

1992-01_drijfslagen-rwzi-verkennend-onderzoek

stowa

**Drijfslagen op
rioolwaterzuiveringsinstallaties**

Verkennend onderzoek

92-01

Drijflagen op rioolwaterzuiveringsinstallaties



Verkennd onderzoek

92-01

STOWA
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
tel. 030-321199
fax 030-321766

Publikaties en het publikatieoverzicht
kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-611188
fax 079-613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

INHOUD

	pag.
TEN GELEIDE	4
SAMENVATTING	5
1 INLEIDING	7
2 ORIËNTEREND ONDERZOEK	10
3 GRENSVLAKVERSCHIJNSELEN	18
4 LITERATUURSTUDIE	23
4.1 Omvang en problemen bij de bedrijfsvoering	23
4.2 Aard van het probleem	24
4.3 Draadvormende bacteriën	25
4.4 Oorzaken	26
4.5 Bestrijding	29
5 EXPERIMENTEN	30
5.1 Biomassakwaliteit en drijf laagvorming	30
5.2 De rol van de influentkwaliteit	32
5.2.1 Mengproef	32
5.2.2 Variabel vol.% influent	33
5.2.3 Fluctuaties van de SI in de loop van de dag/week	35
5.2.4 SI na wassen van het slib	35
5.2.5 SI-bepaling met voorbehandeld influent	36
5.2.6 Toevoeging van detergenten	37
6 ONDERZOEK NAAR DE SEIZOENSINVLOED OP DRIJFLAAG- VORMING	38
6.1 Drijf laagvorming in twee seizoenen en de invloed van enkele procesomstandigheden	39
6.2 Microscopisch onderzoek	41

INHOUD (vervolg)

	pag.
7	DISCUSSIE EN CONCLUSIES 47
8	REFERENTIES 55
BIJLAGE A:	ENQUETERESULTATEN
BIJLAGE B:	EERSTE MEETPROGRAMMA
BIJLAGE C:	BEPALING VAN DE SCUM INDEX OP DE RWZI KATWIJK
BIJLAGE D:	TWEEDE MEETPROGRAMMA
BIJLAGE E:	POPULATIES VAN DRAADVORMENDE BACTERIËN TIJDENS HET VOOR- EN NAJAAR

Ten geleide

Het functioneren van circa 10% van de Nederlandse rwzi's wordt periodiek of continu verstoord door de aanwezigheid van drijfslagen op de beluchtingsruimte en/of de nabezinktank. Slibverlies, stank en achteruitgang in effluentkwaliteit zijn het gevolg.

Dit rapport besteedt aandacht aan het voorkomen en bestrijden van drijfslagen op rwzi's en wel met name op laagbelaste actief-slibinrichtingen met oppervlaktebeluchters.

De draadvormende bacteriën *M. parvicella*, *N. limicola* en actinomyceten spelen een sleutelrol bij de drijfslagvorming. Een preventieve aanpak van deze problemen komt neer op het verhinderen van de groei van de genoemde draadvormende bacteriën. Het systematisch afvangen en afvoeren van geflooteerd materiaal is vooralsnog de enige bestrijdingsmethode.

Het onderzoek werd door het algemeen bestuur van de STORA - op advies van de Onderzoekadviescommissie (OAC)* - opgedragen aan de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie, Afdeling Biologie (projectleider ir. D.H. Eikelboom) en namens de STORA begeleid door een commissie bestaande uit ir. J. Ebbenhorst, ing. G.A.P. van Geest, ing. R.W.G.M. Melis, P.P. Smits en ing. P.P. Weesendorp.

Den Haag, januari 1992

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

*De Onderzoekadviescommissie dit tot dit project adviseerde, bestond uit:

prof.ir. J.H. Kop (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en ir. J. Boschloo, ir. R. den Engelse, prof.dr. P.G. Fohr, ir. A.E. van Giffen, ir. J.J. de Graeff, dr.ir. P.J. Huiswaard, dr. S.P. Klapwijk, ir. A.B. van Luin, ir. Tj. Meijer, ir. L.P. Savelkoul, wijlen ir. H.M.J. Scheltinga, dr.ir. D.W. Scholte Ubing en ir. M. Tiessens (leden).

SAMENVATTING

Onderzoek werd uitgevoerd naar het voorkomen en bestrijden van schuimvorming en drijf-lagen op zuiveringsinrichtingen, met name op carroussels. Het zwaartepunt lag hierbij op drijf-lagen, aan schuim is alleen aandacht geschonken indien dit tot het ontstaan van een drijf-laag leidde. Het typische detergentenschuim, waarbij nauwelijks slib floteert, is dus buiten beschouwing gebleven omdat beheerders van rwzi's dat niet als een echt probleem beschouwen.

Drijf-lagen ontstaan door hechting van uitermate gestabiliseerde gasbelletjes/schuim aan actiefslib en vice versa. Op deze wijze wordt zoveel gas aan de biomassa gebonden, dat deze gaat/blijft drijven. Dit kan uiteindelijk leiden tot een situatie waarbij het oppervlak van de beluchtingsruimte van carroussels volledig is bedekt door een tientallen cm's dikke laag gefloeteerd slib, met een droge-stofgehalte van 30-50 g/l.

Drijf-laagvorming leidt tot slibverliezen, een minder goede effluentkwaliteit, stankhinder, esthetische bezwaren, minder veilige werkomstandigheden en extra schoonmaakwerkzaamheden. Bij bevroren van de drijf-laag kunnen de wanden van de aëratietank en de ruimers in de nabezinktank beschadigd worden. Mogelijk wordt ook de zuurstof-overdracht negatief beïnvloed.

De draadvormende bacteriën *M. parvicella* en *N. limicola* en de groep van de actinomy-ceten hebben een sleutelrol bij drijf-laagvorming. Dit verschijnsel treedt praktisch nooit op indien deze bacteriën ontbreken in het slib. Door het hydrofobe karakter van de cel-wand, hechten de draden heel goed aan het grensvlak om gasbelletjes (lucht, stikstofgas, enz.), waardoor dit grensvlak vergaande wordt gestabiliseerd en het opgesloten gas niet meer kan ontwijken. De kans op drijf-laagvorming neemt sterk toe bij een filament-index ≥ 3 .

De rol van oppervlakte-actieve verbindingen als detergenten en dergelijke kon niet volledig worden opgehelderd, maar lijkt in het algemeen veel kleiner te zijn dan vaak wordt ver-ondersteld.

In Nederland is sprake van een duidelijke seizoensinvloed op drijf-laagvorming. Tijdens het voorjaar en het najaar was op respectievelijk 54% en 31% van de carroussels een drijf-laag aanwezig; het percentage carroussels met een grote drijf-laag (minstens de helft van het oppervlak van de aëratietank bedekt) daalde gedurende de zomer van 34% tot 12%. Deze reductie is het gevolg van de sterke afname van de *M. parvicella* populatie in veel zuive-

ringsinrichtingen tijdens de zomer. De rol van deze bacterie bij drijfslagvorming wordt dan wel gedeeltelijk overgenomen door de actinomyceten en *N. limicola*. In april/mei waren *M. parvicella*, actinomyceten en *N. limicola* dominant aanwezig in respectievelijk 94%, 10% en 6% van de drijfslagen, in september/oktober bedroegen deze percentages 65, 35 en 12.

Drijfslagvorming op de aërietank kan tijdens het voorjaar, zolang *M. parvicella* nog relatief snel groeit, niet worden voorkomen door de duikwand, bij de overloop van de beluchtingsruimte naar de nabezinktank, te verwijderen. Later in het seizoen is de aanwezigheid van zo'n duikwand echter wel in belangrijke mate bepalend voor de aanwezigheid van een drijfslag op de aërietank. Grote drijfslagen op nabezinktanks werden voornamelijk waargenomen op rwzi's waar zo'n duikwand ontbrak.

Drijfslagvorming komt in Nederland met name voor op laagbelaste actief-slibinrichtingen met oppervlaktebeluchters. Vooral carroussels blijken gevoeliger voor het ontstaan van drijfslagen dan de andere uitvoeringsvormen van het actief-slibproces.

Dit kan worden verklaard uit de samenstelling van de populatie aan draadvormende bacteriën in de diverse actief-slibsystemen, *M. parvicella* wordt alleen waargenomen bij slibbelastingen kleiner dan circa 0,15 kg BZV/kg droge stof.dag. Bij carroussels speelt daarnaast het stromingspatroon rond de puntbeluchter waarschijnlijk een rol.

De scum-index (SI-E) is een goede maat voor de flotatie-eigenschappen van het slib. Het volgende verband kon worden vastgesteld:

- SI-E > 30 à 40% : altijd grote drijfslagen;
- SI-E = 10 à 20% : alleen grote drijfslagen indien een duikschot aanwezig is;
- SI-E < 5 à 10% : kans op het ontstaan van grote drijfslagen gering.

Antischuimprodukten zijn niet effectief tegen drijfslagvorming. Het systematisch afvangen en afvoeren van geflooteerd materiaal is vooralsnog de enige, bewezen bestrijdingsmethode. Bij niet te flotatiegevoelige slibben is het sproeien met effluent of het op andere wijze in beweging houden van de drijfslag vaak effectief. Op deze wijze worden echter alleen de symptomen bestreden. Een preventieve aanpak omvat het verhinderen van de groei van de betreffende draadvormende bacteriën. Dit onderwerp wordt in een ander STORA-rapport [10] behandeld. Hier wordt volstaan met de opmerking dat er nogal wat vragen resteren inzake de bestrijdingsmogelijkheden van *M. parvicella* en de actinomyceten.

1 INLEIDING

De Provinciale Waterstaat van Utrecht heeft enkele jaren geleden geprobeerd een oplossing te vinden voor ernstige schuim-/drijfslagvorming op enkele rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) in haar gebied. Hierbij werd de oorzaak vooral in industriële lozingen van oppervlakte-actieve verbindingen gezocht (detergenten e.d.). Dit onderzoek heeft weinig bruikbare informatie opgeleverd. In aansluiting hierop zijn in het voorjaar van 1985 de waterkwaliteitsbeheerders in Nederland geënquêteerd door de Provinciale Waterstaat van Utrecht. De resultaten van deze enquête zijn samengevat in Bijlage A. Ze illustreren dat:

- op circa 15% van alle actief-slibinrichtingen schuim-/drijfslagvorming wel eens problemen opleverde;
- er duidelijke verschillen waren tussen de waterkwaliteitsbeheerders voor wat betreft het percentage rwzi's met dit soort problemen. Bij circa de helft van de geënquêteerde instanties was schuim-/drijfslagvorming een vrijwel onbekend verschijnsel.

Na het uitvoeren van de enquête is het onderwerp overgenomen door de STORA.

Schuimvorming en drijfslagen zijn twee verschillende fenomenen, die wel raakvlakken hebben, maar niet identiek zijn. Schuim is een geconcentreerde lucht in water emulsie, die gestabiliseerd wordt door de aanwezigheid van oppervlakte-actieve verbindingen in de grensvlakken.

Bij een drijfslag (scum of foam en Schwimmschlamm in respectievelijk de Engels- en Duitstalige literatuur) is sprake van schuim in combinatie met flotatie en indikking van actiefslib op de beluchtingsruimte en/of de nabezinktank. De figuren 1 en 2 zijn illustraties van beide verschijnselen.

De volgorde van de hoofdstukken in dit rapport correspondeert grotendeels met de ontwikkeling van het onderzoekprogramma, c.q. de verkregen kennis in de loop van de tijd. Er werd gestart met een oriënterend onderzoek, teneinde de oorspronkelijk nogal vage vraagstelling concreter te maken. Hierbij werd vastgesteld (hoofdstuk 2) dat het verdere onderzoek tot het "voorkomen en bestrijden van drijfslagen" kon worden beperkt. In hoofdstuk 3 wordt kort ingegaan op grensvlakverschijnselen, omdat enige kennis van dit onderwerp noodzakelijk is voor een goed begrip van schuim-/drijfslagvorming. De literatuurstudie (hoofdstuk 4) wees uit dat de oppervlakte-actieve eigenschappen van het slib en mogelijk ook die van het influent een doorslaggevende rol spelen. Bij het bezoek aan een aantal rwzi's was gebleken dat de bedrijfsleiders het ontstaan van drijfslagen toeschreven aan industriële lozingen van detergenten e.d. Deze aspecten zijn nader onderzocht (hoofdstuk 5).

Naarmate het onderzoek vorderde, werd de overheersende invloed van draadvormende bacteriën op het ontstaan van drijfslagen steeds duidelijker. Het onderzoek werd daarom afgerond met een zo goed mogelijke onderbouwing van deze relatie. Dit werd gecombineerd met een onderzoek naar de omvang van het drijfslagprobleem in carrouzels (hoofdstuk 6). In hoofdstuk 7 worden de verkregen resultaten geëvalueerd.



Figuur 1 "Detergentschuim" op de beluchtingsruimte.



Figuur 2 Het oppervlak van de beluchtingsruimte is volledig bedekt door een drijfslag.

2 ORIËNTEREND ONDERZOEK

Bij de genoemde enquête werd geen onderscheid gemaakt tussen de vorming van schuimen en drijfslagen. Ook ontbrak informatie over de omvang, de frequentie en de ernst van de problemen. In de periode oktober – december 1987 is daarom contact opgenomen met negen waterkwaliteitsbeheerders, die 43 van de bij de enquête opgegeven 56 rwzi's met schuim-/drijfslagvorming beheren.

Hierbij werd vastgesteld dat het aantal rwzi's met problemen waarvoor de beheerders geen oplossing kenden, aanmerkelijk kleiner was dan uit de enquête bleek. Het aantal van 43 rwzi's omvatte veel zuiveringsinrichtingen waar wel eens hinder werd/was ondervonden van typisch "detergentenschuim". Zolang dit niet gepaard ging met drijfslagvorming, werd dit detergentenschuim niet als een groot probleem beschouwd. Het kon afdoende worden bestreden via het opsporen en saneren van industriële lozingen en/of het doseren van anti-schuimprodukten. Hierdoor viel meer dan de helft van de genoemde 43 rwzi's af. Van de resterende rwzi's werden er 14 bezocht. Een aantal waarnemingen is samengevat in tabel 1, de resultaten van het microscopisch onderzoek, inclusief dat van enkele toegezonden slibben, zijn vermeld in tabel 2.

Tabel 1 toont dat bij 11 van de 14 rwzi's een drijfslag op de aëratietank aanwezig was. Deze waren soms tientallen cm's dik en bedekten het oppervlak van de tanks voor een belangrijk gedeelte, op enkele rwzi's zelfs helemaal. Schuimbestrijdingsmethoden als anti-schuimprodukten of versproeien van effluent waren niet effectief tegen deze drijfslagen, met de laatstgenoemde methode kon verlanding van de drijfslag echter wel worden voorkomen. Volgens sommige beheerders was de drijfslag in het verleden geleidelijk ontstaan, naarmate de belasting van de rwzi verder toenam en vervolgens praktisch permanent gebleven. Gedurende de zomermaanden werd de drijfslag soms wel kleiner.

Bij 4 rwzi's was op de nabezinktank(s) gefloeteerd slib aanwezig. Deze drijfslagen waren aanmerkelijk dunner (1-5 cm) dan die op de aëratietanks. In figuur 3 wordt hiervan een voorbeeld gegeven. Alleen bij Koudekerk was zowel op de aëratietank als op de nabezinktank een drijfslag aanwezig.



Figuur 3 Een ten dele verlande drijfslag op een nabezinktank.



Figuur 4 Zijaanzicht van een aëratietank. De drijfslag komt boven de wand uit.

rwzi	type 1)				drijfslag op 2)	"stabiliteit" drijfslag 3)
	1	2	3	4		
Almelo-S		x			AT	A
Amsterdam-N				x	NBT 4)	B
Barneveld			x		NBT 4)	n.b.
Beemster		x			AT	A
Garderen	x				NBT	n.b.
Geestmerambacht		x			AT	A
Katwijk		x			AT	A
Koudekerk	x				AT + NBT	n.b.
Nijkerk		x			AT	B
Nijverdal		x			AT	A
Oisterwijk		x			AT	A
Oyen		x			AT	A
Rijssen		x			AT	A
Zwaanshoek			x		AT	n.b.

- 1) 1 = oxydatiesloot;
 2 = carrousel;
 3 = conventioneel actiefslib met puntbeluchters;
 4 = conventioneel actiefslib met bellenbeluchting.
- 2) AT = aëratietank;
 NBT = nabezinktank.
- 3) A = intensief schudden → deel van het slib floteerde opnieuw;
 B = intensief schudden → deel van het slib floteerde niet meer;
 n.b. = niet bepaald.
- 4) Veel dunner dan de drijfslagen op de AT's.

Tabel 1 Aard van het probleem in 14 rwzi's.

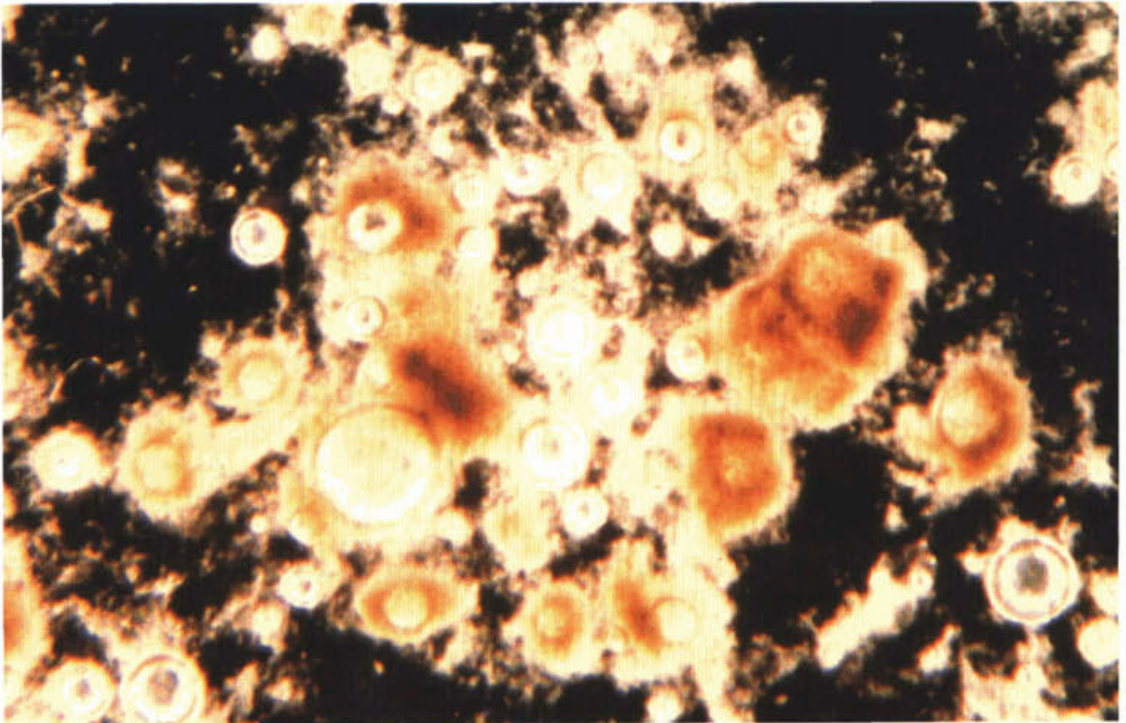
De aanwezigheid van een drijfslag leverde de volgende problemen op:

- bedreiging van de veiligheid. Dit betrof vooral gladheidsproblemen omdat de drijfslag soms, vooral bij veel wind, over de randen van het bassin het terrein opstroomde (figuren 4 en 5);
- een negatief effect op de effluentkwaliteit. Grote slibverliezen vonden echter slechts incidenteel plaats;
- stankhinder door het op gang komen van anaërobe omzettingsprocessen in de drijfslag;
- een bedreiging van diverse bouwkundige constructies bij temperaturen < 0°C;

- esthetische bezwaren;
- veel extra werkzaamheden.



Figuur 5 Een gedeelte van het terrein is bedekt met uit de aëratietank gestroomd slib.



Figuur 6 Gasbelletjes in gefloeteerd slib (vergroting 35x).

Door middel van een eenvoudige schudproef werd vastgesteld dat het in effluent gesuspenderde materiaal uit de drijfslagen meestal voor een belangrijk gedeelte opnieuw flooteerde na het beëindigen van het schudden. Een deel van de biomassa had dus een potentieel drijfvermogen.

rwzi	Grote agglomeraten	Filament Index ²⁾		Dominerende draadvormende organismen	
		slib	drijfslag	slib	drijfslag
Almelo-S	ja	4	4 ⁺	<i>M. parv./0803</i>	idem
Amsterdam-N	neen	2	2	<i>M. parvicella</i>	idem
Barneveld	ja	3 – 4	4	<i>M. parvicella</i>	idem*
Garderen	ja	4	4	<i>M. parvicella</i>	idem
Geestmerambacht	ja	4	4 ⁺	<i>M. parvicella</i>	idem*
Katwijk	ja	4	4 ⁺	<i>M. parv./0803</i>	idem*
Koudekerk	ja	3 – 4	3 – 4	<i>M. parvicella</i>	idem+actinomyceet
Nijkerk	neen	0	0		
Nijverdal	ja	4 ⁺	4 ⁺	0803/ <i>M. parv.</i>	idem*
Oisterwijk	ja	2 – 3	4	<i>M. parvicella</i>	idem
Oyen	ja	4	4	<i>M. parv./0803</i>	idem*
Putte	neen	0	0		
Rhenen	1)	3 – 4	4 ⁺	<i>M. parvicella</i>	idem
Rijssen	ja	4	4 ⁺	<i>M. parvicella</i>	idem
Wervershoof	ja		4 ⁺		<i>M. parvicella</i>

1) Naast agglomeraten ook veel kleine vlokjes aanwezig.

2) Schaal 0 – 4⁺ = geen – zeer veel draden. N.B. Voorheen aangeduid met "categorie" [11].

* In het slib waren wel relatief wat meer draden van het type 0092 aanwezig.

Tabel 2 Resultaten van het microscopisch onderzoek van monsters actiefslib en van materiaal uit drijfslagen.

Microscopisch onderzoek [11] wees uit dat dit drijfvermogen vrijwel zeker werd veroorzaakt door de aanwezigheid van talrijke, minuscule gasbelletjes in/om de slibvlokken (figuur 6). Het oppervlak van deze belletjes leek met een dunne slibfilm gecoat te zijn. Ze konden alleen via schudden worden verwijderd, indien draadvormende organismen ontbraken.

In 12 van de 15 monsters waren veel tot zeer veel draadvormende organismen in de drijf-laag aanwezig. Meestal betrof dit *M. parvicella*, viermaal tevens type 0803 en in één geval een actinomyceet. Het aantal draden in de drijfslag was vaak (wat) groter dan in het slib uit de beluchtingsruimte. De microscopische verschillen tussen de biomassa uit de drijfslag en het actiefslib waren overigens steeds klein.

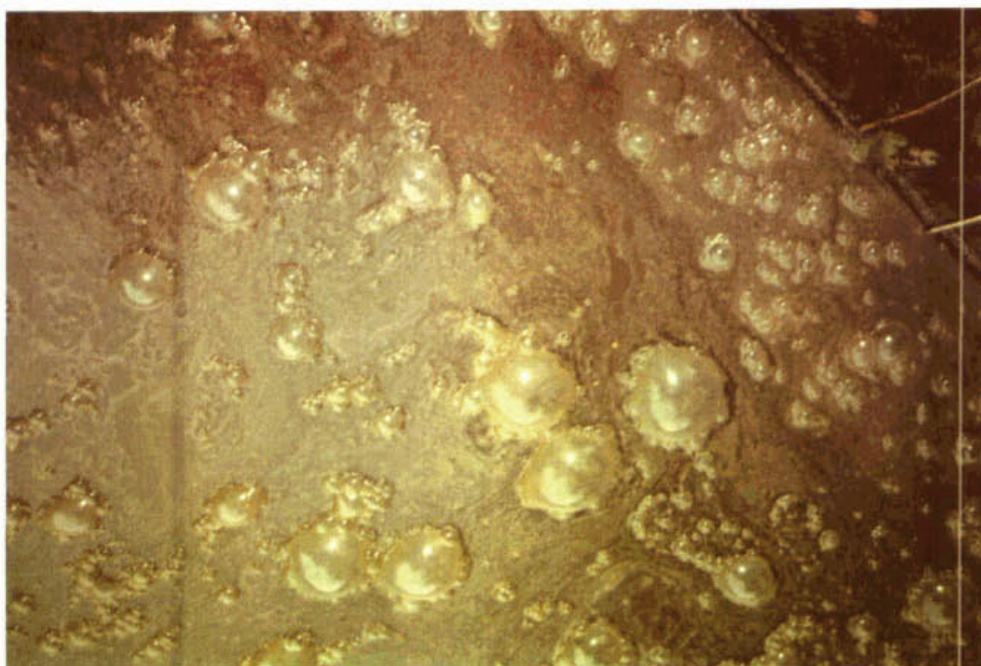
De vlokstructuur van deze slibben werd als volgt omschreven: een relatief grote vlok met een open structuur, waarin kleine, compacte slibdeeltjes door draden met elkaar zijn verbonden (= agglomeraten). Deze structuur is karakteristiek voor veel slibben uit laag-belaste actief-slibinrichtingen [9].

Negen van de veertien rwzi's, waaronder alle installaties waar drijfslagvorming echt grote problemen veroorzaakte, zijn carroussels. Dit type zuiveringsinrichting lijkt dus gevoeliger voor het ontstaan van drijfslagen dan de andere zuiveringssystemen op basis van het actief-slibproces. Er werd daarom besloten het aansluitende onderzoek voornamelijk te richten op drijfslagvorming in carrousselssystemen (figuur 10). Bij de discussie (hoofdstuk 7) wordt ingegaan op de toepasbaarheid van de verkregen kennis voor het bestrijden van drijfslagen in andere zuiveringssystemen.

Daarnaast lijkt ook de aard van het beluchtingssysteem een rol te spelen. Op vier van de resterende vijf rwzi's wordt eveneens oppervlaktebeluchting toegepast.

In de diverse carroussels manifesteerde het probleem zich steeds op een vrijwel identieke manier. Na passage van de puntbeluchters waren op het wateroppervlak veel bellen/blazen aanwezig. Vaak was zelfs sprake van schuimvorming. Het oppervlak van de bellen was bedekt met een dunne slibfilm (figuur 7). Ze knapten niet snel, maar dreven mee tot de achterkant van de drijfslag werd bereikt. Het stuweffect door het langsstromende water leidde tot het ontstaan van een 10–40 cm dikke laag, die qua structuur op een soort "chocolate mousse" leek. Er werd niet nagegaan of de laag "van onder af" ook aangroeide. Bij zeer persistente drijfslagen leidde ontwatering na verloop van tijd tot een soort verlandingsproces, waarbij zelfs scheurvorming plaats vond (figuur 8). Zelfs dit materiaal bevatte nog talrijke "gascellen" (figuur 9) en gasbelletjes.

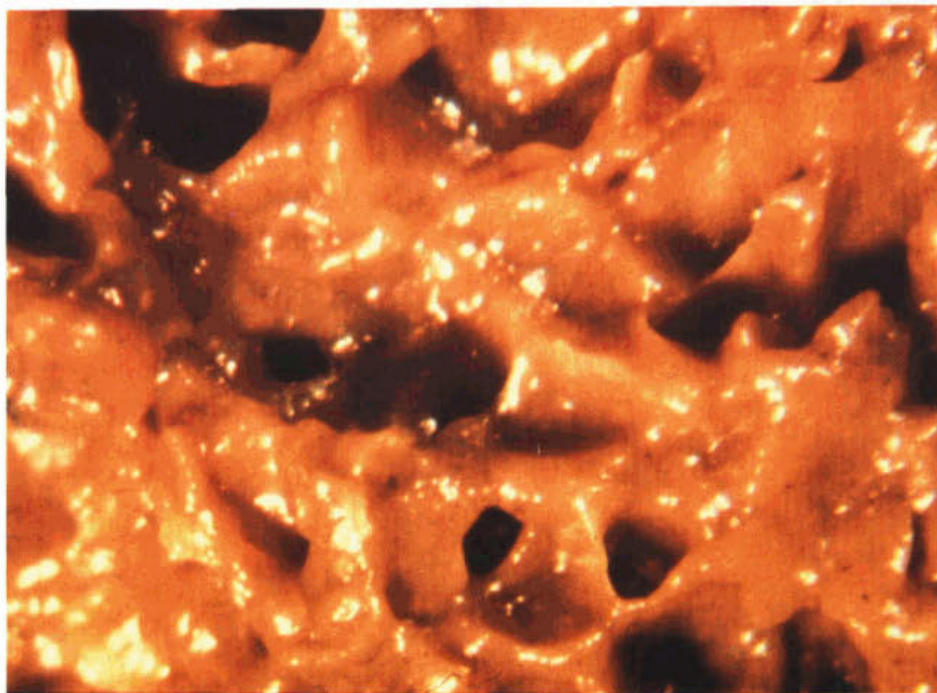
De drijfslagvorming begon steeds in de zone vlak voor de puntbeluchters. Het stromingspatroon rondom zo'n beluchter heeft tot gevolg dat drijvend materiaal niet snel verder getransporteerd wordt, waardoor dit ter plaatse ophoopt. Op één bezochte carroussel is in deze zone een duikwand aanwezig, waardoor het ontstaan van een drijfslag praktisch onvermijdelijk wordt.



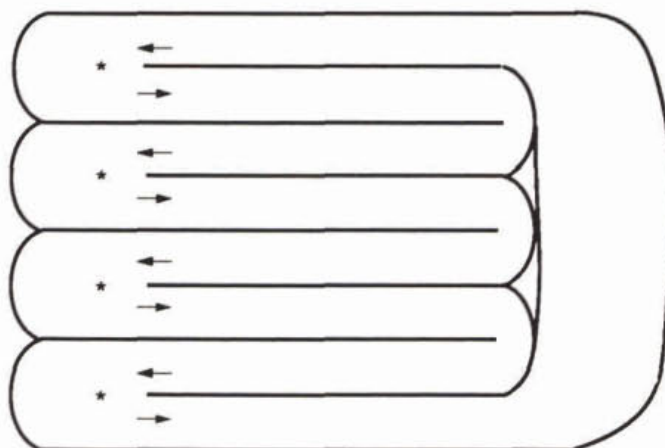
Figuur 7 Grote, met een slibfilm gecoate bellen op het wateroppervlak.



Figuur 8 Een oude, bijna verlandende drijfslag op de beluchtingsruimte.



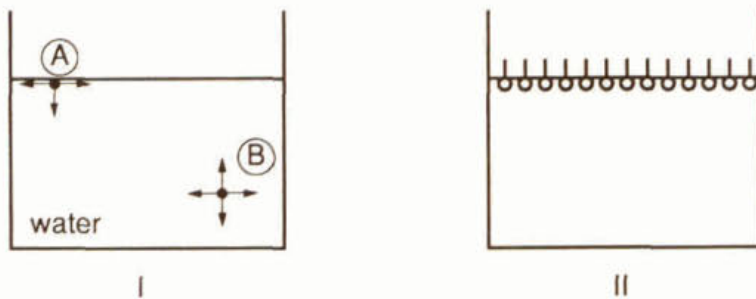
Figuur 9 Gascellen in een verlande drijfslag (vergroting 16x).



Figuur 10 Schets van een carousel.
* = beluchters
→ = stromingsrichting

3 GRENSVLAKVERSCHIJNSELEN

In het vorige hoofdstuk is aangegeven dat schuimvorming, c.q. de aanwezigheid van gasbelletjes een grote rol lijkt te spelen bij het ontstaan van drijfblagen. In beide gevallen is sprake van een grensvlak lucht/water. In zo'n grensvlak zijn krachten werkzaam, waarvan de resultante de oppervlaktespanning is (γ). Deze wordt uitgedrukt in 10^{-3} N/m. In figuur 11-I is dit schematisch weergegeven.



*Figuur 11 I : Toelichting op het begrip oppervlaktespanning (zie tekst).
II : Detergentmoleculen (O—) in het grensvlak.*

De krachten die op deeltje B, midden in de vloeistof, werkzaam zijn heffen elkaar op. Bij deeltje A is dit ook het geval voor de horizontale krachten, maar niet voor de verticale, waardoor een netto kracht resteert, gericht op het verkleinen van het oppervlak. Dit is de oppervlaktespanning, die voor zuiver water $72 \cdot 10^{-3}$ N/m bedraagt.

Bij oppervlakte-actieve verbindingen, bijvoorbeeld detergents, bestaan de moleculen uit een polair en een apolair gedeelte. Het polaire deel lost goed op in water, het apolaire deel vrijwel niet. Wanneer nu een kleine hoeveelheid detergent met water gemengd wordt, zullen de apolaire staarten van de moleculen aan dit watermilieu trachten te "ontsnappen", terwijl de polaire groepen zich hierin juist goed thuisvoelen. Het resultaat van deze, elkaar tegenwerkende krachten is dat de moleculen zich in het grensvlak groeperen, met het apolaire gedeelte buiten de vloeistof (figuur 11-II). Dit heeft tot gevolg dat het krachtenspel rond deeltje A aanmerkelijk beïnvloed wordt. De ijle luchtatmosfeer is in feite vervangen door de apolaire staarten, waardoor de aantrekkingskracht "van boven af" aanzienlijk is vergroot. De resultante van de verticale krachten en de gevolgen daarvan, de oppervlaktespanning, is daardoor aanmerkelijk verlaagd. Een lagere oppervlaktespanning betekent o.a. dat het grensvlak gemakkelijker vergroot kan worden en schuimvorming dus beter mogelijk is [25].

In het voorafgaande is uitgegaan van een grensvlak lucht/water in een bakje met water, maar hetzelfde geldt uiteraard ook voor luchtbellen in het water. Luchtbellen in zuiver water zijn zeer instabiel, omdat het instandhouden van de talrijke grensvlakken om de bel- len door de hoge oppervlaktespanning energetisch zeer ongunstig is. Wanneer twee belletjes elkaar raken coalesceren ze onmiddellijk, waarbij de kleinere leeg stroomt in de grotere. Overigens zullen ook voortdurend, tenzij de vloeistof verzadigd raakt, gasmolecu- len door het grensvlak diffunderen, waardoor de gasbel oplost.

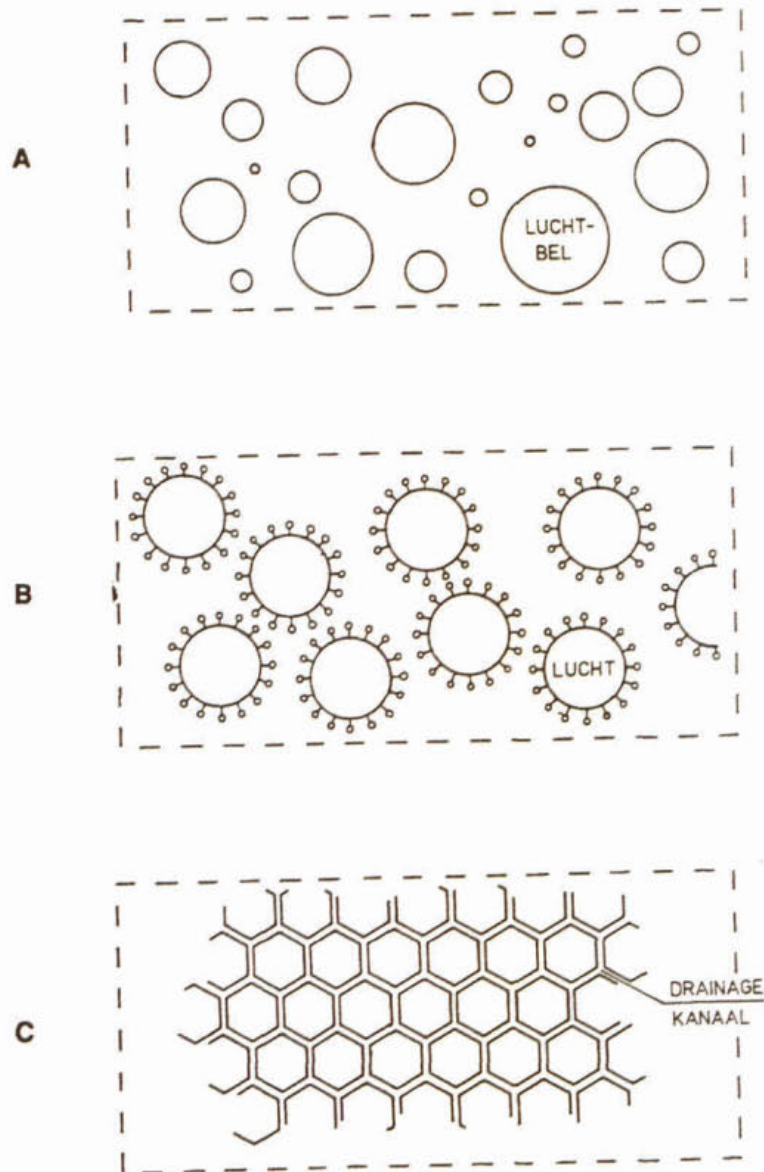
Toegevoegde oppervlakte-actieve verbindingen zullen in de grensvlakken worden gecon- centreerd, waardoor het in stand houden hiervan energetisch minder ongunstig wordt. Dit effect wordt nog versterkt doordat de deeltjes op deze wijze een lading krijgen, waardoor ze elkaar afstoten. De oppervlakken krijgen een zekere "stevigheid", die vaak met de term elasticiteit wordt aangeduid. In deze geladen grensvlakken kunnen weer andere verbin- dingen gebonden worden, waardoor de concentratie van talrijke stoffen hier aanzienlijk hoger is dan in de omringende vloeistof. Vooral de aanwezigheid van kleine, vaste, hydrofobe deeltjes in zo'n grensvlak zal sterk stabiliserend werken [7, 25, 37].

Ingevangen, kleine gasbelletjes (25-100 μm), waarbij geen stabiliserende componenten in het grensvlak gas/water aanwezig zijn, lossen (via diffusie) in 10 à 20 minuten op. Indien zulke componenten wel aanwezig zijn, ontstaat de volgende situatie: gasdiffusie \rightarrow verklei- nen bel \rightarrow kleiner oppervlak \rightarrow comprimeren, c.q. een dichtere bezetting van het oppervlak met stabilatoren \rightarrow elasticiteit van het oppervlak neemt toe. Deze ontwikkeling gaat door tot het oppervlak van de bel zo stevig is geworden, dat geen gas meer kan ontwijken en een volledig gestabiliseerd belletje is ontstaan. Volgens medewerkers van de vakgroep Fysische en Kolloïdchemie van de Landbouw Universiteit Wageningen waren de belletjes op figuur 6 typisch voorbeelden van dit eindstadium. Deze kunnen misschien vernietigd worden via expansie van de vloeistof, bijvoorbeeld door een val over een cascade \Rightarrow druk in de vloeistof daalt abrupt \Rightarrow overdruk in de belletjes \Rightarrow veel belletjes zullen kapot knap- pen.

Een schuim is een geconcentreerde emulsie van lucht in water. In figuur 12 is het ontstaan hiervan schematisch weergegeven. De ingebrachte luchtbellen (A) worden, indien opper- vlakte-actieve verbindingen aanwezig zijn direct daarmee omgeven (B). Hierdoor wordt verhinderd dat de bel- len onmiddellijk coalesceren zodra ze elkaar raken. De bel- len stijgen uiteraard naar het oppervlak. De op elkaar gestapelde belletjes verliezen daar hun bolvorm en gaan over in een soort honingraatstructuur (C).

Hierbij zijn de gascellen omgeven door kanalen (lamellen) waardoor het opgesloten water weg kan stromen. Hoewel dat in figuur 12.c niet is ingetekend, zijn de oppervlakte-actieve

moleculen uiteraard nog steeds in het grensvlak lucht/water aanwezig, met de polaire koppen in de lamellen.



Figuur 12 Drie stadia van schuimvorming [4].

A : luchtbellen in water.

B : oppervlakte-actieve verbinding in het grensvlak.

C : honingraatstructuur met drainagekanalen.

De aanwezigheid van oppervlakte-actieve verbindingen leidt echter niet automatisch tot een stabiel schuim. Elk schuim is door zijn grote oppervlak thermodynamisch in beginsel

onstabiel [4, 25]. Onder invloed van de zwaartekracht en de oppervlaktespanning stroomt water uit de lamellen weg, waardoor deze steeds dunner worden. Dit gaat door tot de kritische dikte van 50–100 Å is bereikt [33]. Nog dunnere lamellen zijn zelf niet meer stabiel en verdwijnen, waardoor het schuim instort. Stabilisatie van schuimen kan worden bereikt door:

- aanwezigheid van stoffen in de grensvlakken die dit wegstromen van water sterk vertragen. Zo leidt bijvoorbeeld de aanwezigheid van niet-ionogene detergenten in de grensvlakken tot het ontstaan van waterstofbruggen tussen tegenover elkaar gelegen groepen. De viscositeit van het water in de lamellen neemt hierdoor toe, waardoor dit minder snel kan wegstromen. De aanwezigheid van elektrische dubbellen rond gedissocieerde groepen in de lamellen heeft hetzelfde effect.
- adsorptie van stoffen in de grensvlakken die hieraan zoveel stevigheid verlenen, dat zij nog intact blijven als de lamellen eigenlijk al te dun geworden zijn.

Veel schuimen kunnen gebroken worden door de toepassing van zogenaamde anti-schuimmiddelen. Hun werking berust op de principes die in het voorafgaande besproken zijn:

- een versnelde drainage van de lamellen, waardoor deze te dun worden. Tributylfosfaat behoort bijvoorbeeld tot deze groep van anti-schuimmiddelen;
- producten, als bijvoorbeeld ethylether en i-amylalcohol, die een snelle, lokale verdunning van de lamellen bewerkstelligen. Deze verbindingen hebben zelf een zeer lage oppervlaktespanning en lossen slecht in water op. Zij verdringen andere oppervlakte-actieve stoffen uit het grensvlak en veroorzaken vervolgens de hiervoor genoemde verdunning.

Het effect van anti-schuimpreparaten neemt sterk af indien stabilisatoren verantwoordelijk zijn voor de stevigheid van het grensvlak.

Terugkerend naar het onderhavige onderzoek kan gesteld worden dat de combinatie: gasbellen, oppervlakte-actieve verbindingen en een factor x leidt tot het ontstaan van belletjes/schuimen met een extreem lange levensduur. In iedere rwzi worden gasbelletjes gevormd (beluchten van actiefslib, verpompen en overstorten van slib, denitrificatiezone's, enz.). Hun levensduur is normaliter zeer beperkt. Oppervlakte-actieve verbindingen zijn in beginsel ook altijd voorhanden (detergenten, eiwitten, niet-gedissocieerde vetzuren). Factor x is dientengevolge bepalend voor de stabilisering van het grensvlak gas/water. Deze factor kan vooralsnog niet nader gespecificeerd worden, maar er kan worden gedacht aan bijzondere oppervlakte-actieve verbindingen of kleine, niet-opgeloste deeltjes. In het volgende hoofdstuk wordt hierop teruggekomen.

Een drijfslag ontstaat echter alleen indien tevens sprake is van een bepaalde binding tussen actiefslib en de gestabiliseerde belletjes. Dit betekent dat mogelijk nog een tweede factor een rol speelt.

4 LITERATUURSTUDIE

In dit hoofdstuk zal nader worden ingegaan op hetgeen in de literatuur over drijfslagvorming wordt vermeld. Schuimproblemen, die niet gepaard gaan met flotatie van biomassa, blijven buiten beschouwing.

4.1 Omvang en problemen bij de bedrijfsvoering

De aandacht voor het ontstaan en het bestrijden van drijfslagen is het laatste decennium duidelijk toegenomen. Dit is een rechtstreeks gevolg van de schaal waarop drijfslagvorming zich in sommige landen manifesteert. Bij inventariserende studies in Australië, de USA en Zuid-Afrika werd vastgesteld dat op tientallen procenten van het totaal aantal actief-slibinrichtingen sprake was van drijfslagvorming [5, 6, 8, 29, 34, 37]. In streken met meer gematigde temperaturen lijkt drijfslagvorming echter minder frequent voor te komen [19, 32]. Het staat vast dat het aantal rwzi's met drijfslagen de laatste tien jaar sterk is gestegen. Sommige auteurs proberen dit te verklaren uit een gewijzigde samenstelling van het influent, volgens anderen is het echter een rechtstreeks gevolg van het toegenomen gebruik van duikschotten e.d. in aëratie- en nabezinktanks, waardoor gefloeteerd materiaal teruggehouden wordt. Drijfslagvorming kan zowel op de beluchtingsruimte als op de nabezinktanks plaatsvinden [16, 18]; bij een onderzoek in het zuiden van Duitsland werd echter vastgesteld dat het daar voornamelijk in de nabezinktank optrad [19].

De drijfslagen op de aëratietank zijn in het algemeen aanmerkelijk dikker dan die op de nabezinktanks.

Drijfslagen leveren zuiveringstechnisch de volgende problemen op:

- het gefloeteerde materiaal stroomt soms over de wanden van de bassins, waardoor wegen en loopbruggen glad worden. Dit vormt een bedreiging voor de veiligheid [29] en leidt tot veel extra schoonmaakwerkzaamheden [35];
- de standaardvoorzieningen om gefloeteerd materiaal in de nabezinktanks tegen te houden en te ruimen, zijn niet toereikend als hierin forse drijfslagen aanwezig zijn. Dit leidt tot slibverliezen, c.q. een afname van de effluentkwaliteit. Soms wordt op deze wijze de volledige surplus-slibproductie met het effluent afgevoerd [28];
- de afvoer van gefloeteerd materiaal naar de slibgistingstanks heeft tot gevolg dat ook hierin drijfslagen ontstaan [29, 30, 35];

- bij bevriezen van de drijfslagen kunnen constructies, o.a. de ruimers in de nabezinktank, beschadigd worden [29];
- drijfslagvorming leidt bij toepassing van oppervlaktebeluchters mogelijk tot een minder efficiënte zuurstofoverdracht [16];
- vooral in de zomermaanden ontstaan gemakkelijk anaërobe omstandigheden in een drijfslag, hetgeen stankbezwaren veroorzaakt;
- verspreiding van pathogene micro-organismen [37];
- het geflooteerde materiaal is moeilijk te ontwateren [32].

4.2 Aard van het probleem

Recente publikaties zijn praktisch eensluidend over de aard van het probleem. Het floteren van de biomassa wordt vrijwel altijd veroorzaakt door de hechting van talrijke, gestabiliseerde gasbelletjes aan de slibvlokken [16, 17, 18, 19]. Er is slechts een geringe hoeveelheid gas nodig om de dichtheid van actiefslib zover te verlagen dat het blijft drijven; $0,44 \text{ cm}^3$ lucht/gram droge stof [20]. Na ontgassen bezinkt het slib weer normaal [19]. De belletjes zijn verstevigd, waardoor ze mechanisch niet gemakkelijk stuk gemaakt kunnen worden [16, 19]. Het lijkt alsof ze door een slibfilm zijn omgeven.

Hiermee is tevens de basis weggevallen onder een wat oudere theorie, waarbij een hoog vetgehalte van het slib als de primaire oorzaak werd beschouwd. Een duidelijk verband tussen het optreden van drijfslagen en het vetgehalte van influent en/of slib kon dan ook niet worden aangetoond [13, 19, 28]. Een slib zou zelfs voor 85% uit vet moeten bestaan voordat het uit zichzelf gaat drijven [20]. Vetachtige producten spelen mogelijk wel een secundaire rol, omdat sommige draadvormende organismen deze als substraat kunnen gebruiken [36].

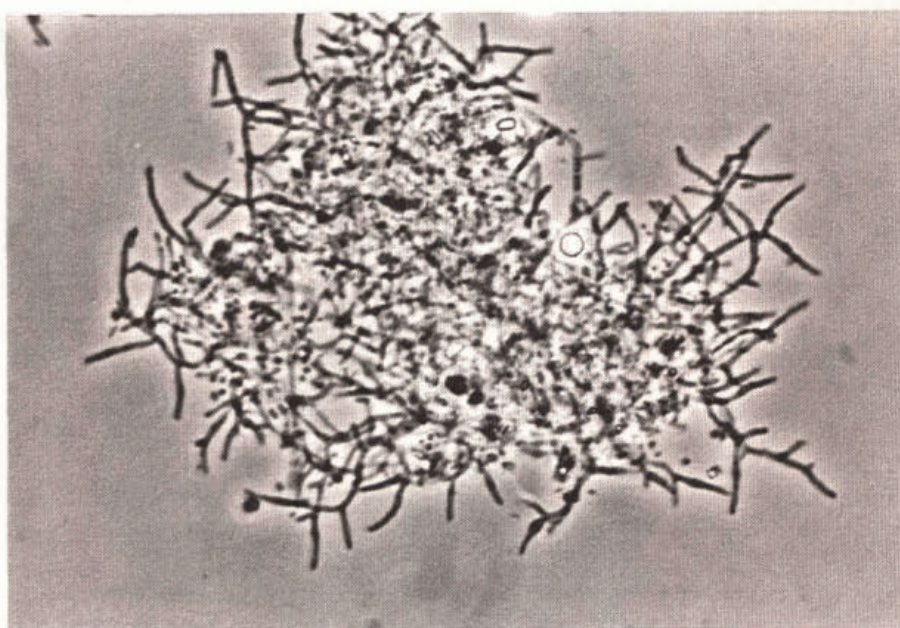
De herkomst en samenstelling van deze gasbelletjes kan verschillend zijn. Vaak zijn het gewone luchtbelletjes, die via het beluchtingssysteem of anderszins in het water zijn gebracht. Iedere vorm van turbulentie, bijvoorbeeld het verpompen van retourslib via vizzels of de passage van overstorten naar de nabezinktank, kan tot het ontstaan van luchtbelletjes leiden [16]. Dit betekent overigens tevens dat de hechting zeer snel kan verlopen. De belletjes "plakken" min of meer momentaan aan de biomassa vast.

Ook bij denitrificatieprocessen kunnen gasbelletjes (N_2) gevormd worden. Deze kunnen flotatie van slib veroorzaken, maar denitrificatie leidt lang niet altijd tot drijfslagvorming. Als dit gebeurt, betreft het meestal een beperkte flotatie van slib in de nabezinktank.

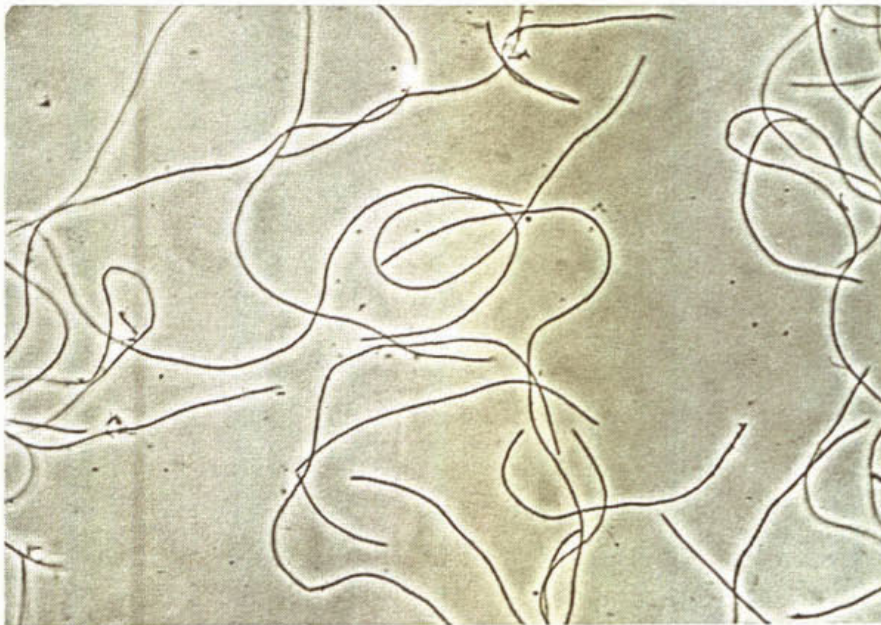
4.3 Draadvormende bacteriën

In drijfslagen zijn vrijwel altijd veel draadvormende bacteriën aanwezig. Het aantal voorbeelden waarbij dit niet het geval was, is zeer beperkt [1, 28, 37]. Meestal betrof dit rwzi's met een hoog droge-stofgehalte in de beluchtingsruimte.

De actief-slibpopulatie omvat ruim 30 verschillende draadvormende organismen [10]. Hiervan worden slechts enkele soorten geassocieerd met drijfslaagvorming (figuren 13 en 14). Oorspronkelijk werd verondersteld dat alleen actinomyceten (o.a. *Nocardia amarae*, *N. pinensis* en *Rhodococcus sp.*) hierbij een rol speelden [18, 19, 29]. De laatste jaren wordt echter ook *Microthrix parvicella* frequent in drijfslagen waargenomen [1, 8, 15, 16, 31, 32, 34]. Volgens een recente mededeling komt *M. parvicella* zelfs steeds frequenter voor in drijfslagen op rwzi's in het zuiden van Duitsland [21]. Voor beide soorten geldt dat vaak sprake is van selectieve flotatie (in de drijfslaag zijn relatief meer draden aanwezig dan in het slib in suspensie). Daarnaast worden ook *S. natans*, *N. limicola* en de typen 0092, 1851, 0581, 0914, 0041/0675 en 0803 incidenteel verbonden met het ontstaan van drijfslagen. Zolang echter niet is aangetoond dat ook bij deze soorten sprake is van selectieve flotatie blijft hun mogelijke bijdrage aan het ontstaan van drijfslagen echter discutabel [37].



Figuur 13 Actinomyceten rond een slibvlok (vergroting 1250x).



Figuur 14 *M. parvicella* draden in de waterfase (vergroting 825x).

In het noorden van Australië (Queensland) bestaat de populatie van draadvormende bacteriën in drijfslagen voor praktisch 100% uit actinomyceten [6, 7]. In de meer zuidelijke staten van dat continent en in Zuid-Afrika wordt tevens *M. parvicella* frequent waargenomen [8, 34]. In Frankrijk waren *M. parvicella* en actinomyceten massaal aanwezig in respectievelijk 55% en 14% van de monsters [32], terwijl bij een beperkt onderzoek in Engeland werd vastgesteld dat alleen de eerstgenoemde bacterie dominant in drijfslagen op rwzi's met een stedelijk influent aanwezig was [15]. De temperatuur lijkt dus invloed te hebben op de populatiesamenstelling.

4.4 Oorzaken

Het grote aantal draadvormende bacteriën in drijfslagen suggereert een verband tussen hun aanwezigheid en het floteren van actiefslib. De onderzoeksinspanningen om dit verband te verklaren zijn tot nu toe vrijwel volledig gericht geweest op de rol van de actinomyceten. Het is echter waarschijnlijk niet toevallig dat veel van de aangedragen feiten ook gelden voor *M. parvicella*.

De celwand van actinomyceten is hydrofoob ("waterafstotend"), net als die van andere Grampositieve bacteriën* [24]. De consequentie hiervan is dat zij zich in water eigenlijk niet goed thuis voelen. Het is uiteraard merkwaardig dat in zuiveringsinrichtingen bacteriën aanwezig zijn met een waterafstotend oppervlak. Het celoppervlak van veel bacteriën wordt bovendien hydrofober naarmate deze sneller groeien [24].

Het oppervlak van belletjes, gevuld met lucht of stikstofgas, is ook hydrofoob. Dit betekent dat er een positieve interactie is, een aantrekkingskracht tussen de draden van de actinomyceten en de gasbelletjes [19, 23].

De aanwezigheid van actinomyceten leidde dan ook tot stabilisering van schuim, het schuim was bovendien stabiel naarmate de cellen hydrofober waren [27].

Tenslotte kon met een cultuur van actinomyceten geen stabiel schuim meer geproduceerd worden indien het oppervlak van de cellen eerst, via de toevoeging van 100 µg/ml montmorilloniet [5], van hydrofoob in hydrofiel werd veranderd.

Al deze feiten passen in het beeld dat de cellen van actinomyceten fungeren als de kleine, hydrofobe deeltjes bij de extreme stabilisering van gasbelletjes/schuimen in rwzi's met drijfslagen (factor x uit hoofdstuk 3).

Doordat de belletjes tussen de vertakte draden gemakkelijk blijven hangen, is daarnaast ook nog sprake van een invangeffect. Apolaire verbindingen (bijvoorbeeld vetten) uit het aangevoerde rioolwater adsorberen preferent aan de hydrofobe oppervlakken van de gasbelletjes. Bij zo'n oppervlak is de substraatconcentratie soms wel 100 maal zo hoog als in de omringende vloeistof [20]. Dit soort verbindingen vormt een uitstekend substraat voor de actinomyceten.

Tenslotte zijn actinomyceten, net als veel andere bacteriën die slecht in water oplosbare verbindingen als voedsel kunnen gebruiken, in staat om oppervlakte-actieve verbindingen te produceren [7, 14, 29]. Zoals in het vorige hoofdstuk is aangegeven, zijn deze absoluut noodzakelijk om gasbellen in water te stabiliseren. Of deze "eigen productie" in de praktijk een doorslaggevende rol speelt, is onbekend. Reinkultures van *Nocardia* vormden na was- sen, waarbij de geproduceerde oppervlakte-actieve verbindingen werden verwijderd, niet langer een stabiel schuim bij beluchten [7]. Met het influent wordt uiteraard ook een scala aan oppervlakte-actieve verbindingen aangevoerd. Bij een onderzoek in proefinstallaties werd vastgesteld dat de actinomyceten sneller groeiden, wanneer extra oppervlakte-actieve verbindingen aan het influent werden toegevoegd, ook als dit een anti-schuimmiddel (op silicoonbasis) betrof [22]. Bij proeven met slib uit de rwzi Houtrust werd vastgesteld dat de

* Op basis van de kleuring volgens Gram worden Gram-positieve en Gram-negatieve bacteriën onderscheiden. Het verschil houdt verband met de samenstelling van de celwand.

biomassa in het voorste gedeelte van de beluchtingsruimte het sterkst floteerde [28]. Ook dit duidt op een bepaalde invloed van het influent.

Het voorafgaande verklaart wel het verband tussen actinomyceten en drijfslagvorming, maar niet het wel/niet aanwezig zijn van deze organismen in overigens vergelijkbare rwzi's. Actinomyceten kunnen een breed spectrum van koolstofverbindingen als voedsel gebruiken, inclusief slecht in water oplosbare producten als alifaten en vetten. Bij de in rwzi's gangbare substraatconcentraties groeien ze echter langzaam. Ook gebruiken ze het voedsel niet efficiënter dan de andere organismen in het slib. Het grote aantal draden in veel rwzi's kan dus niet, zoals bij andere draadvormende organismen soms wel het geval is [10], verklaard worden uit hun groei-kinetische parameters [2]. Een verband met de temperatuur (zie echter ook paragraaf 4.3), het O₂-gehalte in rwzi's, de concentratie aan olie en vet in influent en het wel/niet optreden van denitrificatie kon ook niet worden vastgesteld [18, 20]. De groei van actinomyceten in rwzi's is dientengevolge nog steeds door vraagtekens omgeven.

Er is wel vastgesteld dat actinomyceten niet snel groeien; bij een slibleeftijd < circa 10 dagen (enigszins temperatuurafhankelijk) kunnen ze zich meestal niet handhaven [37]. De verlaging van de slibleeftijd is echter niet altijd effectief om drijfslagvorming door actinomyceten te bestrijden. Dit komt mogelijk doordat gefloeteerd materiaal zich vaak aan de normale slibhuishouding onttrekt, c.q. een sterk afwijkende slibleeftijd heeft. In het bijzonder in rwzi's waar gefloeteerd materiaal uit de nabezinktank weer in de influentkelder wordt gebracht, zal de situatie ontstaan dat micro-organismen die eigenlijk te langzaam groeien zich toch nog kunnen handhaven [18]. Een slecht functionerende gravitatie-indikker, waarbij niet-bezonken materiaal weer teruggevoerd wordt naar de beluchtingsruimte, heeft hetzelfde effect [16].

In de eerste alinea van deze paragraaf is al gewezen op de opvallende overeenkomsten tussen actinomyceten en *M. parvicella*. Dit betreft:

- beiden zijn Gram-positief en dus hydrofoob;
- actinomyceten vormen een soort takkenbos van draden, *M. parvicella* vaak kluwens;
- beiden benutten vetachtige producten als substraat, *M. parvicella* heeft zelfs absoluut hogere vetzuren nodig om te kunnen groeien [36];
- *M. parvicella* groeit alleen massaal in rwzi's met een slibleeftijd > 7 à 10 dagen [10].

Over een eventuele invloed van de aard van het beluchtingssysteem (bellenbeluchting versus oppervlaktebeluchting) op het ontstaan van drijfslagen is de literatuur niet eensluidend. Bij diverse onderzoeken kon zo'n verband niet worden vastgesteld. In referentie 12

wordt echter gesteld dat drijfslaagvorming vooral optreedt in rwzi's met oppervlaktebeluchters. De hoge afschuifkrachten in de onmiddellijke omgeving van de beluchter zouden de vlok beschadigen, waardoor o.a. verbindingen vrij komen die de oppervlaktespanning enigszins verlagen.

4.5 Bestrijding

In de referenties 1, 6, 19, 31, 35 en 37 wordt een aantal publikaties over het bestrijden van drijfslagen geëvalueerd. Hierbij werd het volgende geconcludeerd:

- anti-schuimmiddelen: vrijwel nooit effectief;
- toepassing van preparaten die actinomyceten selectief zouden remmen: niet effectief;
- chloren van slib: wisselend succes. Gelet op de rol die draadvormende organismen spelen bij het ontstaan van stabiele drijfslagen mag van chloren, waarmee de draden in beginsel vernietigd kunnen worden, ook wel succes worden verwacht. De moeilijkheid hierbij is een zodanige menging te realiseren, dat het chloor de draden daadwerkelijk bereikt. Versproeien van chloorbleekloog op een dikke al wat verlande drijfslag is dus volstrekt zinloos;
- minder/meer beluchten: geen succes; de drijfslag wordt hooguit wat dunner als de beluchtingsintensiteit verminderd wordt;
- doseren van overloopwater uit de slibgistingstank: incidenteel succes. Er is vastgesteld dat de groei van *Nocardia amarae* geremd wordt door overloopwater, op de groeisnelheid van andere actinomyceten had overloopwater echter geen invloed [19];
- denitrificatie in de nabezinktank verhinderen: soms effectief;
- het vermijden van anaërobe zones, omdat actinomyceten hier via P-afgifte substraat zouden kunnen opnemen: soms succesvol;
- verlagen van de slibleeftijd: vrij vaak succes, omdat actinomyceten in het algemeen te traag groeien om zich bij slibleeftijden ≤ 10 dagen nog te kunnen handhaven;
- toepassing van anoxische/anaërobe selectoren: wisselend succes [32, 35];
- versproeien van effluent op de drijfslag: soms effectief, vooral indien sprake is van een relatief dunne laag op de nabezinktank;
- variatie van het retourslibdebiet: geen succes;
- gefloeterd materiaal systematisch afvangen en afvoeren: bijna altijd effectief, ook voor drijfslagen met *M. parvicella* [31].

Voor de laatste methode is een typisch voorbeeld van symptoombestrijding, die overigens in Nederland ook wel eens is toegepast [26]. Het is eigenlijk de enige werkwijze die bijna altijd effectief is. De toepassing vereist echter nogal wat speciale voorzieningen.

5 EXPERIMENTEN

Er zijn metingen uitgevoerd op circa 20 rwzi's. Hierbij werd nagegaan of drijf laagvorming gerelateerd kon worden aan de influentkwaliteit en/of de samenstelling van het actiefslib. De oppervlakte-actieve eigenschappen van afvalwater en slib stonden hierbij centraal. De uitvoering en de meeste resultaten zijn vastgelegd in de bijlagen B t/m D, in dit hoofdstuk wordt volstaan met de belangrijkste punten.

De Scum Index (SI) werd gebruikt als maat voor het potentiële drijfvermogen van actiefslib [31]. De uitvoering van deze test wordt in hoofdstuk 4 van bijlage B beschreven. Het resultaat van de flotatietest wordt uitgedrukt in % geflooteerd materiaal (op droge-stofbasis).

5.1 Biomassakwaliteit en drijf laagvorming

Tijdens het voorjaar waren in de meeste actiefslibben veel draadvormende bacteriën aanwezig (*M. parvicella* frequent dominant) en was het oppervlak van de aëratietank meestal geheel of gedeeltelijk bedekt met een drijf laag. De dikte van deze laag varieerde van enkele cm's tot maximaal circa 0,5 m, het droge-stofgehalte kan oplopen tot 45 g/l. In de drijf laag waren in het algemeen wat meer draden aanwezig dan in het gesuspendeerde slib, vooral door een relatieve toename van het aantal *M. parvicella* draden (selectieve flotatie en/of groei in de drijf laag). Er werden altijd talrijke gestabiliseerde gasbelletjes waargenomen. Ook op de nabezinktanks was vaak een drijf laag aanwezig (1-5 cm dik), de grootte kon echter niet gerelateerd worden aan de omvang van de geflooteerde laag op de aëratietanks. Gedurende de zomer nam het aantal draden sterk af en verdwenen de drijf lagen grotendeels (tabel 3). Dit seizoenseffect wordt in het volgende hoofdstuk nader uitgewerkt.

Van een aantal slibben werd tijdens het voorjaar van 1988 de mate van hydrofobiciteit bepaald. Hierbij werd vastgesteld dat slibben uit carroussels met een stedelijk influent overwegend hydrofoob van karakter zijn. Dit betekent dat gasbelletjes in beginsel gemakkelijk zullen hechten aan dit materiaal.

De slibben uit de drijf lagen waren hydrofober dan de gesuspendeerde slibben. Een verband tussen de mate van hydrofobiciteit en de omvang van de drijf laag kon niet worden aangetoond.

rwzi	Drijfslag ¹⁾		FI ²⁾		SI-E ³⁾		SI-I ³⁾		Afname SVI ⁴⁾	
	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N
Geestmerambacht	+++	+++	4 ⁺	4	65	90	84	67	44	35
Wervershoof	+++	+	4 ⁺	3	39	8	76	41	66	22
Beemster	++	-	4	3	40	0	66	56	63	5
Heemstede	+++	-	4	2	21	0	21	0	5	0
Katwijk	+++	+	4 ⁺	4	18	3	31	29	-	11
Leiden	++	-	3	2	20	0	33	0	22	10
Oude Tonge	±	-	3	3	8	0	38	47	0	0
Middelharnis	+	-	4	4	23	11	29	30	26	9
Goedereede	+	-	4	3	9	0	21	0	7	0

- 1) - = geen drijfslag, +++ = aëratietank grotendeels bedekt
- 2) Filament Index, 0-4⁺ = geen - zeer veel draden.
- 3) SI-E = Scum Index met 50 vol.% effluent
SI-I = Scum Index met 25 vol.% effluent plus 25% vol.% influent.
- 4) Reductie (%) van de slibvolume-index door de SI-E test.

Tabel 3 Uitkomsten van enkele analyses tijdens het voorjaar (V) en het najaar (N) op 9 rwzi's.

In de vierde kolom van tabel 3 is het resultaat van een aantal SI-metingen van actiefslib vermeld. Het betreft in dit geval de SI-E, de scum index van slib dat 1:1 is verdund met effluent.

Tijdens het voorjaar was de SI-E vrijwel altijd > 0, de hoogste waarde was 65% (Geestmerambacht). Een SI-E > 0 betekent dat een gemakkelijk floteerbare fractie in het slib aanwezig is. De herhaling van de metingen na de zomerperiode wees uit dat de SI-E in het algemeen fors was gedaald, veel slibben floteerden zelfs totaal niet meer.

Er zijn ook SI-metingen uitgevoerd met materiaal uit drie drijfslagen (1:15 verdund met effluent). De floteerbare fractie was, zoals verwacht werd, zeer hoog (72, 92 en 100%). De metingen zijn herhaald, nadat de aanwezige gasbelletjes eerst volledig waren verwijderd (vacuumzuigen). Na deze behandeling was de SI wel lager (46, 62 en 74%), maar nog steeds aanmerkelijk hoger dan de SI van de actiefslibben uit dezelfde rwzi's.

De laatste kolom in tabel 3 illustreert dat bij de SI-test fractionering van het actiefslib kan plaatsvinden, de slibvolume-index van het niet gefloeteerde materiaal was vaak aanmerkelijk lager dan de SVI van het uitgangsslib. Deze resultaten waren niet volledig consistent, maar bij de SI floteert kennelijk meestal de "lichtste fractie", c.q. de vlokken met de meeste draadvormende bacteriën.

Naast de flotatie-eigenschappen van het slib lijkt ook de aanwezigheid van een duikwand, in de overloop van het beluchtingscircuit naar de nabezinktank, invloed te hebben op het ontstaan van een drijfslag op de aëratietank. Uit SI-E-metingen op 18 rwzi's wordt het volgende geconcludeerd:

- SI-E > 30 à 40% : altijd drijfslagvorming;
- SI-E 10 à 20% : de aanwezigheid van een duikwand is grotendeels bepalend voor het wel/niet ontstaan van een drijfslag;
- SI-E < 5 à 10% : kans op drijfslagvorming is gering.

Vooraf bij de combinatie: geen duikwand plus situering van de overloop in de zone vlak voor de beluchters, zal waarschijnlijk niet snel een forse drijfslag op de aëratietank ontstaan.

5.2 De rol van de influentkwaliteit

In tabel 3 zijn ook de resultaten van enkele SI-I-metingen vermeld. Bij deze test werd aan het actiefslib niet alleen 25 vol.% effluent toegevoegd, maar ook dezelfde hoeveelheid influent, alvorens de SI-meting werd uitgevoerd. De aanwezigheid van 25 vol.% influent had een aanmerkelijk sterkere flotatie van het slib tot gevolg, zelfs in het najaar was de SI-I vaak hoger dan de SI-E. Dit zou kunnen betekenen dat ook het influent een grote rol speelt bij het ontstaan van drijfslagen. Er werd daarom een serie experimenten gestart (voorjaar 1990) om dit aspect nader te onderzoeken. Het merendeel van deze proeven is uitgevoerd met actiefslib uit de rwzi Berkel. Op dit circuit was in april/mei 1990 een forse drijfslag aanwezig, het slib bevatte veel draden (vooral *M. parvicella*) en de slibvolume-index bedroeg 200-250 ml/g. In de loop van juni/juli nam het aantal draden af en verdween de drijfslag.

5.2.1 Mengproef

Slib en influent van de rwzi's Berkel en TNO werden vice versa gemengd, waarna de SI en de SVI (van het niet gefloeteerde materiaal) werden bepaald. In het slib uit de oxydatiesloot

bij TNO waren slechts weinig draadvormende bacteriën aanwezig, de SVI bedroeg circa 60 ml/g.

De resultaten zijn vermeld in tabel 4. Het TNO-slib floteerde totaal niet, ook niet indien 25 vol.% influent uit Berkel werd toegevoegd. De SI-E van het Berkelse slib bedroeg 21%, de SI-I met "eigen" influent 48% en met puur huishoudelijk afvalwater uit Delft zelfs 75%. De SVI daalde van ruim 200 ml/g tot 75-115 ml/g.

Dit resultaat toont dat de slibkwaliteit primair bepalend is voor het ontstaan van een drijf-laag; indien draadvormende organismen ontbreken, floteert actiefslib totaal niet.

Slib	Influent (vol.%)	Effluent (vol.%)	SI (%)	SVI na SI (ml/g)
T		T (50)	0	n.b.
T	T (25)	T (25)	0	n.b.
T	B (25)	B (25)	0	n.b.
B		B (50)	21	115
B	B (25)	B (25)	48	105
B	T (25)	T (25)	75	75

n.b. = niet bepaald.

Tabel 4 Resultaten van de mengproef.
B = Berkel, T = TNO

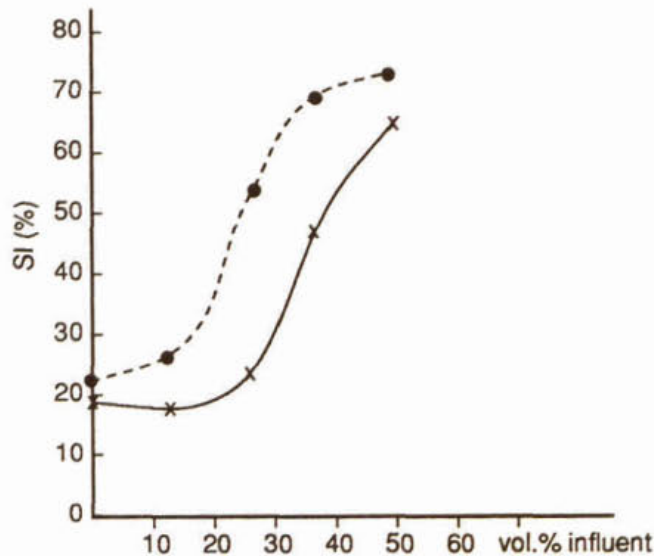
5.2.2 Variabel vol.% influent

In carroussels wordt het influent veelal "op de kop" toegevoerd en ter plaatse sterk verdund met retourslib en langsstromend actiefslib. De uiteindelijke mengverhouding slib : influent bedraagt meestal 10 à 20 : 1 (→ 5-10 vol.% influent). Dit is dus aanmerkelijk lager dan de 25 vol.% die bij de SI-I wordt toegepast. Er werd daarom een proef uitgevoerd waarbij de hoeveelheid influent werd gevarieerd. Dit werd gecombineerd met een onderzoek naar het effect van voorbeluchten (60 minuten) van het mengsel slib-influent. De resultaten zijn vermeld in tabel 5 en worden grafisch weergegeven in figuur 15.

Voorbe- luchten		vol.% Influent				
		0	12,5	25	37,5	50
neen	SI (%)	21	24	54	68	71
ja	SI (%)	19	18	23	48	67
neen	SVI (ml/g) ¹⁾	135	130	100	115	110
ja	SVI (ml/g) ¹⁾	115	115	120	105	110

1) SVI van de fractie die niet floteerde bij de scum-indexbepaling (SVI van het uitgangsmateriaal: 220 ml/g).

Tabel 5 SI-bepalingen met een variabel volumepercentage influent.



Figuur 15 De invloed van het vol.% influent op de SI
 •---• : SI-bepaling direct na het toevoegen van influent
 x—x : mengsel eerst 60 minuten voorbelucht

De SI-E (0 vol.% influent) bedroeg circa 20%. De SI-I begon pas fors op te lopen indien meer dan 12,5 vol.% influent werd toegevoegd. Indien het mengsel eerst werd voorbelucht, moest minimaal 25 vol.% influent toegevoegd worden alvorens de SI toenam.

Het opvoeren van het vol.% influent had nauwelijks invloed op de SVI van de fractie die niet floteerde, hetgeen betekent dat het selectieve flotatieproces van de "lichtste" fractie uit het slib ook plaatsvindt zonder toevoeging van influent.

5.2.3 Fluctuaties van de SI in de loop van de dag/week

Bij metingen op de rwzi Katwijk was gebleken dat de SI van dag tot dag aanmerkelijk fluctueerde (bijlage C). Teneinde dit aspect nader te onderzoeken, is op de rwzi Berkel een aantal SI-metingen uitgevoerd met slib en influent dat op verschillende tijdstippen van de dag/week bemonsterd was (tabellen 6 en 7).

vol.% influent	9.05 uur	10.45 uur	12.25 uur	13.45 uur
0	7	15	13	7
5	3	6	8	4
10	4	6	13	11

Tabel 6 SI (%) op verschillende tijdstippen van dezelfde dag (maandag).

vol.% influent	woensdag	donderdag	vrijdag	maandag
0	7	8	12	5
5	4	4	6	n.b.
10	11	14	20	11

n.b. = niet bepaald

Tabel 7 SI (%) op diverse dagen.

Deze proeven zijn eigenlijk wat te ver in het seizoen uitgevoerd, de drijfslag op de beluchtingsruimte van de rwzi Berkel was al grotendeels verdwenen. Dit verklaart de, in vergelijking tot eerder uitgevoerde metingen, veel lagere SI-waarden. Ook nu fluctueerde de SI echter nog enigszins in de loop van de dag/week. Het is daarnaast opvallend dat de SI het laagst was indien 5 vol.% influent werd toegevoegd.

5.2.4 SI na wassen van het slib

Slibfiltraat bevat nog oppervlakte-actieve verbindingen (bijlage B). Met de onderhavige proef werd nagegaan of wassen (met leidingwater) van actiefslib de flotatiegevoeligheid beïnvloedt. Hierbij werd 1 l slib gemengd met 4 l leidingwater. Na bezinken van het slib werd 2¹/₂ l van de bovenstaande vloeistof vervangen door leidingwater, waarna de inhoud van de cylinder weer gemengd werd. Deze procedure werd nog 2 maal herhaald. Vervol-

gens werden van het uitgangsmateriaal en van het gewassen slib de SI en de SVI bepaald (tabel 8).

	SI (%)	SVI (ml/g) ¹⁾
voor het wassen	13	130
na het wassen	18	160

1) Van de niet floteerbare fractie. N.B.: SVI van het uitgangsmateriaal = 215 ml/g.

Tabel 8 Effect van wassen van slib op de SI.

Door de wasprocedure werd de flotatiegevoeligheid van het slib in elk geval niet minder. In feite roept dit resultaat nogal wat nieuwe vragen op, omdat door het wassen alle niet-gebonden oppervlakte-actieve verbindingen waren verwijderd.

5.2.5 SI-bepaling met voorbehandeld influent

Influent werd twee uur belucht. Het gevormde schuim werd voortdurend via afzuigen verwijderd. Op deze wijze werd het gehalte aan oppervlakte-actieve verbindingen in het afvalwater gereduceerd (volledige verwijdering is praktisch onmogelijk). Het aldus voorbehandelde influent werd voor bepalingen van de SI-I gebruikt (tabel 9). De resultaten tonen dat deze voorbehandeling van het influent geen duidelijke invloed had op de flotatie-eigenschappen van het actiefslib.

vol.% influent	SI (%)		SVI (ml/g) ¹⁾	
	A	B	A	B
0	13	13	125	125
5	21	9	170	130
10	12	11	130	125
25	24	28	130	140

1) zie legenda tabel 8.

Tabel 9 Invloed van "afschuimen" van influent op de flotatiegevoeligheid van slib.
 A = voorbehandeld influent
 B = ruw influent

5.2.6 Toevoeging van detergenten

Bij dit experiment werd nagegaan of de toevoeging van gangbare huishoudwasmiddelen (steeds 15 mg/l; ruw produkt, dus inclusief vulstoffen) de flotatie-eigenschappen van actiefslib beïnvloedt. De resultaten zijn vermeld in tabel 10.

De wasverzachter had geen invloed op de SI, de toevoeging van de waspoeders had daarentegen consequent een toename van de scum-index tot gevolg.

vol.% influent	Toegevoegd wasmiddel				
	geen	wasverzachter	waspoeder A	waspoeder B	waspoeder C
0	5	5	5	5	5
5	6	7	9	8	9
10	7	5	10	14	12
15	20	28	37	40	48

Tabel 10 Invloed van huishoudwasmiddelen op de SI (%).

6 ONDERZOEK NAAR DE SEIZOENSINVLOED OP DRIJFLAAGVORMING*

In april/mei 1990 is een onderzoek uitgevoerd naar de omvang van de drijfslagen op de aëratietanks van carroussels en de rol die draadvormende bacteriën hierbij spelen.

Het onderzoek werd herhaald in september/oktober van dat jaar. Er zijn in Nederland circa 115 carroussels in bedrijf voor de behandeling van stedelijk afvalwater, iets meer dan de helft was opgenomen in het onderzoek (tabel 11). De beheerders verstrekten informatie over de grootte van de aanwezige drijfslagen en over enkele procesomstandigheden. Tevens hebben zij monsters actiefslib en drijfslagmateriaal opgestuurd voor microscopisch onderzoek. Bij het najaarsonderzoek werd ook geïnformeerd naar drijfslagvorming op de nabezinktanks. Bij 29% van de rwzi's met een drijfslag op het circuit bleek het slib ook in de nabezinktank te floteren. Tijdens het voorjaar bedroeg dit percentage 79% (bijlage D).

	Voorjaar	Najaar
aantal waterkwaliteitsbeheerders	10	9
aantal carroussels in deze regio's	ca. 80	ca. 75
opgenomen in dit onderzoek	71	67
aantal carroussels met drijfslag	38	21
aantal onderzochte slibben ¹⁾	70	65
aantal monsters drijfslag ¹⁾	32	19

1) voor microscopisch slibonderzoek

Tabel 11 Omvang van het onderzoekprogramma.

De drijfslagen werden in vier groepen ingedeeld (tabel 12).

* Dit onderzoek kon worden uitgevoerd dankzij de grote medewerking van de volgende waterkwaliteitsbeheerders:

- Provincies : Friesland en Groningen
- Zuiveringschappen : Drenthe, Rivierenland en Hollandse Eilanden en Waarden
- Hoogheemraadschappen : Rijnland en Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en West-friesland
- Waterschap Regge en Dinkel
- Water-/zuiveringschap Limburg
- Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant

-	:	geen drijfslag aanwezig
±	:	circa 5% van het oppervlak van de A.T. bedekt
+	:	circa 25% van het oppervlak van de A.T. bedekt
++	:	circa 50% van het oppervlak van de A.T. bedekt
+++	:	75 à 100% van het oppervlak van de A.T. bedekt

A.T. = aëratietank

Tabel 12 Rubricering van de drijfslagen.

6.1 Drijfslagvorming in twee seizoenen en de invloed van enkele procesomstandigheden

Tijdens het voorjaar en het najaar was op respectievelijk 54% en 31% van de carrousel een drijfslag aanwezig (tabel 13). Het percentage rwzi's met een forse drijfslag (++/+++) daalde tijdens de zomer van 34% tot 12%. Er is dus sprake van een duidelijk seizoenseffect op het voorkomen van drijfslagen.

Omvang probleem	Voorjaar		Najaar	
	n rwzi's	%	n rwzi's	%
-	33	46	46	69
±	4	6	10	15
+	10	14	3	5
++	16	23	3	5
+++	8	11	5	7

Tabel 13 Aantal carrousel met een drijfslag op de aëratietank.

De aanwezigheid van een duikschot e.d. in de overloop van de aëratietank naar de nabesinktank en de plaats van deze overloop (vlak voor de beluchter of elders in het circuit) zouden de vorming van een drijfslag kunnen beïnvloeden. Deze aspecten zijn nader onderzocht.

Er was geen sprake van een duidelijk preferente combinatie (tabel 14). Tijdens het voorjaar was op 55% van de rwzi's met een duikschot een drijfslag aanwezig (tabel 15), bij de carroussels zonder deze voorziening was dit percentage praktisch even hoog (54%). Er kon ook geen verband tussen het wel/niet aanwezig zijn van een duikschot en de grootte van de drijfslag worden vastgesteld (tabel 16). Gedurende het najaar daarentegen, was de aanwezigheid van een duikschot in belangrijke mate bepalend voor drijfslagvorming (geen duikschot: 15% met een drijfslag, wel een duikschot: 43% met een drijfslag; tabel 15).

Tabel 17 toont tenslotte dat de plaats van de overstort geen invloed lijkt te hebben op het ontstaan van drijfslagen.

	n rwzi's	%
overloop vlak voor beluchter , wel duikschot	20	31
overloop vlak voor beluchter , geen duikschot	15	23
overloop elders , wel duikschot	19	29
overloop elders , geen duikschot	11	17

Tabel 14 Plaats van de overloop en de toepassing van een duikschot.

Duikschot	Voorjaar		Najaar	
	ja	neen	ja	neen
met drijfslag	55%	54%	43%	15%
geen drijfslag	45%	46%	57%	85%
n rwzi's	40	26	40	26

Tabel 15 Effect van een duikschot e.d. bij de overloop van de aëratietank.

	-	±	+	++	+++
met duikschot	45	5	18	20	13
zonder duikschot	46	8	12	27	8

Tabel 16 Effect van een duikschot e.d. bij de overloop op de grootte van de drijfslag tijdens het voorjaar (in % van het aantal rwzi's).

	Voorjaar		Najaar	
	A	B	A	B
rwzi's met drijfslag (%)	51	57	31	33
rwzi's zonder drijfslag (%)	49	43	69	67
n rwzi's	35		30	

Tabel 17 Effect van de plaats van de overstort op het ontstaan van een drijfslag. A = overstort vlak voor de beluchter. B = elders.

In tabel 18 wordt de omvang van de drijfslagen tijdens het voorjaar vergeleken met de situatie in september/oktober in dezelfde rwzi's. Gedurende de zomer was de drijfslag uit 23 rwzi's volledig verdwenen, in zeven andere carrousel's was de grootte (fors) afgenomen. Bij slechts drie rwzi's was de situatie niet veranderd, in zeven carrousel's was een kleine drijfslag (\pm) ontstaan, terwijl in vier rwzi's de aanwezige drijfslag (iets) groter was geworden. Bij 9 van 11 carrousel's, waar tijdens de zomer een drijfslag was ontstaan, c.q. groter geworden, was een duikschot in de overloop aanwezig.

Voorjaar		Najaar (n rwzi's)					
Omvang	n rwzi's	-	\pm	+	++	+++	
+++	7	→	1	1	2	1	2
++	16	→	11		1	1	③
+	10	→	7	2		①	
\pm	4	→	4				
-	30	→	23	⑦			

o : omvang van de drijfslag tijdens de zomer toegenomen.

Tabel 18 Een vergelijking van de situatie in het najaar, met die in het najaar (dezelfde rwzi's).

6.2 Microscopisch onderzoek

Bij het microscopisch onderzoek werd voornamelijk aandacht geschonken aan de populatie van draadvormende bacteriën.

In deze rapportage wordt de populatie-omvang aangegeven met een Filament Index (FI) in plaats van met de voorheen gebruikte term "categorie" [11].

Tabel 19 toont allereerst dat de kans op het ontstaan van een drijfslag groter is naarmate meer draadvormende bacteriën in het slib aanwezig zijn. Vooral tijdens het voorjaar was dit verband zeer uitgesproken, bij een FI ≥ 4 is de kans praktisch 100%. Tevens blijkt uit deze resultaten dat licht slib eerder regel dan uitzondering is; tijdens het voorjaar en het najaar waren in respectievelijk 49 (70%) en 29 (43%) carrousels veel (FI ≥ 3) draadvormende bacteriën aanwezig in het actiefslib.

Hoewel dit verband minder eenduidig is, was de drijfslag meestal ook groter naarmate meer draadvormende bacteriën in het actiefslib aanwezig waren (tabel 20).

FI 1)	Voorjaar		Najaar	
	n rwzi's	% met drijfslag ²⁾	n rwzi's	% met drijfslag ²⁾
0	0	-	1	0
1	1	0	10	13
2	20	25	27	15
3	22	36	18	22
4	23	87	11	44
4+	4	100	0	-

1) FI = filament index; schaal 0-4+ = geen - extreem veel draden.

2) percentage van het aantal rwzi's in de betreffende groep.

Tabel 19 Het verband tussen de Filament Index (FI) van het actiefslib en de aanwezigheid van drijfslagen.

FI	rwzi's met drijfslag	Aantal in de vier rubrieken			
		±	+	++	+++
1	0/2	0/2			
2	5/6	1/5	1/	2/1	1/
3	8/6	2/1	2/2	4/1	0/2
4	20/7	1/2	7/1	9/1	3/3
4+	4/0				4/0

Tabel 20 Het verband tussen de FI en de omvang van de drijfslagen.

.j. = voorjaar/najaar

In tabel 21 worden de filament indices van de geflooteerde slibben vergeleken met die van de gesuspendeerde actiefslibben in dezelfde rwzi's. In de drijfslag was het aantal draden heel vaak (aanmerkelijk) groter dan in het gesuspendeerde slib in de beluchttingsruimte. Incidenteel leek de drijfslag bijna uit een reïncultuur van draden te bestaan. Er is dus sprake van selectieve flotatie van draadvormende bacteriën en/of van groei van deze bacteriën in de geflooteerde laag. Tabel 22 toont dat ook in kleine drijfslagen in het algemeen veel tot zeer veel draden aanwezig zijn.

FI	Voorjaar		Najaar	
	gesuspendeerd	geflooteerd	gesuspendeerd	geflooteerd
1	-	-	2	0
2	5	0	6	2
3	6	3	5	3
4	16	6	6	7
4+	4	19	0	5
extreem 1)	0	3	0	2

1) lijkt bijna een reïncultuur.

Tabel 21 FI's van de gesuspendeerde en de geflooteerde slibben in dezelfde rwzi's. Opgave in aantal rwzi's.

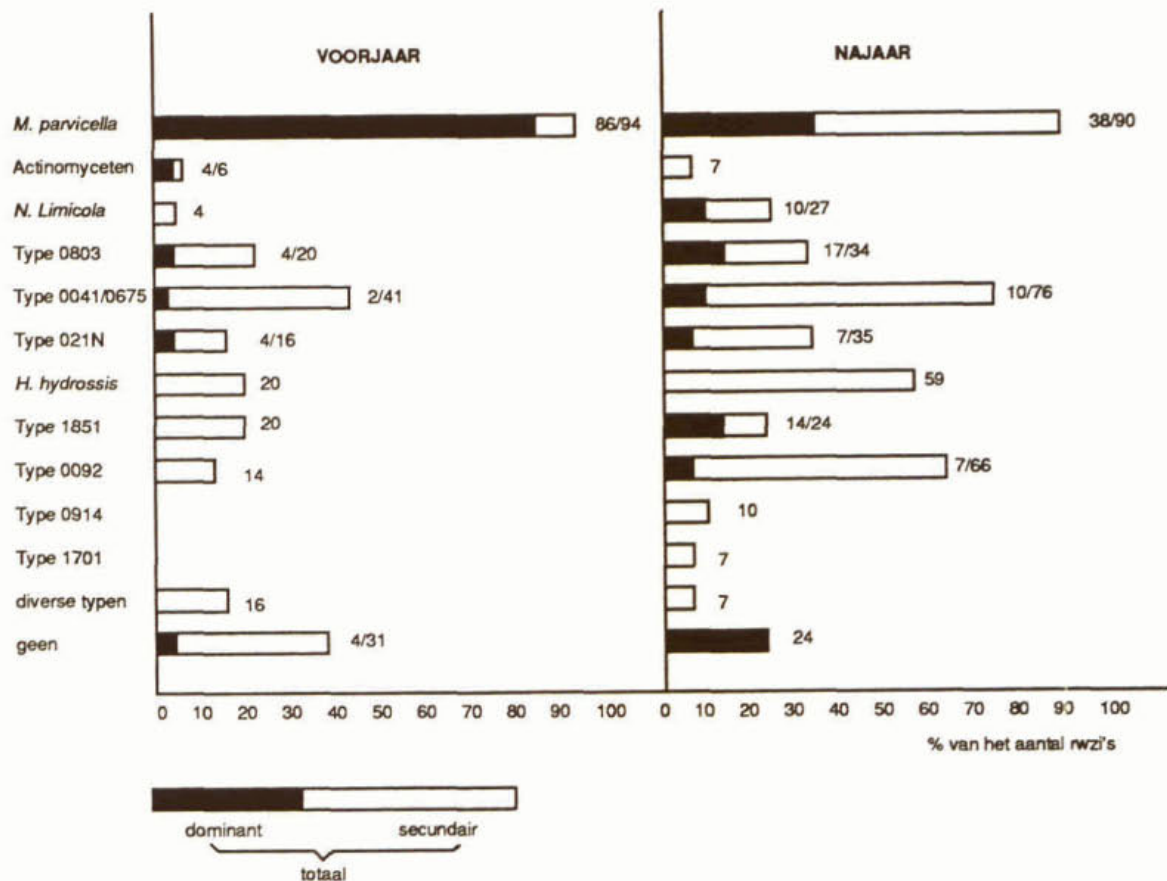
Drijfslag	FI van het geflooteerde slib				
	2	3	4	4+	extreem
±	0/2	1/2	1/4	1/1	0/1
+		1/0	1/0	5/1	
++		1/1	4/2	7/0	2/0
+++			1/1	5/3	2/1

Tabel 22 Grootte van de drijfslag en de FI-indeling van het geflooteerde slib (opgave in aantal rwzi's).
J. = voorjaar/najaar

Bij het microscopisch onderzoek werd niet alleen de grootte van de populatie van draadvormende bacteriën bepaald, maar werden tevens de afzonderlijke soorten geïdentificeerd. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen:

- dominant aanwezig, hetgeen betekent dat de betreffende soort binnen de populatie qua aantal sterk overheersend was. Het komt overigens soms wel voor dat twee of drie soorten gelijktijdig dominant zijn;
- secundair aanwezige soorten.

De volledige resultaten zijn opgenomen in bijlage E, de belangrijkste uitkomsten zijn grafisch weergegeven in de figuren 16 t/m 18.



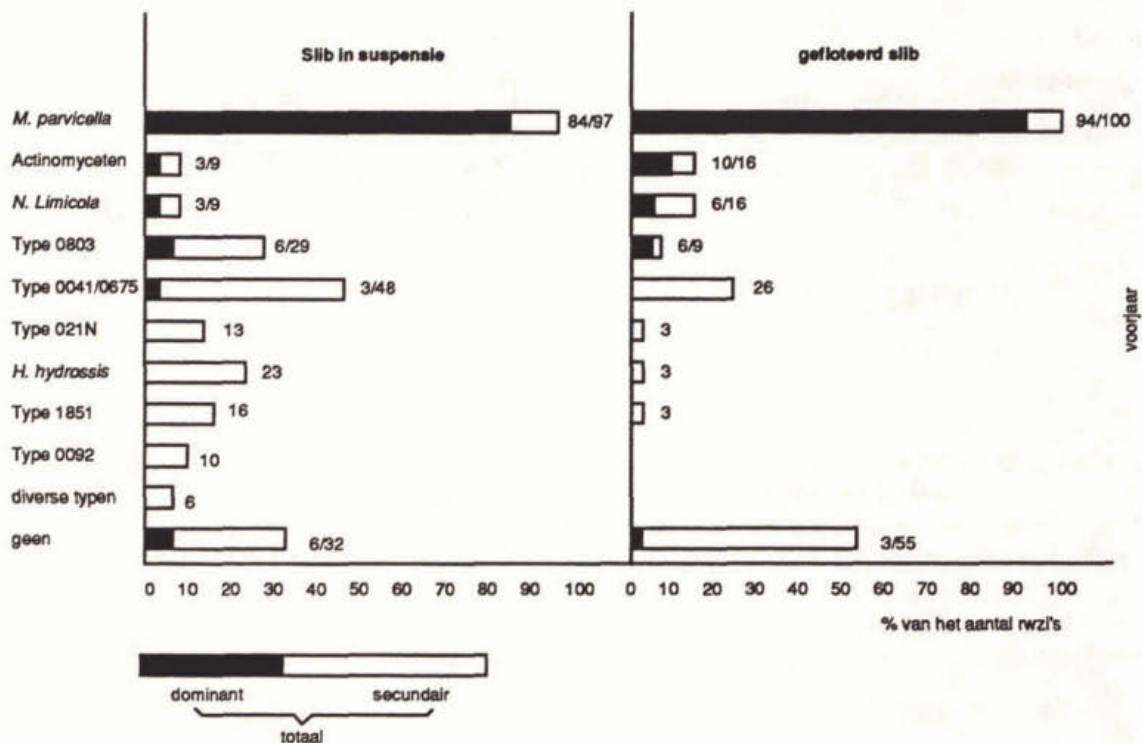
Figuur 16 Populatiesamenstelling, in % van het aantal actiefslibben met een $FI \geq 3$.
 n rwzi's: voorjaar : 49
 najaar : 29

In figuur 16 wordt van de actiefslibben met een $FI \geq 3$ de populatiesamenstelling in april/mei vergeleken met die tijdens het najaar. Gedurende het voorjaar was de populatie in feite heel eenzijdig samengesteld, in liefst 86% van de rwzi's was *M. parvicella* dominant

aanwezig. De eenzijdige samenstelling blijkt ook uit het grote aantal rwzi's (31%) waarin secundaire soorten feitelijk ontbraken. Tijdens de zomer bleef *M. parvicella* wel aanwezig (in 90% van de rwzi's), maar het percentage rwzi's waarin deze bacterie de populatie domineerde daalde van 86% tot 38%. In plaats hiervan werden andere draadvormende bacteriën frequenter en vaker dominant waargenomen. De diversiteit (verscheidenheid aan soorten) van de populatie nam dus toe gedurende de zomer. Dit wordt ook geïllustreerd door het ontbreken van een duidelijk dominante soort in 24% van de slibben met een FI ≥ 3 in september/oktober.

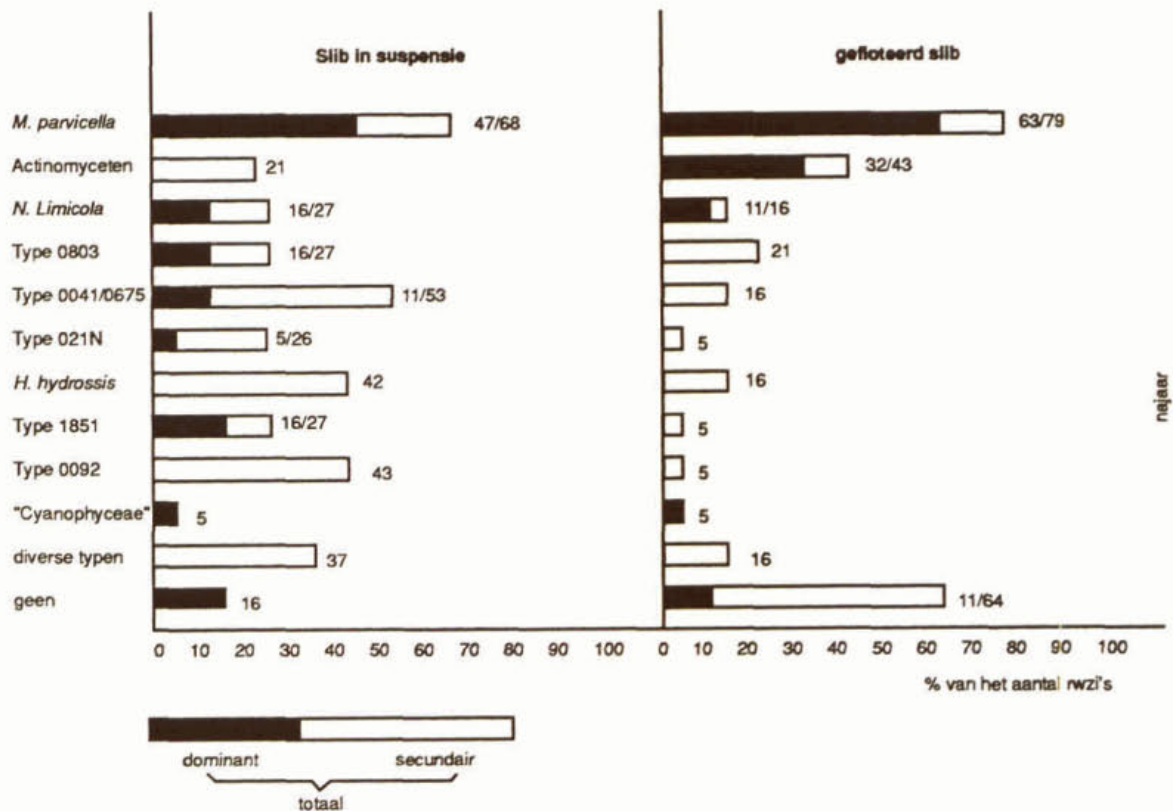
De vergelijking van de populatiesamenstelling in april/mei van de gesuspendeerde slibben met die van de geflooteerde biomassa (figuur 17) toont enkele opmerkelijke zaken:

- in de drijfslagen was *M. parvicella* nog frequenter dominant aanwezig (van 84% naar 94%);
- ook bij de actinomyceten en bij *N. limicola* zijn de percentages gestegen;
- alle andere soorten werden in de drijfslagen veel minder frequent waargenomen dan in de gesuspendeerde slibben;
- in liefst 55% van de drijfslagen was in feite maar één soort aanwezig.



Figuur 17 Vergelijking van de populatiesamenstelling van het slib in suspensie met die van het geflooteerde slib in dezelfde rwzi's. Weergave in % van het aantal rwzi's. Periode: april/mei; n rwzi's: 31.

Gedurende het najaar was het verschil tussen deze twee slibben nog groter (figuur 18). Het hoge percentage (32%) geflooteerde slibben waarin actinomyceten domineerden is zeer opmerkelijk. In feite verschijnt deze draadvormer vaak min of meer uit het "niets". In slechts 21% van de actiefslibben werden actinomyceten waargenomen (alleen secundair). Daarentegen waren ze in 32% van de drijfslagen dominant aanwezig (inclusief secundair: 43%). Dit betekent dat groei van actinomyceten vrijwel onmiddellijk gevolgd wordt door flotatie. Uit deze resultaten blijkt dat alleen *M. parvicella*, actinomyceten en, in beperkte mate, *N. limicola* floteren in aëratietanks.



Figuur 18 Vergelijking van de populatiesamenstelling van het slib in suspensie met die van het geflooteerde slib in dezelfde rwzi's. Weergave in % van het aantal rwzi's. Periode: september/oktober; n rwzi's = 19.

Drijfslagen ontstaan door hechting van gestabiliseerde gasbelletjes/schuimen aan actiefslib en vice versa. Op deze wijze wordt zoveel gas aan de biomassa gebonden, dat deze gaat/blijft drijven. Dit kan uiteindelijk leiden tot een situatie waarbij het oppervlak van de beluchtingsruimte van carroussels volledig is bedekt door een tientallen cm's dikke laag geflooteerd slib, met een droge-stofgehalte van 30-50 g/l.

Rol van de draadvormende bacteriën

Er is vastgesteld - zie onder andere de "mengproef" (tabel 4) en het verband tussen de FI en het percentage rwzi's met drijfslagen (tabel 19) - dat draadvormende bacteriën en drijfslagvorming bijna onlosmakelijk met elkaar zijn verbonden. Drijfslagen waarin draadvormers ontbreken komen, ook volgens de literatuur [37], slechts incidenteel voor. De forse reductie van het aantal draden tijdens de zomer van 1990 ging dan ook gepaard met het verdwijnen van de drijfslag (tabel 23). Hierbij kan nog opgemerkt worden dat de verschillen tussen de FI-categorieën min of meer logaritmisch zijn.

FI	Voorjaar	Najaar
1		2
2	2	11
3	6	7
4	14	2
<i>M. parvicella</i> dominant in	21 (95%)	3 (14%)

Tabel 23 Voor- en najaarsituatie (actiefslibben) in 22 rwzi's waaruit de drijfslag tijdens de zomer volledig verdween. Opgave in aantal rwzi's.

De verschillen in populatiesamenstelling tussen de actiefslibben in suspensie en het geflooteerde materiaal (figuur 17 en 18) tonen dat van de circa 30 draadvormende bacteriën, die in rwzi's zijn waargenomen [10], alleen *M. parvicella*, actinomyceten en soms *N. limicola* bij het ontstaan van drijfslagen zijn betrokken. Weliswaar zijn ook Type 0803 en "Cyanophyceae" incidenteel dominant in drijfslagen waargenomen, maar hierbij was geen sprake van selectieve flotatie en was *M. parvicella* vaak gelijktijdig aanwezig.

Het is zeker niet toevallig dat juist deze drie organismen zo'n belangrijke rol blijken te spelen bij de vorming van gestabiliseerde gasbelletjes en schuimen. *M. parvicella*, actinomyceten en *N. limicola* zijn, in tegenstelling tot de meeste draadvormende bacteriën, Gram-positief en dus hydrofoob [24]. Zij zullen gemakkelijk hechten aan gasbelletjes omdat deze eveneens hydrofoob zijn. Mogelijk speelt de vorm van de draden hierbij ook nog een rol. *M. parvicella* en *N. limicola* vormen relatief korte, flexibele draden, die zich gemakkelijk in zo'n gebogen grensvlak zullen kunnen plooiën. Hetzelfde geldt voor de kleine, vertakte netwerken van de actinomyceten.

In de hoofdstukken 3 en 4 is aangegeven dat het grensvlak gas/water in hoge mate gestabiliseerd wordt door de aanwezigheid van kleine, hydrofobe deeltjes. Mede gelet op het duidelijke verband tussen de FI en drijfslagvorming, mag vrijwel zeker geconcludeerd worden dat deze hydrofobe, draadvormende bacteriën primair verantwoordelijk zijn voor de stabilisering van gasbelletjes/schuimen in actief-slibinrichtingen.

Omdat de slibvlokken eveneens hydrofoob zijn (bijlage B), zal de biomassa gemakkelijk hechten aan de gestabiliseerde gasbelletjes, waarna flotatie zal plaatsvinden.

Naast de genoemde soorten zijn van de in actiefslib gangbare draadvormende bacteriën, ook de Typen 0041, 0675 en 1851 Gram-positief. De cellen van deze bacteriën zijn echter omgeven door een zogenaamde schede, waardoor "direct contact" tussen het celoppervlak en de omgeving verhinderd wordt. De draden zijn bovendien veel rechter en minder flexibel dan die van bijvoorbeeld *M. parvicella*.

Invloed van de influentkwaliteit

Bij de start van het onderzoek was gebleken dat beheerders van rwzi's het ontstaan van drijfslagen volledig toeschreven aan industriële lozingen van oppervlakte-actieve verbindingen.

Er is aangetoond dat deze veronderstelling niet correct is. Gelet op hetgeen in hoofdstuk 3 over grensvlakverschijnselen is vermeld, mag echter wel een bepaalde invloed van oppervlakte-actieve verbindingen worden verondersteld. Ook in de literatuur wordt dit aspect voortdurende benadrukt.

De resultaten van de experimenten waarbij de invloed van oppervlakte-actieve verbindingen op drijfslagvorming werd onderzocht, zijn echter niet erg consistent, zoals uit het volgende overzicht blijkt:

- de SI-I (scum-index met toevoeging van influent) nam in het algemeen pas sterk toe bij minimaal 25 vol.% influent. De op de kop van een carrousel toegepaste mengverhou-

ding slib:influent leidt echter tot hooguit 5-10 vol.% influent. Een verband tussen de SI-I en drijfslagvorming ontbreekt dan ook;

- de reductie van de SVI door de flotatietest (zie bijvoorbeeld tabel 5) werd nauwelijks beïnvloed door het vol.% influent, hetgeen betekent dat de lichtste slibfractie al floteerde bij 0 vol.% influent (\Rightarrow SI-E);
- de reductie van de hoeveelheid oppervlakte-actieve verbindingen, aanwezig in het influent (paragraaf 5.2.5), had geen invloed op de SI-I;
- wassen van actiefslib, waarbij het slibwater door leidingwater werd vervangen, had geen invloed op de flotatie-eigenschappen van het slib;
- slib floteerde sterker indien zeer gangbare huishoudwaspoeders (maximaal 15 mg/l) aan het influent toegevoegd werden;
- een biologische verklaring voor de korte-termijn-fluctuaties van de SI (bijlage C en paragraaf 5.2.3) ontbreekt; een bepaald effect van de influentkwaliteit lijkt daarom veel waarschijnlijker.

Het veronderstelde verband is dus nog steeds door vraagtekens omgeven. Diverse uitkomsten (o.a. de "wasproef") suggereren dat de rol van oppervlakte-actieve verbindingen vaak beperkt is. De proef met de huishoudwasmiddelen toont daarentegen dat extra detergents het proces van drijfslagvorming zullen versterken. Er moet dan ook worden verwacht dat de lozing van een grote hoeveelheid oppervlakte-actieve verbindingen, op een rwzi met veel draadvormende bacteriën, tot een zeer abrupte toename van de drijfslag zal leiden, zoals in de praktijk ook incidenteel is waargenomen.

In selectoren voor licht-slibbestrijding en in het voorste gedeelte van aëratietanks met een propstroming is wel sprake van een hoog volumepercentage influent tijdens het mengen van slib en afvalwater. Gelet op de invloed hiervan op de SI-I, zal deze procesvoering drijfslagvorming kunnen bevorderen indien (nog) veel draadvormende bacteriën aanwezig zijn. Hier dient men op bedacht te zijn.

In paragraaf 4.4 is aangegeven dat *M. parvicella* en actinomyceten goed groeien op substraten die aan het grensvlak om gasbelletjes absorberen, zoals vetten en dergelijke. Over de fysiologie van *N. limicola* is nauwelijks iets bekend. Op deze wijze worden dus voor drijfslagvorming verantwoordelijke organismen en de door hen benodigde voedingsstoffen op dezelfde plaats geconcentreerd. Omdat de aanwezigheid van detergents tot het ontstaan van grensvlakken gas/water leidt, versterken oppervlakte-actieve verbindingen in beginsel de concurrentiepositie van *M. parvicella* en actinomyceten binnen de actief-slibpopulatie.

Het is niet bekend of dit aspect een doorslaggevende rol speelt bij de groei van deze organismen in zuiveringsinrichtingen.

Seizoensinvloed op drijfslaagvorming

Om vooralsnog onbekende redenen verloopt de ontwikkeling van de *M. parvicella* populatie in veel rwzi's volgens een vast patroon. In het koude jaargetijde groeit de populatie, tijdens het voorjaar bereikt deze haar maximale omvang, terwijl het aantal draden gedurende de zomer weer sterk afneemt. Dit verklaart het uitgesproken seizoenseffect op drijfslaagvorming, hetgeen ook in Engeland en Frankrijk werd waargenomen [15, 32]. Het effect wordt waarschijnlijk nog versterkt doordat veel organismen hydrofober worden naarmate ze sneller groeien [23].

Tijdens de zomer van 1990 daalde het aantal rwzi's met een forse drijfslaag op de beluchtingsruimte van 24 tot 8, het percentage van deze drijfslagen met alleen *M. parvicella* als dominante draadvormer nam in dezelfde periode af van 76% tot 38%. Deze 38% betrof slechts drie rwzi's: Geestmerambacht, Hilvarenbeek en Oosterhesselen. De grotere drijfslagen zouden gedurende de zomer dus bijna allemaal verdwenen zijn, indien de rol van *M. parvicella* niet gedeeltelijk was overgenomen door actinomyceten en *N. limicola*. De toename van het aantal drijfslagen met actinomyceten in de zomermaanden sluit goed aan op hetgeen in hoofdstuk 4 werd geconcludeerd over de invloed van de temperatuur op de groei van deze organismen in de gemengde slibpopulatie.

Invloed van de procesomstandigheden

Zolang *M. parvicella* relatief snel groeit (winter/voorjaar), heeft het wel/niet aanwezig zijn van een duikschot, in de overloop van de aërietetank naar de nabezinktank, geen invloed op drijfslaagvorming op de beluchtingsruimte (frequentie en omvang; tabellen 15 en 16). Gedurende de zomermaanden daarentegen zullen slechts incidenteel drijfslagen aanwezig blijven, c.q. ontstaan indien zo'n duikschot ontbreekt. De aanwezigheid van een duikschot in de overloop verhindert het ontstaan van een drijfslaag op de nabezinktank niet, de gefloeteerde laag op deze tank(s) was echter meestal wel dikker indien zo'n schot ontbrak (bijlage D). Ofschoon dit wel werd verwacht, blijkt de plaats van de overloop (vlak voor de beluchter versus elders in het circuit) de kans op drijfslaagvorming niet te beïnvloeden (tabel 17).

Tijdens het voorjaar van 1990 kon wel een verband tussen het wel/niet aanwezig zijn van een duikschot en de grootte van de drijfslaag aangetoond worden, indien tevens gelet werd op de flotatie-eigenschappen (SI-E) van het actiefslib (bijlage D):

- SI-E > 30 à 40%: altijd grote drijfslagen;
- SI-E = 10 à 20%: alleen grote drijfslagen indien een duikschot aanwezig was;
- SI-E < 5 à 10%: kans op het ontstaan van grote drijfslagen gering.

Dit geldt waarschijnlijk alleen voor slibben met veel *M. parvicella*; bij de actinomyceten ontbreekt een verband tussen het aantal draden in suspensie en de FI van de drijfslag.

Bij het oriënterende onderzoek (hoofdstuk 2) werd vastgesteld dat vooral op carrousel sprake is van drijfslagvorming, bij de andere uitvoeringsvormen van het actief-slibproces treedt dit verschijnsel volgens de beheerders veel minder frequent op.

M. parvicella, *N. limicola* en de actinomyceten zijn echter geen specifieke "carrousel-organismen", ze worden frequent waargenomen in alle laagbelaste actief-slibinrichtingen [10]. Men kan bijna stellen dat *M. parvicella* in volbelaste oxydatiesloten (met een stedelijk influent) massaal aanwezig hoort te zijn [9]. Tijdens het voorjaar is op veel oxydatiesloten ook wel sprake van een beperkte slibflotatie, tot grote drijfslagen leidt dit echter slechts zelden. Dat dit bij carrousel wel gebeurt, kan waarschijnlijk verklaard worden uit het stromingspatroon rond de puntbeluchter. Vlak voor de beluchter blijft geflooteerd materiaal "hangen", omdat het water aan het oppervlak nauwelijks verder stroomt. Dit vergroot de kans op het ontstaan van een drijfslag aanmerkelijk. In andere laagbelaste actief-slibsystemen met oppervlaktebeluchters (oxydatiesloten en -tanks) ontbreekt deze "dode zone", waardoor geflooteerd materiaal frequenter stukgeslagen zal worden en veel van de ingesloten luchtbelletjes zullen ontsnappen. Mogelijk speelt daarnaast de grote turbulente rond de puntbeluchter in een carrousel nog een rol.

Als vuistregel kan gesteld worden dat de grootte van de *M. parvicella* populatie in oxydatiesloten/carrousel toeneemt naarmate de belasting van de rwzi stijgt. In sterk onderbelaste carrousel zijn dus in het algemeen niet veel draadvormende bacteriën aanwezig, waardoor de kans op drijfslagvorming gering is. Dit verklaart de waarneming van veel beheerders dat de drijfslagen groter werden naarmate de ontwerpcapaciteit dichter benaderd werd.

De voor drijfslagvorming verantwoordelijke draadvormende bacteriën groeien minder snel dan veel andere organismen in actief-slib. Zij kunnen zich daarom alleen massaal ontwikkelen/handhaven in rwzi's indien de slibleeftijd niet te kort is. Zo wordt bijvoorbeeld *M. parvicella* voornamelijk waargenomen bij slibbelastingen \leq circa 0,15 kg BZV/kg droge stof.dag.

In de literatuur wordt veelvuldig gesteld dat drijfslagen de laatste decaden steeds vaker lijken voor te komen [37]. Dit is ongetwijfeld het gevolg van het in toenemende mate bouwen van laagbelaste actief-slibinrichtingen.

Bestrijden van drijfslagen

Voor het bestrijden van drijfslagen is tot nu toe voornamelijk geëxperimenteerd met symptoombestrijdingsmethoden (zie paragraaf 4.5 en bijlage A). Dit heeft niet veel opgeleverd. Het versproeien van effluent is soms effectief, vooral als het toegepast wordt voor het bestrijden van een dunne drijfslaag op de nabezinktank. Met het spuiten van water in de zone vlak voor de beluchter kan wel bereikt worden dat de drijfslaag mobiel blijft, waardoor verlanding wordt voorkomen en gefloeteerd materiaal frequenter stukgeslagen wordt. Bij sterk flotatiegevoelige slibben wordt de grootte van de drijfslaag hierdoor echter niet wezenlijk beïnvloed.

Het voortdurend afromen, eventueel in een aparte flotatiestap, en afvoeren van gefloeteerd materiaal is de enige bestrijdingsmethode die heel vaak effectief zal zijn. Op deze wijze wordt de meest flotatiegevoelige fractie (bevat erg veel draden en is sterk hydrofoob) permanent verwijderd. Er mag bovendien tevens een verlaging van de slibvolume-index worden verwacht. Het afgeroomde materiaal moet worden afgevoerd, omdat recirculatie naar bijvoorbeeld de influentkelder tot gevolg heeft dat de draden uiteindelijk weer in de beluchttingsruimte zullen komen.

Het is in beginsel mogelijk het oppervlak van hydrofobe draden, via binding van bepaalde stoffen aan dit oppervlak, hydrofiel te maken [7]. Dit idee heeft echter nog niet tot een voor de praktijk bruikbare bestrijdingsmethode geleid.

Door de duidelijke koppeling tussen drijfslagvorming en de aanwezigheid van veel draadvormende bacteriën, zijn licht-slibbestrijdingsmethoden geschikt om drijfslagvorming preventief te bestrijden. Voor meer informatie over licht-slibbestrijding wordt verwezen naar de STORA-publicatie over dit onderwerp [10]. Hier wordt volstaan met de opmerking dat er nogal wat vragen resteren inzake de bestrijdingsmogelijkheden van *M. parvicella* en de actinomyceten.

Conclusies

1. De draadvormende bacteriën *M. parvicella*, *N. limicola* en de actinomyceten zijn primair verantwoordelijk voor het ontstaan van drijfslagen op actief-slibinrichtingen.

2. De aanwezigheid van deze organismen leidt tot een extreme stabilisering van gasbellen en schuimen, waardoor slib floteert.
3. In Nederland is drijfslaagvorming vooral een "Microthrix-probleem", alleen gedurende de zomer wordt de rol van dit organisme gedeeltelijk overgenomen door de actinomyceten en *N. limicola*.
4. *M. parvicella* groeit tijdens de herfst/winter, de populatie bereikt in het voorjaar haar maximale grootte en neemt gedurende de zomer weer sterk in omvang af. Op veel rwzi's vertoont de ontwikkeling van de drijfslaag hetzelfde seizoensritme.
5. Circa de helft van alle Nederlandse carroussels was in dit onderzoek opgenomen. Het percentage carroussels met grote drijfslagen op de beluchtingsruimte daalde van 34% in het voorjaar tot 12% in de herfst.
6. De voor drijfslaagvorming verantwoordelijke bacteriën kunnen zich alleen in laagbelaste actief-slibinrichtingen massaal ontwikkelen (belasting < circa 0,15 kg BZV/kg droge stof.dag). Het stromingspatroon rond de puntbeluchters in carroussels is waarschijnlijk verantwoordelijk voor het feit dat drijfslaagvorming in carroussels veel frequenter plaatsvindt dan in andere laagbelaste actief-slibinrichtingen.
7. De rol die oppervlakte-actieve verbindingen bij drijfslaagvorming spelen, is veel kleiner dan vaak wordt verondersteld. Er zijn ook geen aanwijzingen verkregen dat "exotische detergents" een doorslaggevende rol spelen. Een hoge concentratie aan detergents in het influent kan drijfslaagvorming echter wel versterken.
8. Een hoge mengverhouding influent : slib, zoals onder andere in selectoren voor licht-slibbestrijding wordt toegepast, kan drijfslaagvorming bevorderen, zolang nog veel draadvormende bacteriën aanwezig zijn.
9. Het wel/niet aanwezig zijn van een duikschot in de overloop van de aëratietank naar de nabezinktank is tijdens het voorjaar niet en gedurende het najaar wel bepalend voor het ontstaan van een drijfslaag op de beluchtingsruimte. Dit is het gevolg van de afname van de groeisnelheid van *M. parvicella* in de zomer.
10. De scum-index-bepaling is een goede, eenvoudige methode om het potentiële drijfvermogen van actiefslib te bepalen.

11. Op dit moment zijn drie methoden beschikbaar om drijfslagen te bestrijden:
- a. De blokkade voor de puntbeluchters in carroussels opheffen via spuiten met effluent of het opvoeren van de beluchtingsintensiteit (soms effectief, afhankelijk van de SI-E).
 - b. Al het gefloeteerde materiaal voortdurend afromen en afvoeren.
 - c. De verantwoordelijke draadvormende bacteriën bestrijden [10].

8 REFERENTIES

- [1] ATV-Arbeitsgruppe 2.6.1,
Verhinderung und Bekämpfung von Blähschlamm und Schwimmschlamm,
Korrespondenz Abwasser, 35, 1988, 152-164.
- [2] Baumann, M., H. Lemmer and H. Ries,
Scum actinomycetes in sewage treatment plants - Part 1: Growth kinetics of
Nocardia amarae in chemostat culture,
Water Research, 22, 1988, 755-759.
- [3] Bendt, T., A. Rahman, C.H. Rolfs und A. Kelle-Emden,
Nocardioforme Actinomyceten in Modellkläranlagen,
Korrespondenz Abwasser, 36, 1989, 152-156.
- [4] Bettens, L.,
Fysiko chemische aspecten van schuim,
DeTex-textilis, juni 1981, 184-189.
- [5] Blackall, L.L., A.E. Harbers, P.F. Greenfield and A.C. Hayward,
Actinomycete scum problems in Australian activated sludge plants,
Wat. Sci. Techn., 20, 1988, 493-495.
- [6] Blackall, L.L., A.E. Harbers, P.F. Greenfield and A.C. Hayward,
Foaming in activated sludge plants: A survey in Queensland, Australia and an
evaluation of some control strategies,
Water Research, 25, 1991, 313-317.
- [7] Blackall, L.L., and K.C. Marshall,
The mechanism of stabilization of actinomycete foams and the prevention of foaming
under laboratory conditions,
J. of Industrial Microbiology, 4, 1989, 181-188.
- [8] Blackbeard, J.R., G.A. Ekama and G. v. R. Marais,
A survey of filamentous bulking and foaming in activated-sludge plants in South
Africa,
Water Pollut. Contr., 85, 1986, 90-100.
- [9] Eikelboom, D.H.,
Biological characteristics of oxidation ditch sludge.
Proc. Int. Conf. Oxidation Ditch Technology,
CEP Consultants, Edinburgh, 1982, 47-56.

- [10] Eikelboom, D.H.,
Handboek voorkomen en bestrijden van licht slib,
STORA, Den Haag, 1988.
- [11] Eikelboom, D.H. en H.J.J. van Buijsen,
Handleiding voor microscopisch slibonderzoek,
STORA, Rijswijk, 1979.
- [12] Forster, C.F.,
The effect of centrifugal pumping on the physical characteristics of activated sludge,
Environmental Technology Letters, 9, 1988, 254–250.
- [13] Goddard, A.J. and C.F. Forster,
Surface tension of activated sludges in relation to the formation of stable foams,
Microbios, 46, 1986, 29-43.
- [14] Goddard, A.J. and C.F. Forster,
A further examination into the problem of stable foams in activated sludge plants,
Microbios, 50, 1987, 29-42.
- [15] Goddard, A.J. and C.F. Forster,
Stable foams in activated sludge plants,
Enzyme Microb. Technol., 9, 1987, 164-168.
- [16] Hart, M.A.,
Scum formation in a nutrient removing activated sludge plant,
Water SA, 11, 1985, 171–178.
- [17] Hiraoka, M. and K. Tsumura,
Suppression of the actinomycete scum production - A case study at Senboku
wastewater treatment plant,
Workshop IAWPRC: Design and operation of large wastewater treatment plants,
Wien, 1983, HIR 1 – HIR 8.
- [18] Lechevalier, H.A.,
Actinomycetes of sewage-treatment plants,
Report EPA-600/2-75-031, NTIS, 1975.
- [19] Lemmer, H.,
Mikrobiologische Untersuchungen zur Bildung von Schwimmschlamm auf
Kläranlagen,
Dissertation, Universität München, 1985.
- [20] Lemmer, H.,
The ecology of scum causing actinomycetes in sewage treatment plants,
Water Research, 20, 1986, 531–535.

- [21] Lemmer, H.,
Persoonlijke mededeling, 1988.
- [22] Lemmer, H., and M. Baumann,
Scum actinomycetes in sewage treatment plants - Part 2: The effect of hydrophobic substrate,
Water Research, 22, 1988, 761-763.
- [23] Loosdrecht, M.C.M. van, J. Lyklema, W. Norde, G. Schraa and A.J.B. Zehnder,
The role of bacterial cell wall hydrophobicity in adhesion,
Appl. and Environ. Microb., 53, 1987, 1893-1897.
- [24] Loosdrecht, M.C.M. van, W. Norde and A.J.B. Zehnder,
Influence of cell surface characteristics on bacterial adhesion to solid supports,
In: O.M. Neijssel, R.R. van der Meer and K.Ch.M. Luyben (Eds.),
Proc. 4th European Congress on Biotechnology, Vol. 4, 575-580,
Elsevier Science Publ. B.V., Amsterdam, 1987.
- [25] Lyklema, J.,
Grensvlakscheikunde,
Acad. Zwart Beertje, 1963.
- [26] Meeuwissen, J.,
Afvoer van de drijfslag van licht slib in een oxydatiesloot,
De Klaarmeester, 1982, 12-13.
- [27] Mori, T., Y. Sakai, K. Honda, I. Yano and S. Hashimoto,
Stable abnormal foam in activated sludge process produced by *Rhodococcus* sp. with strong hydrophobic property,
Environmental Technology Letters, 9, 1988, 1041-1048.
- [28] Mulder, J.W.,
Eerste voortgangsbericht inzake schuimen en drijfslagvorming op de rwzi Houtrust,
Hoogheemraadschap van Delfland, juli 1989.
- [29] National Science Foundation,
Literature Review, 1985. Niet gepubliceerd.
- [30] Niekerk, A. van, J. Kawakigashi, D. Reichlin, A. Malea and D. Jenkins,
Foaming in anaerobic digestors - a survey and laboratory investigation,
J. Wat. Pollut. Contr. Fed., 59, 1987, 249-253.
- [31] Pretorius, W.A. and C.J.P. Laubscher,
Control of biological scum in activated sludge plants by means of selective flotation,
Wat. Sci. Tech., 19, 1987, 1003-1011.

- [32] Pujol, R., Ph. Duchene, S. Schetrite and J.P. Canler,
Biological foams in activated sludge plants: characterization and situation,
Water Research, 25, 1991, 1399-1404.
- [33] Rosen, M.J.,
Surfactants and interfacial phenomena. Chapter 7: Foaming and antifoaming by
aqueous solutions of surfactants (p. 200-223),
John Wiley and Sons (1978).
- [34] Seviour, E.M., C.J. Williams, R.J. Seviour, J.A. Soddell and K.C. Lindrea,
A survey of filamentous bacterial populations from foaming activated sludge plants
in eastern states of Australia,
Water Research, 24, 1990, 493-498.
- [35] Sezgin, M., and P.R. Karr,
Control of actinomycete scum on aeration basins and clarifiers,
J. Wat. Pollut. Contr. Fed., 58, 1986, 972-977.
- [36] Slijkhuis, H.,
The physiology of the filamentous bacterium *Microthrix parvicella*,
Thesis, Landbouw Universiteit, Wageningen, 1983.
- [37] Soddell, J.A. and R.J. Seviour,
A Review: Microbiology of foaming in activated sludge plants,
J. of Applied Bacteriology, 69, 1990, 145-176.
- [38] Wheatly, A.D., K.A. Johnson and C.I. Winstanley,
Foaming in activated sludge plants treating dairy waste,
Environmental Technology Letters, 9, 1988, 181-190.

BIJLAGEN

BIJLAGE A ENQUETERESULTATEN

De Provinciale Waterstaat van Utrecht heeft in februari 1985 de waterkwaliteitsbeheerders geënquêteerd inzake schuim- en/of drijfslagvorming op rwzi's. Informatie over het aantal rwzi's met dit soort problemen wordt in tabel A1 gegeven. Bij de enquête werd niet gevraagd de problemen nader te omschrijven, waardoor geen onderscheid tussen schuimvorming en drijfslagen gemaakt kan worden. Ook ontbreken gegevens over de omvang van de problemen en de hinder die hiervan werd ondervonden.

Wel werd geïnformeerd naar de toepassing, inclusief het bereikte resultaat, van maatregelen gericht op het bestrijden van schuim en/of drijfslagen. Hierbij werden de volgende maatregelen genoemd:

- | | |
|---|---------|
| • versproeien van of spuiten met effluent | 11 maal |
| • anti-schuimolie | 7 maal |
| • afromen | 4 maal |
| • opsporen industriële lozingen | 3 maal |
| • bestrijden licht slib | 3 maal |
| • minder beluchten | 2 maal |
| • extra beluchten | 1 maal |
| • belasting verlagen | 1 maal |
| • droge-stofgehalte verhogen | 1 maal |
| • Al-oplossing toevoegen | 1 maal |

De op de enquêteformulieren vermelde informatie over het effect van deze maatregelen was meestal zo summier dat een nadere uitwerking hiervan niet mogelijk is.

beheersinstantie	aantal actief-slibinrichtingen	waarvan met drijfslag/schuim 1)
Alm en Biesbosch	6	0
Amstel- en Gooiland	8	1
Amsterdam	5	1
Delfland	4	1
Drenthe	20	9
Friesland	29	2
Groningen	29	0
Hol. Eilanden en Waarden	40	0
Limburg	18	0
Oost-Brabant	16	3
Oost-Gelderland	18	2
Regge en Dinkel	25	5
Rijnland	27	6
Rivierenland	18	0
Schieland	4	0
Uitwaterende Sluizen	17	8
Utrecht	23	3
Veluwe	20	7
West-Brabant	19	5
West-Overijssel	17	3
Zeeland	24	0
Totaal	387	56

1) Variërend van incidentele, beperkte schuimvorming tot permanente, dikke drijfslagen.

Tabel A.1 Resultaat van een enquête naar het optreden van schuim en/of drijfslagen.

Inhoud

	pag.	
1	INLEIDING	2
2	INFORMATIE OVER DE RWZI'S	3
3	UITVOERING EN RESULTATEN	6
	3.1 Rossmiles test (influent)	6
	3.2 Gehalte aan detergenten (influent)	6
	3.3 Oppervlaktespanning (influent en slibfiltraat)	7
	3.4 Hydrofobie-testen (actiefslib)	8
	3.4.1 Uitschudden met een polair/apolair mengsel	8
	3.4.2 Contacthoekmetingen*	9
	3.4.3 Bepaling van de kritische oppervlaktespanning*	12
	3.4.4 Belletjesmethode*	12
4	BEPALING VAN DE SCUM INDEX (= SI)	14
5	DISCUSSIE	18
6	CONCLUSIES	20
7	REFERENTIES	21

* Door ing. D. van Deventer, KRI-TNO.

1 INLEIDING

Tijdens het voorjaar van 1988 is een breed, verkennend onderzoek uitgevoerd op de volgende carrousels:

- Geestmerambacht (Ge)
- Katwijk (Ka)
- Nijverdal (Nij)
- Hilvarenbeek (Hi)
- Nieuwveen (Ni)
- Woudenberg (Wo).

Op de drie eerstgenoemde carrousels was permanent een forse drijfslag aanwezig, op de overige drie - de referentiegroep - floeteerde het slib volgens de beheerders niet of nauwelijks. In alle zes rwzi's was de slibvolume-index hoog.

Het onderzoek werd uitgevoerd om na te gaan of tussen deze twee groepjes carrousels verschillen qua oppervlakte-actieve eigenschappen van influent en biomassa en het flotatiegedrag van de slibben aangetoond konden worden. In deze bijlage worden de resultaten samengevat en kort toegelicht.

2 INFORMATIE OVER DE RWZI'S

Tabel B.1 illustreert dat de controlegroep in feite toch niet zo'n goede referentie vormde. In tegenstelling tot de opgave van de diverse beheerders, werd bij het bezoek vastgesteld dat ook op deze rwzi's wel degelijk sprake was van beperkte drijfslaagvorming.

rwzi	Circuit	Nabezinktank	Bestrijding
Ge	volledig bedekt met een mobiele laag (10-30)	volledig bedekt (2-5)	brandspuiten
Ka	volledig bedekt met een vaste laag (10-40)	25% van het oppervlak bedekt (1-2)	geen
Nij	30% bedekt met een mobiele laag (2-5), de rest met schuim	50% bedekt (1-3)	<ul style="list-style-type: none"> • sproeien • extra rotor • afvangen ¹⁾
Hi	10-20 m drijfslaag (2-5) voor beluchter, op resterende deel een dunne slibfilm	schoon	geen
Ni	10 m drijfslaag (2-5) voor beluchter; beperkte schuimvorming op het resterende deel	75% bedekt (1-2)	geen
Wo	5 m drijfslaag (2-5) voor beluchter; grote bellen op het overige deel	schoon	sproeien

1) via een soort afroombog.

Tabel B.1 Drijfslaagvorming op de zes rwzi's; () = dikte drijfslaag in cm.

In tabel B.2 zijn enkele aspecten vermeld die mogelijk een rol zouden kunnen spelen. Het influent wordt overal "op de kop" van het circuit toegevoerd en dus direct gemengd, c.q. verdund met slib.

Het slecht functioneren van de slibindikker, waardoor de "lichtste vlokken" voortdurend gerecirculeerd worden, lijkt geen doorslaggevende rol te spelen.

In alle zes carroussels wordt simultane nitrificatie en denitrificatie nagestreefd. Overbelasting c.q. het niet volledig inzetten van de beschikbare beluchttingscapaciteit, leidde bij enkele carroussels tot onvolledige nitrificatie.

In de tabellen B.3 en B.4 zijn enkele eigenschappen van de biomassa vermeld. De hoge indexwaarden werden door *M. parvicella* en/of Type 0803 veroorzaakt. In de drijfslagen waren relatief meer *M. parvicella* draden aanwezig. Dit kan zowel op selectieve flotatie als op groei ter plaatse duiden. Overigens was het microscopisch beeld, op de aanwezigheid

van Type 1701 na (Hilvarenbeek), steeds karakteristiek voor laag-belaste actief-slibinrichtingen tijdens een voorjaarsperiode.

rwzi	Toevoer influent	Droge stof in het slibwater ¹⁾	Nitrificatie
Ge	kop circuit	gering ²⁾	onvolledig
Ka	kop circuit	5,5 g/l	volledig
Nij	kop circuit	6,9 g/l	volledig
Hi	kop circuit	gering ²⁾	onvolledig
Ni	kop circuit	4,7 g/l	onvolledig
Wo	kop circuit	8,8 g/l	onvolledig

1) retour naar circuit

2) praktisch helder

Tabel B.2 Enkele bedrijfsparameters.

rwzi	Circuit			Drijfslag	
	FI	dominerende draadvormers	structuur vlokken	FI	populatie
Ge	4	<i>M. parvicella</i>	agglomeraten	4+	meer <i>M. parvicella</i>
Ka	4/4+	<i>M. parvicella</i> Type 0803	agglomeraten	4+	meer <i>M. parvicella</i>
Nij	4+	Type 0803	agglomeraten	4+	meer <i>M. parvicella</i>
Hi	4	<i>M. parvicella</i> Type 1701	agglomeraten	4	idem circuit
Ni	4	<i>M. parvicella</i>	agglomeraten		niet bepaald
Wo	4	<i>M. parvicella</i> Type 0803	agglomeraten		niet bepaald

Tabel B.3 Microscopisch beeld [1].

rwzi	Droge stof		SVI		Droge stof in drijfslag
	VB	NB	VB	NB	
Ge	4,4	4,4	190	185	circa 45
Ka	6,4	6,3	125	125	circa 45
Nij	2,9	3,2	415	365	circa 30
Hi	3,4	1,9 ¹⁾	290	285	
Ni	3,6	3,7	205	200	
Wo	6,5	6,0	175	160	

1) laag door de heersende procesomstandigheden.

Tabel B.4 Droge-stofgehalten (g/l) en slibvolume-indices (ml/g).
 VB = vlak voor de beluchter(s)
 NB = vlak na de beluchter(s)

Alleen bij Hilvarenbeek was sprake van een groot verschil in droge-stofgehalten voor/na de beluchter, hetgeen betekent dat de mengverhouding influent : slib aanmerkelijk verschilde van die in de overige carroussels.

Het toevoeren van influent had geen grote invloed op de slibvolume-index.

De laatste kolom in tabel B.4 toont de zeer hoge droge-stofgehalten in deze tientallen cm's dikke drijfslagen. Drijfslagvorming kan dus leiden tot een situatie waarbij een groot gedeelte van de aanwezige biomassa niet meer aan het zuiveringsproces kan deelnemen.

3 UITVOERING EN RESULTATEN

Bij de proeven met influent, zijn steeds 24-uurs verzamelmonsters gebruikt, die direct voorafgaande aan het bezoek waren genomen.

Voor de effluenten en de slibben zijn steekmonsters genomen.

De uitvoering van de diverse testen is in de betreffende paragrafen vermeld.

3.1 Rossmiles test (influent)

Doel:

Nagaan of het influent gemakkelijk schuimt.

Methode:

Influent (250 ml) vanaf circa 100 cm hoogte in een maatcilinder (1 l) laten "kletteren" en vervolgens de hoogte en de levensduur van de schuimkraag meten [2]. Dit is een zeer gangbare methode om de stabiliteit van detergentenschuimen snel te testen.

Resultaat:

Bij alle influenten negatief, er ontstond geen schuimkraag.

3.2 Gehalte aan detergenten (influent)

Methoden:

- anionogene detergenten volgens protocol IMWB/SB/020 [7];
- niet ionogene detergenten volgens protocol IMWB/SB/022 [8];
- kationogene detergenten volgens het protocol beschreven in [5].

Resultaten:

Deze zijn vermeld in tabel B.5.

Conclusies:

Het gehalte aan detergenten in de influenten van de rwzi's met forse drijfblagen verschilde niet wezenlijk van dat in de influenten van de overige drie carroussels. De aangetoonde gehalten waren conform de verwachtingen. Er werd overigens niet nagegaan of de influenten

van deze rwzi's incidenteel veel hogere gehalten aan oppervlakte-actieve verbindingen bevatten.

rwzi	Anionogene	Kationogene	Niet-ionogene
Ge	15,0	N.A.	2,5
Ka	10,8	N.A.	3,3
Nij	7,9	N.A.	2,4
Hi	15,0	N.A.	7,6
Ni	35,6	N.A.	5,3
Wo	11,2	N.A.	2,3

Tabel B.5 Gehalten (mg/l) aan detergenten in de influenten.
N.A. = niet aantoonbaar.

3.3 Oppervlaktespanning (influent en slibfiltraat)

Doel:

Volgens sommige referenties spelen oppervlakte-actieve stoffen een rol bij het ontstaan van drijfslagen. De oppervlaktespanning is een maat voor de totaal aanwezige hoeveelheid oppervlakte-actieve verbindingen.

Methode:

Bepaling met behulp van een tensiometer (ring van Noüy).

Resultaten:

Zie tabel B.6. De oppervlaktespanning van een bepaald monster werd steeds twee maal bepaald: direct na het vullen van het meetvatje en circa 10 minuten later. Op $t = 10$ min. was de oppervlaktespanning vrijwel altijd lager dan op $t = 0$ min., waarschijnlijk door concentratie van de aanwezige oppervlakte-actieve stoffen in het grensvlak lucht/water na enige tijd.

Conclusies:

Er konden geen duidelijke verschillen tussen rwzi's met en zonder forse drijfslagen worden aangetoond. De oppervlaktespanning van het slibfiltraat (van slib uit het circuit) was steeds

lager dan die van de blanco, hetgeen betekent dat nog niet-gebonden oppervlakte-actieve verbindingen in de beluchtingsruimte aanwezig waren.

rwzi	Blanco	Influent	Slibfiltraat
Ge	73,4	39,0 → 36,3	71,6 → 69,4
Ka	73,5	39,8 → 38,4	70,3 → 70,0
Nij	73,2	44,4 → 43,1	65,8 → 64,3
Hi	73,6	43,4 → 41,0	64,9 → 63,0
Ni	72,8	33,8 → 34,3	68,3 → 66,5
Wo	73,2	36,4 → 36,3	69,0 → 69,6

*Tabel B.6 Oppervlaktetensionen (in 10^{-3} N.m^{-1})
... → .. = $t=0 \rightarrow t=10 \text{ min.}$*

3.4 Hydrofobie testen (actiefslib)

Het werkprogramma was in feite gebaseerd op de hypothese dat drijfslagen ontstaan doordat gestabiliseerde gasbelletjes zich hechten aan of ingevangen worden door de biomassa. Hechting van deze belletjes zal gemakkelijker plaatsvinden naarmate de biomassa hydrofober is. Een goede methode om de hydrofobiciteit van slib te meten, zou daarom van veel nut kunnen zijn, onder andere voor het beoordelen van de invloed van de bedrijfsomstandigheden op het ontstaan van drijfslagen.

Er was een aantal methoden beschikbaar om de hydrofobiciteit van materialen te meten. Aangezien het niet duidelijk was of deze methoden ook geschikt waren voor het onderzoek van heterogeen samengesteld materiaal als actiefslib, dat zowel hydrofiele als hydrofobe componenten bevat, is op bescheiden schaal geëxperimenteerd met enkele methoden.

3.4.1 Uitschudden met een polair/apolair mengsel

Methode [3]:

Het slib werd eerste gehomogeniseerd via een behandeling met een ultra turrax. Vervolgens werd 20 ml hexadecaan in een scheidtrechter gebracht waarna 15 ml gehomogeniseerd slib en 5 ml H₂O (of 5 ml gehomogeniseerde drijfslaag en 15 ml H₂O) werden toegevoegd. Het mengsel werd 2 min. geschud, waarna werd gewacht tot volledige fasenschei-

ding had plaatsgevonden. Vervolgens werd de verdeling van de biomassa over de beide fracties bepaald. Hydrofobe componenten zullen zich ophopen in de hexadekaanfractie.

Resultaten:

Deze zijn vermeld in tabel B.7.

rwzi	Materiaal	%
Ge	slib uit het circuit	75
	materiaal uit de drijf laag	76
Ka	slib uit het circuit	97
	materiaal uit de drijf laag	86
Nij	slib uit het circuit	89
	materiaal uit de drijf laag	86
Hi	slib uit het circuit	85
Ni	slib uit het circuit	67
Wo	slib uit het circuit	97

Tabel B.7 Fractie in de hexadekaan fase (in % van de totale hoeveelheid biomassa).

Conclusies:

De methode lijkt niet veel houvast te bieden. Alle onderzochte slibben bleken hydrofoob te zijn. Aangezien slibben uit laag-belaste rwzi's (met een stedelijk influent) vooral uit Gram-positieve bacteriën bestaan, en deze hydrofober zijn dan Gram-negatieve bacteriën [4], is dit resultaat niet echt opmerkelijk. Het is wel opvallend dat het materiaal uit de drijf lagen niet hydrofober lijkt te zijn dan het slib in suspensie.

3.4.2 Contacthoekmetingen

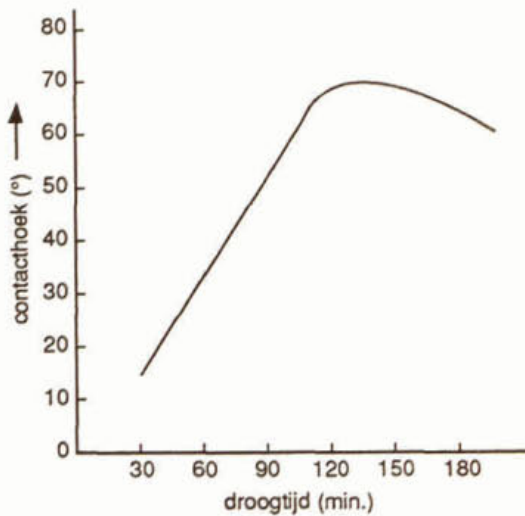
Methode:

Een druppeltje water (of een vloeistof met een andere oppervlaktetenspanning) wordt op een dunne, gedroogde slibfilm gebracht, waarna de hoek waaronder de vloeistof de slib laag raakt wordt gemeten. Deze hoek wordt de contacthoek genoemd. Op een hydrofiele ondergrond spreidt de druppel goed en is de contacthoek dus laag, op een uitgesproken hydrofoob oppervlak (bijvoorbeeld een ingevet objectglasje) blijft de druppel min of meer "staan" en is de hoek hoog. De contacthoek is dus groter naarmate het slib hydrofober is.

Problemen bij de uitvoering:

De toepassing van deze methode op actiefslib bleek niet zo eenvoudig te zijn. De problemen betroffen vooral:

- de slibfilm (op een 0,45 μm millipore filter) bevat direct na filtreren nog zeer veel gebonden water. De film is daardoor eerst hydrofiel, maar wordt hydrofober naarmate het preparaat langer wordt gedroogd (zie figuur B.1). Aangezien bekend is dat de waterbinding van slib tot slib kan verschillen, is iedere keuze van een bepaalde droogtijd arbitrair. Bij te lange droogtijden treedt bovendien scheurvorming in het preparaat op, waardoor de druppel direct wegzakt;



Figuur B.1 Voorbeeld van de invloed van de droogtijd op de contacthoek (Slib Katwijk).

- slib vormt, ook in een min of meer gedroogde toestand, een poreuze ondergrond. De opgebrachte druppel zal hierin wegzakken, waardoor de contacthoek schijnbaar verandert. De snelheid waarmee dit gebeurde, bleek van slib tot slib te verschillen. Om deze reden is de contacthoek steeds zo snel mogelijk na het opbrengen van de druppel bepaald;
- er wordt in feite gemeten nadat het water rondom de biomassa voor een belangrijk gedeelte via filtratie en verdamping is verwijderd. Dit levert nogal wat interpretatieproblemen op.

Resultaten:

Deze zijn vermeld in tabel B.8. De contacthoek was groter indien het slib eerst gehomogeniseerd werd (vergelijk II en III). De druppels zakten dan ook lang niet zo snel in het pre-

paraat weg. De standaardafwijkingen (zie serie III) tonen dat de metingen goed reproduceerbaar waren.

rwzi	Herkomst/ aard slib	I 1)	II 1)	III 1)		IV 1)		
		hoek	hoek	hoek	afname ²⁾	hoek	afname ²⁾	
Ge	in suspensie	67	80	45	(5)	+	67	±
Ge	drijfslag	78	100	75	(5)	±	78	±
Ge	bezinkbaar 3)	80	95	69	(6)	+	78	++
Ka	in suspensie	63	75	52	(6)	+	64	±
Ka	drijfslag	n.b.	n.b.	76	(2)	++/+	69	±
Ka	bezinkbaar	83	90	66	(7)	+	76	++
Nij	in suspensie	47	60	31	(4)	+++	67	+
Nij	drijfslag	69	70	55	(4)	+	71	±
Hi	in suspensie	59	75	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.
Ni	in suspensie	70	75	55	(5)	+	60	±
Wo	in suspensie	63	75	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.
TNO 4)	in suspensie	60	80	44	(4)	+++	> 65	n.b.
slib H ⁵⁾	in suspensie	36	50	22	(5)	++	64	++

n.b. = niet bepaald.

- 1) I: slib gehomogeniseerd, droogtijd 30 min., contacthoek met water
 II: slib gehomogeniseerd, droogtijd 90-120 min., contacthoek met water
 III: slib niet gehomogeniseerd, droogtijd 120 min., meting in vijfvoud, standaardafwijking tussen haakjes, contacthoek met water
 IV: slib niet gehomogeniseerd, droogtijd 240 min., contacthoek met glycerol.
- 2) maat voor de snelheid waarmee de druppel wegzakte (±/+++ langzaam/zeer snel).
- 3) fractie die bezinkt na SI-bepaling (zie paragraaf 3.5).
- 4) slib uit de oxydatiesloot van TNO.
- 5) slib uit een industriële carrousel.

Tabel B.8 *Initiële contacthoeken (meting binnen 5 à 10 sec. na het opbrengen van de druppel).*

Het slib uit de drijfslagen was steeds iets hydrofober dan het slib in suspensie in de betreffende rwzi's. Dit is dus in overeenstemming met de veronderstelling dat de hydrofobiciteit

een rol speelt. De verschillen in hydrofobiciteit tussen de slibben onderling kunnen echter niet gecorreleerd worden aan het wel/niet ontstaan van forse drijfslagen.

Ook bij deze methode bleken de meeste slibben overheersend hydrofoob van karakter te zijn. De kleinere contacthoeken met de slibben "Nijverdal" en "H" zijn vrijwel zeker het gevolg van het veel grotere percentage Gram-negatieve bacteriën in deze slibben. Het is niet duidelijk waarom dit verschil met druppeltjes glycerol ($\gamma = 63,4 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$; $\gamma_{\text{water}} = 72,8 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$) niet aangetoond kon worden. Mogelijk houdt dit verband met de veel langere droogtijd bij deze serie.

3.4.3 Bepaling van de kritische oppervlaktespanning

Methode:

Een reeks vloeistoffen, met een steeds hogere oppervlaktespanning, wordt op dunne, enigszins gedroogde slibfilmen gebracht. De kritische oppervlaktespanning ($= \gamma_c$) is de oppervlaktespanning van de vloeistof, waarbij voor het eerst een snelle vervloeiing van de druppel plaats vindt.

Resultaten en conclusies:

Er konden geen duidelijke verschillen in hydrofobiciteit tussen de onderzochte slibben worden aangetoond. Alleen slib "H" was ook nu weer hydrofieler dan de andere slibben.

3.4.4 Belletjesmethode

Methode:

Een filter met dunne laag afgefilterd slib wordt in een bekersglas met een bepaalde vloeistof gelegd. Vervolgens wordt nagegaan in hoeverre kleine luchtbelletjes hechten aan de slibfilm. Door de oppervlaktespanning van de vloeistof stapsgewijs te vergroten, kan de oppervlaktespanning waarboven geen hechting meer plaats vindt ($= \gamma_c$) worden bepaald. Het voordeel van deze methode is dat het slib niet wordt gedroogd, waardoor de "directe omgeving" van de biomassa minder wordt beïnvloed.

Er is alleen een verkennend onderzoek uitgevoerd met de slibben "TNO" en "Nijverdal". De oppervlaktespanning van de vloeistof in het bekersglas (mengsel methanol/water) werd stapsgewijs verhoogd van 26,6 tot 35,0 $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}$.

Resultaten en conclusies:

De resultaten waren nogal teleurstellend en strijdig met de uitkomsten van de andere hydrofobiciteitstoetsen. De belletjes hechtten totaal niet aan de slibfilm, hetgeen betekent dat beide slibben in dit vloeistofmilieu een veel hydrofieler gedrag vertoonden dan verwacht werd. Dit zou overigens het gevolg kunnen zijn van het hoge percentage methanol in de vloeistofreeks.

Dit onderzoek is niet verder voortgezet.

4 Bepaling van de Scum Index (= SI)

Doel:

Bij deze test wordt bepaald welk percentage van het actiefslib via flotatie met behulp van een fijnblazige beluchting kan worden afgescheiden.

Methode:

In een cylinder (h = 50 cm, doorsnede = 8 cm) met een beluchtingssysteem op de bodem wordt 2 l slib gebracht. Het slib wordt vooraf zonodig 1:1 of 1:2 verdund met effluent. Vervolgens wordt 15 min. belucht (10 l lucht/l slib.uur). Na een bezinkperiode van eveneens 15 min., wordt het geflooteerde materiaal via afzuigen verwijderd. Het volume van het niet-geflooteerde materiaal wordt met effluent weer aangevuld tot 2 l, waarna de procedure zo vaak wordt herhaald totdat geen slib meer flooteert. Door het uiteindelijk in de cylinder resterende droge-stofgehalte te vergelijken met dat van het uitgangsmateriaal, kan berekend worden welk percentage van de biomassa via flotatie is afgescheiden.

Uitvoering:

Op de diverse rwzi's werden steeds SI-bepalingen uitgevoerd met de volgende slibben:

- A. Actiefslib uit het circuit vlak voor de beluchter(s). Dit slib werd dus aan het eind van het lange, buitenste been van de carrousel bemonsterd. In dit been wordt meestal denitrificatie nagestreefd.
- B. Actiefslib uit het circuit direct na de beluchter(s). Deze bemonsteringsplaats impliceert dat het slib niet alleen intensief was belucht, maar ook gemengd was met influent.
- C. Idem B, maar na een extra denitrificatieperiode van 60 min. Hiertoe werd 100 mg NaNO_3 /l slib toegevoegd.
- D. Idem C, maar met 0,5 l influent/l slib teneinde de denitrificatie te stimuleren.
- E. Idem B, maar met 0,5 l influent/l slib en een beluchtingsperiode van 60 min. voorafgaande aan de SI-bepaling.
- F. In effluent gesuspendeerd materiaal uit de drijfslag.
- G. Idem F, maar na verwijdering van de gasbelletjes via vacuumzuigen.

Behalve de SI werd ook steeds de slibvolume-index van de diverse slibben bepaald.

Visuele waarnemingen

Bij het voor de eerste maal beluchten van de slibben ontstond steeds een donker gekleurde schuimkraag met een hoogte van 3-5 cm (bij Ge echter ruim 10 cm). Deze klonk binnen 15

min. in tot circa $\frac{1}{3}$ van de oorspronkelijke hoogte. Bij de slibben uit dezelfde rwzi (dus A t/m G, waren de verschillen qua schuimvorming in het algemeen gering, tussen de slibben uit verschillende rwzi's soms wel wat groter. Visueel beoordeeld, schuimden de slibben uit Geestmerambacht veruit het sterkst, overschuimen van de cylinder kon alleen via kunstgrepen worden voorkomen.

Na afscheiding van het gefloeteerd materiaal, werd het volume weer op 2 l gebracht. Bij het voor de tweede maal beluchten werd alleen bij de slibben uit Hilvarenbeek en Nijverdal (en Katwijk D) opnieuw een donkergetinte schuimkraag gevormd, bij de anderen was de kraag lichtgrijs ten teken dat nog maar zeer weinig slib floteerde. Bij de slibben "Hi" en "Nij" floteerde zelfs tijdens het voor de derde maal beluchten opnieuw slib; de hoeveelheid gefloeteerd materiaal werd echter bij iedere volgende beluchtingsperiode wel steeds kleiner.

Bij de slibben uit Geestmerambacht veranderde tijdens het beluchten de kleur van het slib in suspensie van bruinzwart in lichtgrijs. Dit suggereerde dat praktisch al het slib floteerde. Bij de slibben uit de andere rwzi's was deze kleurverandering lang niet zo uitgesproken.

De drijfslagen werden voor de SI-bepaling zeer sterk verdund met effluent (tot 2 à 3 g d.s./l). Een belangrijk gedeelte van het slib floteerde direct zodat gestart werd met beluchten. Dit werd ook verwacht. Het was echter opvallend dat ook slib G (= vooraf ontgaste drijfslag) sterk floteerde bij de SI-test.

Microscopisch onderzoek

De SI-test leidt tot twee fracties: slib in suspensie en gefloeteerd materiaal. Deze werden microscopisch onderzocht [1], waarbij vooral gelet werd op verschillen in aantal draadvormende bacteriën, c.q. selectieve flotatie van deze organismen. Bij Ge was dit zeer uitgesproken, ook bij Ka en Hi waren in de gefloeteerde fractie duidelijk meer draadvormende bacteriën aanwezig dan in het slib in suspensie. Bij Nij, Ni en Wo waren de verschillen minimaal.

Meetresultaten

De resultaten zijn samengevat in tabel B.9. De uitkomsten waren weinig consistent en riepen nogal wat nieuwe vragen op, met name over het effect van de diverse voorbehandelingen. Deze konden in het kader van dit project echter niet nader onderzocht worden. Het

was in elk geval niet zo dat de scum-indices van de slibben uit de rwzi's met forse drijfslagen steeds het hoogst waren. Enkele opmerkelijke punten:

- het materiaal uit de drijfslagen floteerde, ook na vooraf ontgassen, veel sterker dan het slib in suspensie uit dezelfde rwzi's;
- bij Ge was de SI steeds lager dan op basis van de visuele waarnemingen werd verwacht;
- vooral bij Ge en Hi leidde de verwijdering van de floteerbare fractie tot een spectaculaire daling van de slibvolume-index. Dit correspondeert goed met de microscopische waarnemingen;
- gelet op deze scum-indices lijkt het slib uit Hilvarenbeek uitermate flotatiegevoelig. Desondanks was op deze carrousel geen forse drijfslag aanwezig.

rwzi	Slib		SVI		SI
			voor SI	na SI 1)	
Ge	voor beluchter	(A)	190	45	26
	na beluchter	(B)	180	45	28
	na denitrificatie	(C)	200	n.b.	29
	na denitrificatie	(D)	2)	n.b.	40
	na extra beluchting	(E)	170	n.b.	19
	drijfslaag	(F)	2)	n.b.	100
	ontgaste drijfslaag	(G)	n.b.	n.b.	74
Ka	A		155	120	15
	B		160	135	28
	C		185	120	26
	D		2)	65	6
	E		125	75	6
	F		2)	n.b.	72
	G		n.b.	40	46
Nij	A		670	825	45
	B		525	825	75
	C		805	745	10
	D		2)	400	-
	E		845	765	16
	F		2)	130	92
	G		n.b.	715	62
Hi	A		290	130	71
	B		280	140	45
	C		325	140	38
	D		2)	-	78
	E		320	150	35
Ni	A		255	n.b.	3)
	B		230	n.b.	3)
	C		245	n.b.	3)
	D		2)	n.b.	3)
	E		265	n.b.	3)
Wo	A		175	-	-
	B		170	200	26
	C		195	165	10
	D		190	140	10
	E		155	145	-

- : bepaling mislukt; n.b. = niet bepaald

1) : de fractie die niet fleteerde

2) : slib fleteerde binnen 30 min.

3) : visueel: nauwelijks flotatie

Tabel B.9 SVI (ml/g) en SI (%) van de verschillende slibben.

5 DISCUSSIE

Het oriënteerde meetprogramma werd uitgevoerd teneinde het ontstaan van drijfslagen beter te leren begrijpen en tevens om meetinstrumenten te verkrijgen waarmee het effect van bepaalde bedrijfsomstandigheden op dit verschijnsel bepaald zou kunnen worden.

Deze doelstellingen zijn niet volledig gehaald. De basis onder het onderzoek viel in feite weg toen bleek dat ook in de referentie rwzi's sprake was van flotatie van slib. Het verschil tussen de twee groepjes rwzi's was dus kleiner dan gewenst is voor een vergelijkend onderzoek. In een later stadium (zie hiervoor het hoofdrapport) werd vastgesteld dat de aanwezigheid van veel *M. parvicella* draden en drijfslagvorming zeer nauw met elkaar zijn verbonden. Aangezien dit organisme ook in de referentieslibben massaal aanwezig was, past de drijfslagvorming in deze rwzi's in het algemene beeld.

Uitgaande van deze kennis zal, indien dit vergelijkend onderzoek herhaald wordt, met een andersoortige referentiegroep gewerkt moeten worden. Hierbij kan gedacht worden aan:

- vergelijking van de voorjaars- en de najaarssituatie in dezelfde rwzi's;
- vergelijking van carrousel met veel *M. parvicella* (plus drijfslagen) versus carrousel met nauwelijks draden en geen slibflotatie;
- vergelijking van carrousel die qua populatie van draadvormende bacteriën duidelijk van elkaar verschillen en waarbij *M. parvicella* in één groep praktisch ontbreekt. De combinatie: laagbelast + stedelijk afvalwater + veel draadvormende bacteriën (maar geen *M. parvicella*) komt echter praktisch nooit voor, zodat deze optie niet erg reëel is.

Het wel/niet aanwezig zijn van omvangrijke drijfslagen kon niet gerelateerd worden aan:

- de "schuimpotentie" van het influent (Rossmiles test);
- het gehalte aan drie groepen detergenten in het influent;
- de oppervlaktespanning van het influent en van het slibfiltraat;
- de hydrofobiciteit van het slib;
- de kritische oppervlaktespanning van het slib;
- het functioneren van de slibindikker.

Gelet op het voorafgaande, mogen aan deze uitkomsten echter geen conclusies worden verbonden en zijn de resultaten voornamelijk van belang voor eventuele vervolgonderzoeken.

Er kon wel worden vastgesteld dat het materiaal uit een drijfslag aanmerkelijk flotatiegevoeliger is dan het slib in suspensie uit dezelfde rwzi (zie SI-bepalingen en randhoekmetingen). Zelfs na het volledig verwijderen van de aanwezige gasbellen waren de in effluent gesuspendeerde drijfslagen nog extreem flotatiegevoelig. Het sterk hydrofobe ka-

rakter van dit materiaal en de aanwezigheid van (buitengewoon) veel *M. parvicella* bevestigen de invloed en de rol van dit organisme bij het ontstaan van drijfslagen. Dit verklaart tevens het slechts geringe succes dat in de praktijk geboekt wordt met versproeien/spuiten van water bij het bestrijden van drijfslagen. Het zodoende gesuspendeerde materiaal zal opnieuw floteren, waardoor alleen "verlanding" van de drijfslag wordt voorkomen.

De resultaten van de scum-index-bepalingen zijn zonder nader onderzoek niet eenduidig te verklaren. Bij enkele slibben (Geestmerambacht en Hilvarenbeek) leidde de flotatietest tot een uitgesproken fractionering van het slib, met de slibben uit Katwijk, Nieuwveen en Woudenberg was dit effect veel minder uitgesproken, terwijl het slib uit Nijverdal voor en na de SI-test even slecht bezonk. Ook anderszins (rol *M. parvicella* minder uitgesproken, lagere hydrofobiciteit) verschilde Nijverdal nogal van de overige rwzi's, waardoor de mogelijkheid niet is uitgesloten dat, naast draadvormende bacteriën, nog andere factoren een rol spelen bij de drijfslagvorming in deze rwzi.

6 CONCLUSIES

- A. Ook in de referentie rwzi's floteerde het actiefslib. Hiermee viel de basis onder dit vergelijkend onderzoek grotendeels weg. Er werd dientengevolge geen duidelijk "meet-instrument" verkregen waarmee het effect van bedrijfsomstandigheden op de vorming van drijfslagen beoordeeld kan worden.
- B. Gelet op de omvangrijke *M. parvicella* populatie in de referentieslibben, past de drijf-laagvorming in deze rwzi's overigens in het, in een later stadium, verkregen beeld over de oorzaken van flotatie van slib in carroussels.
- C. Materiaal uit de drijf laag is meer flotatiegevoelig en hydrofober dan het slib in suspensie uit dezelfde rwzi.
- D. De toepassingsmogelijkheid van de scum-index-bepaling bij het onderzoek van drijf-laagvorming vereist nader onderzoek.
- E. Door drijf laagvorming kan uiteindelijk zoveel slib aan het zuiveringsproces worden onttrokken, dat het functioneren van de rwzi ernstig wordt bedreigd.

7 REFERENTIES

1. Eikelboom, D.H. en H.J.J. van Buijsen.
Handleiding voor microscopisch slibonderzoek.
STORA, Rijswijk, 1979.
2. Lemaire, P.J.
Instituut voor reinigingstechnieken TNO.
Persoonlijke mededeling, 1988.
3. Lemmer, H.
Microbiologische Untersuchungen zur Bildung von Schwimmschlamm auf klären-
lagen.
Dissertation, Universität München, 1985.
4. Loosdrecht, M. van.
Vakgroep Microbiologie, LUW.
Persoonlijke mededeling, 1988.
5. Overzicht analysemethodieken.
Milieulaboratorium TAUW Infra Consult B.V., november 1987.
6. Pretorius, W.A. and C.J.P. Laubscher.
Control of biological scum in activated sludge plants by means of selective flotation.
Wat. Sci. Techn., 19, 1987, 1003-1011.
7. Werkvoorschrift (TNO) IMWB/SB/020: Bepaling van het gehalte methyleenblauw
actieve stof (MBAS) in detergenten volgens een methode beschreven in "Handbuch
Digital Photometer LPIW" van Dr. Lange (86/01) en Bundesgesetzblatt nr. 49 (12
december 1962).
8. Werkvoorschrift (TNO) IMWB/SB/022: Bepaling van niet-ionische oppervlakte-
actieve stoffen bij de proef inzake de biologische afbreekbaarheid.
Publicatieblad van de Europese Gemeenschap nr. L109, 1982.

BIJLAGE C BEPALING VAN DE SCUM INDEX OP DE RWZI KATWIJK**Toelichting**

Teneinde een indruk te krijgen van de mate waarin de SI in de loop van de tijd fluctueert, zijn door een stagiaire bij het Hoogheemraadschap van Rijnland metingen uitgevoerd op de rwzi Katwijk.

Uitvoering en resultaten

De bepalingen werden uitgevoerd volgens de in hoofdstuk 4 van bijlage B beschreven methode. Er werden de volgende combinaties toegepast:

A : 1 l slib + 1 l effluent \Rightarrow SI-E

B : 1 l slib + 0,5 l effluent + 0,5 l influent \Rightarrow SI-I.

Uit de resultaten (zie tabel C.1) kan een aantal conclusies worden getrokken:

1. De uitkomsten zijn redelijk reproduceerbaar (zie de resultaten van 6 en 7 februari).
2. Steek- en 24-uurs-verzamelmonsters influent leiden tot vergelijkbare uitkomsten.
3. De toevoeging van 25 vol.% influent veroorzaakt een duidelijk stijging van de SI.
4. De SI fluctueert van dag tot dag.
5. Het slib uit carrousel I floteerde bij de SI-bepaling in het algemeen sterker dan het slib uit het andere circuit.

Datum	Dag	Carrousel I		Carrousel II	
		SI-E	SI-I	SI-E	SI-I
06-02-1989	maandag ¹⁾	15 17 11	11	34	38
07-02-1989	dinsdag ¹⁾	24	33 33 38	14	34
08-02-1989	woensdag	29	38	19	24
09-02-1989	donderdag	17	38	23	25
10-02-1989	vrijdag	36	45	32	27
13-02-1989	maandag*	14	23	13	19
15-02-1989	woensdag	12	36	8	36
17-02-1989	vrijdag*	10	19	12	22
21-02-1989	dinsdag*	25	41	8	36
23-02-1989	donderdag*	24	41	12	22
gemiddeld		19,5	33	17,5	28

* Steekmonsters influent, op de overige dagen 24-uurs verzamelmonsters.

1) Op 06-02 en 07-02 werden respectievelijk de SI-E en de SI-I in triplo uitgevoerd teneinde de reproduceerbaarheid van de methode te bepalen.

Tabel C.1 SI-metingen op de rwzi Katwijk. Uitkomsten in %.

BIJLAGE D TWEEDE MEETPROGRAMMA

Inhoud

	pag.
1 DOELSTELLINGEN	2
2 UITVOERING	2
3 RESULTATEN EN DISCUSSIE	2
4 CONCLUSIES	9

1 DOELSTELLINGEN

Na afloop van het oriënterende meetprogramma (bijlage B) werd onder andere geconcludeerd dat het vergelijken van de flotatie-eigenschappen van slibben in april/mei met die in augustus/september informatie over het ontstaan van drijfslagen op zou kunnen leveren. De reden om juist het voorjaar met het najaar te gaan vergelijken was het feit dat de omvang van de *M. parvicella* populatie in veel rwzi's tijdens de zomer fors afneemt.

Dit programma werd gecombineerd met een onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden van de SI-test bij het beoordelen van de flotatiegevoeligheid van slib.

Tenslotte werd eveneens nagegaan of, net als bij het slib uit Katwijk (bijlage C), de toevoeging van influent consequent tot een toename van de SI leidt.

2 UITVOERING

Er werden steeds de volgende twee scum-indices bepaald:

- SI-E : mengsel van slib en effluent (1:1);
- SI-I : mengsel van slib, effluent en influent (1:0,5:0,5). Deze verhouding leidt tot 25 vol.% influent. Er werden steeds steekmonsters influent gebruikt.

Tijdens het voorjaar van 1990 werden 18 rwzi's bezocht, bij de herhaling in augustus/september werd volstaan - omdat de trend halverwege het onderzoek al volstrekt duidelijk was - met het uitvoeren van metingen op 9 rwzi's.

3 RESULTATEN EN DISCUSSIE

De resultaten zijn samengevat in de tabellen D.1 t/m D.6.

In april/mei 1990 was op de beluchtingsruimte van 15 van de 18 carrousels (83%) een drijfslag aanwezig; op 7 rwzi's (39%) was het oppervlak voor minimaal 50% bedekt met geflooteerd slib. In augustus/september van dat jaar was het aantal carrousels met drijfslagen gedaald tot 3 van de 9 (\Rightarrow 33%), waaronder slechts één (11%) met een forse drijfslag.

rwzi	Beluchtingsruimte			Nabezinktank	
	% bedekt	dikte (cm)	mobiel	% bedekt	dikte (cm)
Geestmerambacht	75 ²⁾	10-30	volledig	50	1
Wervershoof	100	25-50	gedeeltelijk	50	1-4 ¹⁾
Heemstede	75	ca. 10	volledig	10	≤ 1
Katwijk	70-90	10-20	gedeeltelijk ³⁾	< 10	1
Beemster	50 ²⁾	ca. 10	volledig	30	1-3
Leiden-N	40 ²⁾	1-5	volledig	< 10	1
Nijverdal	50-75 ²⁾	5-15	gedeeltelijk	10	≤ 1
Nieuwveen	10 ²⁾	1-5	volledig	100 ⁴⁾	5
Middelharnis	25 ²⁾	1-5	volledig	0	
Goedereede	10	5-10 ⁵⁾	neen ⁵⁾	10	≤ 1
Heenvliet	10 ²⁾	5	volledig	50	1-5 ¹⁾
Rijssen	5 ²⁾	1-3	volledig	0	
Almelo-S	5 ²⁾	5	volledig	10-25	1
Oude Tonge	< 5			0	
Oostvoorne	0 ⁶⁾			10	< 1
Hazerswoude-D	0			0	
Bodegraven	0			0	
Ridderkerk	0			0	

1) sommige delen "gedroogd".

2) op resterende oppervlak (vrij) veel schuim.

3) in de benen waar de beluchters in bedrijf zijn.

4) drijfslag was in het voorafgaande weekend uit de beluchtingsruimte in de nabezinktank gestroomd.

5) kap op beluchters; rand tot onder het water oppervlak ⇒ al het drijvend materiaal wordt tegengehouden.

6) wel wat schuim op het oppervlak.

Tabel D.1 Omvang drijfslagvorming (voorjaar).

rwzi	Overloop naar nabezinktank		Bestrijding drijfslag
	plaats	duikschot	
Geestmerambacht	achter aan buitenbeen	neen	a, b
Wervershoof	achter aan buitenbeen	neen	a, c
Heemstede	voor de beluchters	ja	a
Katwijk	achterin de kop	neen 1)	
Beemster	achteraan buitenbeen	ja	a, b
Leiden-N	vlak voor beluchter	ja	
Nijverdal	voor de beluchter	ja	a, c, d
Nieuwveen	vlak voor beluchter	neen	
Middelharnis	vlak voor beluchter	neen	
Goedereede	vlak voor beluchter	neen	
Heenvliet	vlak voor beluchter	neen	
Rijssen	voor de beluchter	soms	
Almelo-S	na beluchter	ja	a
Oude Tonge	vlak voor beluchter	neen	
Oostvoorne	vlak voor beluchter	neen	
Hazerswoude-D	vlak voor beluchter	neen	
Bodegraven	vlak voor beluchter	neen	
Ridderkerk	vlak voor beluchter	neen	

- 1) door de situering van de overloop (achterin de kop van de carrousel) kan gefloteerd materiaal het circuit echter niet verlaten.
- 2) a = sproeien/spuiten van water vlak voor de beluchter
 b = sproeien/spuiten van water elders op circuit
 c = extra beluchters in circuit
 d = afroominstallatie in het circuit

Tabel D.2 Enkele bedrijfsomstandigheden.

rwzi	Omvang probleem ¹⁾		cm schuim bij SI ²⁾		SI (%)		SVI ³⁾ (ml/g)		
	B	NBT	SI-E	SI-I	E	I	B	E	I
Geestmerambacht	+++	++	4,5 (1)	5 (2)	65	84	390	120	75
Wervershoof	+++	++	3,5 (1)	3 (1)	39	76	320	110	70
Heemstede	+++	±	1,5 (1)	1,5 (1)	21	21	210	200	170
Katwijk	+++	±	-	1 (3)	18	31	> 380	380	490
Beemster	++	+	2 (1)	3 (2)	40	66	460	170	150
Leiden-N	++	±	0,5 (1)	0,5 (1)	20	33	270	210	210
Nijverdal	++	±	-	1 (3)	10	50	500	410	330
Nieuwveen	±	+++	1 (1)	1 (1)	8	20	270	160	140
Middelharnis	+	-	-	-	23	29	230	170	170
Goedereede	±	±	-	0,5 (1)	9	21	150	140	120
Heenvliet	±	++	-	1,5 (1)	8	49	150	150	120
Rijssen	±	-	-	2 (1)	< 5	33	140	130	110
Almelo-S	±	+	-	1 (2)	7	40	270	150	140
Oude Tonge	±	-	-	1,5 (2)	8	38	95	95	90
Oostvoorne	-	±	-	1,5 (1)	17	46	160	140	150
Hazerswoude-D	-	-	-	-	< 5	12	110	100	120
Bodegraven	-	-	-	0,5 (2)	5	22	320	310	210
Ridderkerk	-	-	-	0,5 (1)	< 5	15	150	140	130

- 1) B = beluchttingsruimte; NBT = nabezinktank;
-, ±, +, ++, +++ = 0, 5, 25, 50 en 75-100% van het oppervlak bedekt.
- 2) hoogte schuimkraag bij de eerste SI-test; - = < 0,5 cm; tussen haakjes: aantal malen dat de flotatietest herhaald werd met hetzelfde slib.
- 3) E en I: SVI van de slibben die niet floteerden bij de SI-test.

Tabel D.3 Omvang probleem (zie ook tabel D.1), scum-indices en slibvolume-indices (voorjaar).

rwzi	Filament-Index ¹⁾			Dominant in de beluchtingsruimte
	A	B	C	
Geestmerambacht	4/4+	4+	3	<i>M. parvicella</i>
Wervershoof	4	4+	3	<i>M. parvicella</i>
Heemstede	3	3/4	3	<i>M. parvicella</i> ²⁾
Katwijk	4/4+	4/4+	4/4+	Type 0803
Beemster	4	4	4	<i>M. parvicella</i>
Leiden-N	3/4	4	3	<i>M. parvicella</i> ²⁾
Nijverdal	4+	4+	4+	Type 0803
Nieuwveen	4	4/4+	3/4	<i>M. parvicella</i>
Middelharnis	4	4/4+	4	<i>M. parvicella</i>
Goedereede	3/4	4	3	<i>M. parvicella</i> ²⁾
Heenvliet	3/4	4	3	<i>M. parvicella</i>
Rijssen	2/3	3	2	geen
Almelo-S	4	4	3	<i>M. parvicella</i> ²⁾
Oude Tonge	2/3	3/4	2	<i>M. parvicella</i> ²⁾
Oostvoorne	3	3/4	3	<i>M. parvicella</i>
Hazerswoude-D	3	3/4	3	Type 0041 + Type 021N
Bodegraven	4	4	3/4	Type 0803 + Type 0914
Ridderkerk	3/4	4	3/4	<i>M. parvicella</i>

1) schaal 0-4+ = geen - zeer veel draadvormende bacteriën.

2) niet uitgesproken dominant.

Tabel D.4 Invloed van de SI-test op de populatie-omvang van draadvormende bacteriën (voorjaar).

A = slib in de beluchtingsruimte

B = slib dat floteerde bij de SI-test

C = slib dat bezonk na de SI-test

rwzi	grootte drijfslag	FI	<i>M. parv.</i> dominant	SI (%)		SVI (ml/g)		
				E	I	B	E	I
Geestmerambacht	+++	4	+	90	67	260	-	170
Wervershoof	+	3	+	8	41	205	160	115
Beemster	-	3		0	56	155	145	145
Heemstede	-	2		0	0	125	130	130
Katwijk	+	4		3	29	225	200	160
Leiden	-	2		0	0	145	130	130
Oude Tonge	-	3	(+) ¹⁾	0	47	110	115	85
Middelharnis	-	4		11	30	165	150	170
Goedereede	-	3		0	0	145	145	145

1) niet uitgesproken dominant.

Tabel D.5 Resultaten van het onderzoek in augustus/september.

rwzi	Drijfslag		SI-E		SI-I		FI		<i>M. parv.-D</i> ¹⁾	
	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N
Geestmerambacht	+++	+++	65	90	84	67	4+	4	+	+
Wervershoof	+++	+	39	8	76	41	4+	3	+	+
Beemster	++	-	40	0	66	56	4	3	+	
Heemstede	+++	-	21	0	21	0	4	2	+	
Katwijk	+++	+	18	3	31	29	4+	4		
Leiden	++	-	20	0	33	0	3	2	+	
Oude Tonge	±	-	8	0	38	47	3	3	+	±
Middelharnis	+	-	23	11	29	30	4	4	+	
Goedereede	+	-	9	0	21	0	4	3	+	

1) *M. parvicella* dominant.

Tabel D.6 Vergelijking voorjaar (V) en najaar (N).

Na de zomerperiode was alleen bij het slib uit Geestmerambacht de SI-E nog hoog, de overige slibben floteerden niet/nauwelijks bij de SI-test. De *M. parvicella* populatie vertoont een vergelijkbare ontwikkeling, hetgeen aansluit bij de conclusies van het hoofdrapport.

Er was geen duidelijk verband tussen de grootte van de drijfslag op de beluchtingsruimte en die op de nabezinktank (tabel D.1: N.B.: Tijdens het najaar was het oppervlak van de nabezinktanks praktisch schoon). Dit betekent dat naast de flotatiegevoeligheid van het slib nog meer factoren een rol spelen bij het ontstaan van drijfslagen op nabezinktanks. Het wel/niet aanwezig zijn van een duikwand bij de overloop van de beluchtingsruimte naar de nabezinktank speelt hierbij in elk geval een rol, hetgeen de "carrousel Nieuwveen", waar zo'n duikwand ontbreekt, treffend illustreert. Op deze rwzi was in het weekend voorafgaande aan de metingen in mei 1990 de drijfslag grotendeels vanuit de beluchtingsruimte naar de nabezinktank gestroomd.

Bij een niet te sterke flotatiegevoeligheid van het slib (SI-E = 10 à 20%) lijkt de aanwezigheid van een duikwand tevens een grote rol te spelen bij het ontstaan van een drijfslag op het circuit:

Heemstede	SI-E = 21%	}	gefloteerd materiaal kan niet wegstromen; drijfslag ++/+++
Katwijk	SI-E = 18%		
Leiden-N	SI-E = 20%		
Nijverdal	SI-E = 10%		
Middelharnis	SI-E = 23%	}	geen duikwand: drijfslag \pm /+
Oostvoorne	SI-E = 17%		

Bij een SI-E > circa 40% was deze factor niet meer doorslaggevend en was steeds een drijfslag aanwezig. De SI-E is dus een nuttig instrument om de flotatiegevoeligheid van slib, in relatie tot de kans op het ontstaan van drijfslagen, vast te stellen.

Overigens kan nog worden opgemerkt dat de combinatie: overloop vlak voor de beluchter plus het ontbreken van een duikwand aldaar, de kans op de ophoping van flotatiegevoelig materiaal in het circuit sterk zal verminderen. De rwzi Katwijk vormt het andere uiterste. Op deze carrousel is de overloop in de kop achter de beluchters gesitueerd, waardoor gefloteerd materiaal opgesloten is in het circuit en een drijfslag zeer gemakkelijk zal ontstaan. In de loop van 1990 is op de rwzi de "slibblokkade" voor de beluchters opgeheven door de beluchttingsintensiteit op te voeren. De drijfslag is vervolgens verdwenen en ook in 1991 niet meer teruggekomen.

Net als bij de SI-metingen op de rwzi Katwijk, werd ook nu vastgesteld dat door de toevoeging van 25 vol.% influent (SI-I) het slib veel sterker floteerde. Het is niet helemaal duidelijk welke waarde aan dit gegeven toegekend moet worden. Onder praktijkomstandigheden is het volumepercentage influent, op de plaats waar afvalwater en slib gemengd worden, meestal kleiner dan 5 à 10%. Het flotatieversterkend effect is dus mogelijk overeenkomstig kleiner; er kon ook geen verband tussen de SI-I en het optreden van drijfslagen worden vastgesteld. In selectoren voor licht-slibbestrijding is echter wel sprake van hoge volumepercentages influent.

Vooraf bij de slibben uit carroussels met forse drijfslagen, leidde de SI tot een fractionering van het slib. De bezinkeigenschappen van het niet gefloeterde materiaal waren meestal aanmerkelijk beter dan die van het slib in de beluchtingsruimte, hetgeen de rol van draadvormende bacteriën bij het ontstaan van drijfslagen weer bevestigt.

Op zes carroussels werd geprobeerd de aanwezige drijfslag te bestrijden via versproeien/spuiten van water, extra beluchting, enz. Op al deze carroussels was een forse drijfslag aanwezig (voorjaar). Hieraan kan een merkwaardige conclusie worden verbonden, maar het illustreert in elk geval dat de getroffen maatregelen niet toereikend waren om het probleem op te lossen. Er werd wel een "verlanding" van de drijfslag mee voorkomen.

4 CONCLUSIES

- A. Tussen april/mei 1990 en augustus/september 1990 nam de omvang van het drijfslagprobleem fors af, daalde de SI-E van de slibben in veel rwzi's tot 0% en verloor *M. parvicella* haar dominante positie in de meeste slibben. Deze drie ontwikkelingen zijn vrijwel zeker onlosmakelijk met elkaar verbonden.
- B. De SI-E (de SI van 1:1 met effluent verdund slib) is een goed meetinstrument om de kans op het ontstaan van drijfslagen te beoordelen. Globaal kunnen drie groepen worden onderscheiden:
- SI-E > 30 à 40%: altijd drijfslagvorming;
 - SI-E 10 à 20%: de aanwezigheid van een duikwand in de overloop is in belangrijke mate bepalend voor het wel/niet ontstaan van een drijfslag op de beluchtingsruimte;
 - SI-E < 5 à 10%: kans op drijfslagvorming gering.

- C. De toevoeging van 25 vol.% influent (\rightarrow SI-I) leidde vrijwel steeds tot een sterke toename van de scum-index. Mede gelet op de toegepaste mengverhoudingen van slib en influent in selectoren voor licht-slibbestrijding, dient deze waarneming nader onderzocht te worden.

**BIJLAGE E POPULATIES VAN DRAADVORMENDE BACTERIËN TIJDENS
HET VOOR- EN NAJAAR**

Draadvormende organismen	FI = 2		FI = 3		FI = 4	
	V	N	V	N	V	N
<i>M. parvicella</i>	7 (5)	7 (9)	16 (3)	7 (9)	26 (1)	5 (6)
Actinomyceten	(2)	(2)	1 (1)	(1)	1	(1)
<i>N. limicola</i>	1 (1)	1	(1)	1 (3)	(1)	2 (2)
<i>H. hydrossis</i>	(5)	(10)	(4)	(11)	(6)	(6)
"Cyanophyceae"		1				
<i>L. longa</i>	1					
Type 0803	(2)	(3)	(3)	(3)	2 (5)	5 (2)
Type 1851	1 (3)	1 (4)	(4)	2 (3)	(6)	2
Type 021N	(3)	1 (3)	2 (3)	2 (4)	(3)	(4)
Type 0041/0675	1 (7)	2 (15)	1 (8)	2 (12)	(11)	1 (7)
Type 0092	(1)	1 (5)	(2)	1 (10)	(5)	1 (7)
Type 0914				(1)		(2)
Type 1701		(1)		(1)		(1)
diverse typen ¹⁾	(9)	(9)	(6)	(2)	(2)	
geen ²⁾	9	14	2 (4)	6	(9)	1
n rwzi's	20	27	22	18	27	11

- 1) verschillende soorten, maar met een lage frequentie → daarom niet gespecificeerd in de betreffende slibben.
- 2) het ontbreken van secundaire soorten betekent dat één draadvormer uitgesproken dominant aanwezig was in het betreffende slib.

Tabel E.1 Aantal rwzi's waarin een bepaald draadvormend organisme dominant (tussen haakjes: secundair) in het gesuspendeerde slib aanwezig was.
V = voorjaar; N = najaar

Draadvormende organismen	FI = 2		FI = 3		FI = 4	
	V	N	V	N	V	N
<i>M. parvicella</i>	35 (25)	26 (33)	73 (14)	39 (50)	96 (4)	36 (56)
Actinomyceten	(10)	(7)	5 (5)	(6)	4	(9)
<i>N. limicola</i>	5 (5)	4	(5)	6 (17)	(4)	18 (18)
<i>H. hydrossis</i>	(25)	(37)	(18)	(61)	(22)	(56)
"Cyanophyceae"		4				
<i>L. longa</i>	5					
Type 0803	(10)	(11)	(14)	(17)	7 (19)	46 (18)
Type 1851	5 (15)	4 (15)	(18)	11 (17)	(22)	18
Type 021N	(15)	4 (11)	9 (14)	11 (22)	(11)	(36)
Type 0041/0675	5 (35)	7 (56)	5 (36)	11 (67)	(41)	9 (64)
Type 0092	(5)	4 (19)	(9)	6 (56)	(19)	9 (64)
Type 0914				(6)		(18)
Type 1701		(4)		(6)		(9)
diverse typen	(45)	(33)	(27)	(11)	(7)	
geen	45	52	9 (18)	33	(33)	9
n rwzi's	20	27	22	18	27	11

Tabel E.2 Percentage van het aantal rwzi's waarin een bepaald draadvormend organisme dominant (tussen haakjes: secundair) in het gesuspendeerde slib aanwezig was.
V = voorjaar; N = najaar

Draadvormende organismen	FI = 2		FI = 3		FI = 4	
	V	N	V	N	V	N
<i>M. parvicella</i>		(1)	1 (2)	3	27	8 (2)
Actinomyceten			(1)	1	4 (1)	5 (2)
<i>N. limicola</i>			1		(3)	2 (1)
"Cyanophyceae" ¹⁾						1
Type 0803		(1)			2	(3)
Type 0041/0675		(1)	(1)		(7)	(2)
<i>H. hydrossis</i>		(1)			(1)	(2)
Type 1851					(1)	(1)
Type 021N					(1)	(1)
Type 0092						(1)
diverse typen		(1)		(1)		(1)
geen		2	1 (1)	(2)	(18)	(7)
n rwzi's	0	2	3	3	28	14

1) in combinatie met actinomyceten.

Tabel E.3 Aantal rwzi's waarin een bepaald draadvormend organisme dominant (tussen haakjes: secundair) in de drijfslaag aanwezig was.
V = voorjaar; N = najaar

Organismen	Voorjaar	Najaar
<i>M. parvicella</i>	94 (6)	65 (12)
Actinomyceten	10 (6)	35 (12)
<i>N. limicola</i>	6 (10)	12 (6)
"Cyanophyceae"		6
Type 0803	6 (3)	(18)
Type 0041/0675	(26)	(12)
<i>H. hydrossis</i>	(3)	(12)
Type 1851	(3)	(6)
Type 021N	(3)	(6)
Type 0092		(6)
diverse typen		(6)
geen	3 (52)	(53)
n rwzi's	31	17

Tabel E.4 *Percentage van het aantal rwzi's waarin een bepaald draadvormend organisme dominant (tussen haakjes: secundair) in de drijfslag aanwezig was. N.B.: Alleen drijfslagen met een FI ≥ 3 .*

Organisme	Slib in suspensie; FI \geq 3		In rwzi's met drijf laag	
	alle rwzi's	geen drijf laag	in suspensie	drijf laag
<i>M. parvicella</i>	86 (8)	71 (12)	84 (13)]	94 (6)
Actinomyceten	4 (2)	6	3 (6)	10 (6)
<i>N. limicola</i>	(4)		3 (6)	6 (10)
Type 0803	4 (16)	(12)	6 (23)	6 (3)
Type 0041/0675	2 (39)	(29)	3 (45)	(26)
Type 021N	4 (12)	12 (6)	(13)	(3)
<i>H. hydrossis</i>	(20)	(18)	(23)	(3)
Type 1851	(20)	(24)	(16)	(3)
Type 0092	(14)	(18)	(10)	
diverse typen	(16)	(29)	(6)	
geen	4 (27)	12 (24)	6 (26)	3 (52)
n rwzi's	49	17	31	31

Tabel E.5 Percentage van het aantal rwzi's waarin een bepaald draadvormend organisme tijdens het voorjaar dominant (tussen haakjes: secundair) aanwezig was.

Organisme	Slib in suspensie; FI \geq 3		In rwzi's met drijfslaag ¹⁾	
	alle rwzi's	geen drijfslaag	in suspensie	drijfslaag
<i>M. parvicella</i>	38 (52)	25 (63)	47 (21)	63 (16)
Actinomyceten	(7)		(21)	32 (11)
<i>N. limicola</i>	10 (17)	(19)	16 (11)	11 (5)
Type 0803	17 (17)	6 (25)	16 (11)	(21)
Type 0041/0675	10 (66)	6 (81)	11 (42)	(16)
Type 021N	7 (28)	6 (31)	5 (21)	(5)
<i>H. hydrossis</i>	(59)	(75)	(42)	(16)
Type 1851	14 (10)	13 (19)	16 (11)	(5)
Type 0092	7 (59)	6 (69)	(42)	(5)
"Cyanophyceae"			5	5
Type 0914	(10)	(19)		
Type 1701	(7)	(13)		
diverse typen	(7)		(37)	(16)
geen	24	44	16	11 (53)
n rwzi's	29	16	19	19

1) omvat ook een aantal rwzi's met een FI = 2

Tabel E.6 Percentage van het aantal rwzi's waarin een bepaald draadvormend organisme tijdens het najaar dominant (tussen haakjes: secundair) aanwezig was.

