organismen is bij thermofiele slibgisting iets beter dan bij mesofiele slibgisting. In Nederland zijn geen toetsingscriteria voor pathogene micro-organismen in zuiveringsslib. In Duitsland geldende normen gaan uit van toelaatbare gehalten voor landbouwkundige toepassingen van 3 log aantal/g d.s. voor bacteriën en 1 log aantal/g d.s. voor virussen. De gevonden waarden in het semi-technische onderzoek voldoen hier niet aan.

Het semi-technisch onderzoek op rwzi Dronten (primair- + humusslib) geeft aan dat thermofiel vergist slib slechter ontwaterbaar is dan mesofiel vergist slib. Voor de ontwatering van thermofiel vergist slib is meer poly-electrolyt nodig, hetgeen relatief hoge kosten met zich meebrengt. Hierdoor komt het economische voordeel van thermofiele slibgisting geheel te vervallen.

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat in één praktijkstudie gekozen is voor thermofiele slibgisting omdat het vergiste slib beter ontwaterbaar is en er minder poly-electrolyt nodig is. Bij deze installatie is de thermofiele slibgisting bij een betrekkelijk lange verblijftijd van 20 dagen uitgevoerd. Fundamenteel inzicht in de oorzaak van deze betere ontwaterbaarheid van thermofiel vergist slib ontbreekt. Er zijn wel aanwijzingen dat de samenstelling van het te vergisten slib en de verblijftijd in de slibgistingstank belangrijke factoren zijn die de ontwaterbaarheid beïnvloeden. Nader onderzoek hiernaar kan het inzicht in mogelijke relaties verbeteren.

5.2 Evaluatie

Mesofiele slibgisting wordt in Nederland veelvuldig toegepast met als doel:

- het verbeteren van negatieve eigenschappen van het slib (o.a. het verminderen van stankbezwaren en reductie van pathogene micro-organismen);
- het genereren van gistingsgas;
- het verminderen van de hoeveelheid organische-drogestof;
- het verbeteren van de ontwaterbaarheid.

Terwijl in het verleden de eerste twee aspecten van het grootste belang waren, zullen het verminderen van de hoeveelheid organische-drogestof en de ontwatering van het slib in de toekomst steeds belangrijker worden. Mocht er rond 1980 nog vanuit worden gegaan dat een nuttige afzet (landbouw, zwarte grond, compost) een reële optie was, op dit moment is het verwerken van zuiveringsslib als ware het een afvalstof aan de orde. De belangrijkste reden voor deze verandering in het denken over zuiveringsslib is de verscherping van de regels voor de slibsamenstelling bij landbouwkundig gebruik. Slechts een minimaal percentage van de totaal geproduceerde hoeveelheid slib zal hierdoor nog een nuttig gebruik vinden.

Slibgisting zal daarom niet meer kunnen worden aangemerkt als een eindbehandeling. De belangrijkste opties voor verdere verwerking zijn op dit moment composteren, storten, drogen, verbranden en natte-lucht-oxydatie. Bij een aantal van deze opties (drogen, natte-lucht-oxydatie) zijn de voorafgaande reductie van de hoeveelheid organische-drogestof, bijvoorbeeld door voorafgaande slibgisting, en een goede ontwaterbaarheid van groot belang om de kosten van de verdere verwerking te beperken. Het slibgistingsproces zal voor deze gevallen op de parameters organische-drogestofreductie en ontwaterbaarheid moeten worden geoptimaliseerd. Voor composteren en verbranden is de reductie van organische-drogestof energetisch onvoordelig voor de procesvoering. Er zal desondanks voor toepassing van slibgisting kunnen worden gekozen, bijvoorbeeld indien het slib eerst moet worden opgeslagen en daarna getransporteerd naar een centrale verwerkingslocatie. Redenen hiervoor kunnen zijn dat door slibgisting stankbezwaren worden verminderd, dat de slibgistingsinstallatie als een buffer dienst kan doen, energie uit gistingsgas ten behoeve van de lokale bedrijfsvoering wordt verkregen en dat er beter ontwaterbaar slib resteert.

Uit het semi-technische onderzoek blijkt, dat voor mesofiele slibgisting de verblijftijd kan worden verkort tot 9 dagen; rekening houdend met een veiligheidsmarge voor fluctuaties in de procesvoering kan dit worden gesteld op bijvoorbeeld 12 - 15 dagen. Voor thermofiele slibgisting blijkt dat een verblijftijd kan worden aangehouden van 6 dagen; rekening houdend met een veiligheidsmarge 8 - 10 dagen. Echter, in verband met het streven naar een maximale organische-drogestof reductie en een optimale ontwaterbaarheid, wordt (op grond van de literatuurstudie) vermoed dat de verblijftijd in de slibgisting zeker niet korter moet worden gekozen dan tot nu toe gebruikelijk (circa 20 dagen of langer).

De keuze tussen mesofiele en thermofiele slibgisting zal tevens in dit licht moeten worden gemaakt. Op basis van de thans beschikbare gegevens is dat echter niet mogelijk. Een fundamentele onderbouwing van de relatie tussen vergisting en ontwaterbaarheid is noodzakelijk. Hiertoe zal additioneel onderzoek moeten worden uitgevoerd, waarbij mogelijk tevens een microbiologische onderbouwing van de processen de aandacht moet krijgen.

Indien hieruit zou blijken dat bijvoorbeeld een geoptimaliseerde mesofiele of thermofiele slibgisting weliswaar duurder is maar minder en beter ontwaterbaar slib oplevert, kan dit in verband met de kosten van de verdere verwerking een interessante optie zijn.

De keuze tussen mesofiele en thermofiele slibgisting valt op basis van de huidige inzichten uit ten gunste van de mesofiele werkwijze. De dimensionering van de slibgisting moet eerder een geoptimaliseerde slibontwatering en verdere slibverwerking tot doel hebben dan een zo kort mogelijke gistingstijd.

6 LITERATUUR

- 1 Thermofiele vergisting van rioolwaterslib
Een literatuuronderzoek
G. Zeeman en H.A.A. van Veen
Wageningen, juni 1990
Vakgroep Milieutechnologie, Landbouwniversiteit Wageningen
- 2 Vergelijkend onderzoek naar thermofiele en mesofiele vergisting van zuiveringsslib op semi-technische schaal op rwzi Dronten
P.J.C. Kuiper
Lelystad, 1991
Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling
- 3 Gistingsgas als energiebron op rioolwaterzuiveringsinrichtingen
STORA
Rijswijk, 1981
- 4 Energie uit gistingsgas
(Toetsing van ontwerpgrondslagen)
STORA
Rijswijk, 1983
- 5 Optimalisatie van de gistingsgasproductie
STORA
Rijswijk, 1985

**PUBLIKATIREEKS "TOEKOMSTIGE GENERATIE
RIOOLWATERZUIVERINGSINRICHTINGEN RWZI 2000"¹**

- 1 "Behandeling van stedelijk afvalwater in de toekomst"
Een haalbaarheidsonderzoek. I. Eindrapport II. Werkrapport
RIZA, TNO-Maatschappelijke Technologie en Witteveen & Bos Raadgevende
ingenieurs
Juli 1986
- 2 "Toekomstige generatie rioolwaterzuiveringsinrichtingen; RWZI 2000"
Onderzoekplan
RIZA, STORA
Januari 1988
- 3 "Jaarverslag 1988"
RIZA, STORA
Maart 1989
- 4 "Slibontwatering; een voorstudie"
TU-Delft, TU-Eindhoven
RWZI 2000 89-01
Januari 1989
- 5 "Knelpunten bij de invoering van defosfatering"
Witteveen & Bos Raadgevende ingenieurs
RWZI 2000 89-02
April 1989
- 6 "Selectieve verwijdering van zware metalen uit ruw rioolwater met behulp van
een magneetsysteem"
Smit-Nymegen, TNO-Maatschappelijke Technologie
RWZI 2000 89-03
Oktober 1989
- 7 "Verwijdering van zware metalen uit zuiveringsslib door elektrolyse"
TNO-Maatschappelijke Technologie
RWZI 2000 89-04
Oktober 1989

¹ Te bestellen bij:
STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
tel. 030-321199

- 8 "Hydrolyse van zuiveringslib in combinatie met anaërobe vergisting"
TNO-Maatschappelijke Technologie
RWZI 2000 89-05
Oktober 1989
- 9 "Het drogen van zuiveringslib met het Carver-Greenfieldproces"
TNO-Maatschappelijke Technologie, Witteveen & Bos Raadgevende
ingenieurs
RWZI 2000 89-06
December 1989
- 10 "Natte oxydatie van zuiveringslib met het Vertech-systeem"
TNO-Maatschappelijke Technologie, Witteveen & Bos Raadgevende
ingenieurs
RWZI 2000 89-07
December 1989
- 11 "Symposium "RWZI 2000" d.d. 5 oktober 1989"
RIZA, STORA
RWZI 2000 89-08
December 1989
- 12 "Jaarverslag 1989"
RIZA, STORA
RWZI 2000 90-01
Maart 1990
- 13 "AB-Systemen; een inventarisatie"
DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV
RWZI 2000 90-02
September 1990
- 14 "Vergisting van aëroob gestabiliseerd slib"
DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV
RWZI 2000 90-03
Augustus 1990
- 15 "Het afleiden van procestechnologische relaties uit bedrijfsgegevens van rwzi's"
DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV
RWZI 2000 90-04
December 1990
- 16 "Automatische regeling van het slibgehalte in beluchtingstanks"
Adviebureau BKH
RWZI 2000 90-05
September 1990

- 17 "Verkenning Bio-Denitro/Bio-Denipho"
Witteveen & Bos Raadgevende ingenieurs
RWZI 2000 90-06
Juni 1990
- 18 "Linpor-sponsjes als dragermateriaal bij de aërobe zuivering van rioolwater"
TNO-Maatschappelijke Technologie
RWZI 2000 90-07
Oktober 1990
- 19 "Jaarverslag 1990"
RIZA, STORA
RWZI 2000 91-01
Maart 1991
- 20 "Deep Shaft-systemen; een inventarisatie"
DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV
RWZI 2000 91-02
Maart 1991
- 21 "Perspectives for the utilization of membrane-assisted sludge retention in
municipal waste water treatment plants"
A feasibility study
RU-Groningen
RWZI 2000 91-03
Juni 1991
- 22 "Jaarverslag 1991"
RIZA, STOWA
RWZI 2000 92-01
Maart 1992
- 23 "Vergisten van zuiveringsslib; een vergelijking tussen thermofiele en mesofiele
slibgisting"
Haskoning B.V., RIZA, LU-Wageningen, DHV Water B.V.
RWZI 2000 92-02
Maart 1992