De fysiologie van Microthrix parvicella, een draadvormige bacterie, die in laagbelaste actief-slibinstallaties licht slib kan veroorzaken



DR. IR. H. SLIJKHUIS
Gist Brocades
Delft



DR. M. H. DEINEMA
Vakgroep Microbiologie
LH Wageningen



IR. J. J. F. M. JONGENEEL

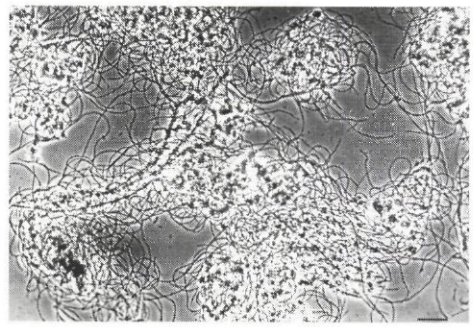


IR. G. DE MAN

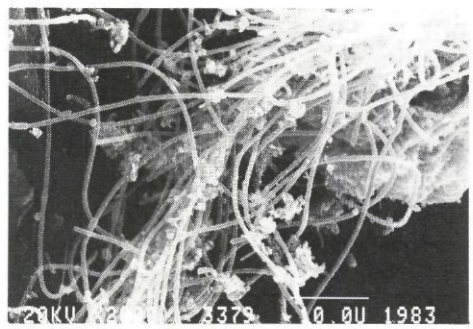
1. Inleiding

Licht slib is een veel voorkomend verschijnsel bij de aërobe waterzuivering met behulp van actief slib. Doordat het lichte slib te langzaam bezinkt, verloopt de scheiding van het slib-watermengsel slecht, waardoor een deel van het slib met het effluent kan verdwijnen. Meestal is een sterke groei van draadvormige bacteriën de oorzaak van licht slib. Vele bacteriesoorten kunnen hiervoor verantwoordelijk zijn, zoals onder andere uit de publikaties van Eikelboom [1, 2, 3] blijkt. De eigenschappen van deze bacteriën zijn echter nog grotendeels onbekend en men beschikt ook meestal niet over reincultures van deze organismen. De microbiologische samenstelling van actief slib, met inbegrip van de draadvormige organismen, wordt bepaald door de samenstelling van het afvalwater, de wijze waarop het proces wordt uitgevoerd (zuurstofvoorziening, menging, slibbelasting) en de fysiologische eigenschappen van de micro-organismen.
In laagbelaste actief-slibsystemen, met name oxydatiesloten gevoed met huishoudelijk afvalwater, komt regelmatig licht slib voor, dat veroorzaakt wordt door een sterke groei van de draadvormige bacterie *Microthrix parvicella* (afb. 1 en afb. 2). Gezien het grote aantal installaties dat problemen heeft met dit organisme, is van 1979-1983 bij de vakgroep Microbiologie van de Landbouwhogeschool te Wageningen een uitgebreid onderzoek verricht naar de fysiologie van *M.parvicella* [4, 5, 6]. Uit dit onderzoek is duidelijk geworden dat de groei van deze draadvormige bacterie in zuiveringsinstallaties afhankelijk is van de aanwezigheid van vethoudend afvalwater, zoals huishoudelijk afvalwater, en van de zuurstofconcentratie in het slib-watermengsel.
Het organisme heeft voor zijn groei hogere vetzuren, in het bijzonder oliezuur, nodig en een gereduceerde stikstof- en een gereduceerde zwavelbron en deze zijn alleen aanwezig bij een lage zuurstofconcentratie in het slib-watermengsel.

Afb. 1 en 2 - M.parvicella draden in actief-slibvlokken. Opname gemaakt met fasecontrastmicroscoop (afb. 1). Opname gemaakt met rooster-electronenmicroscoop, maatstreep is 10 µm (afb. 2).



Afb. 1.



Afb. 2.

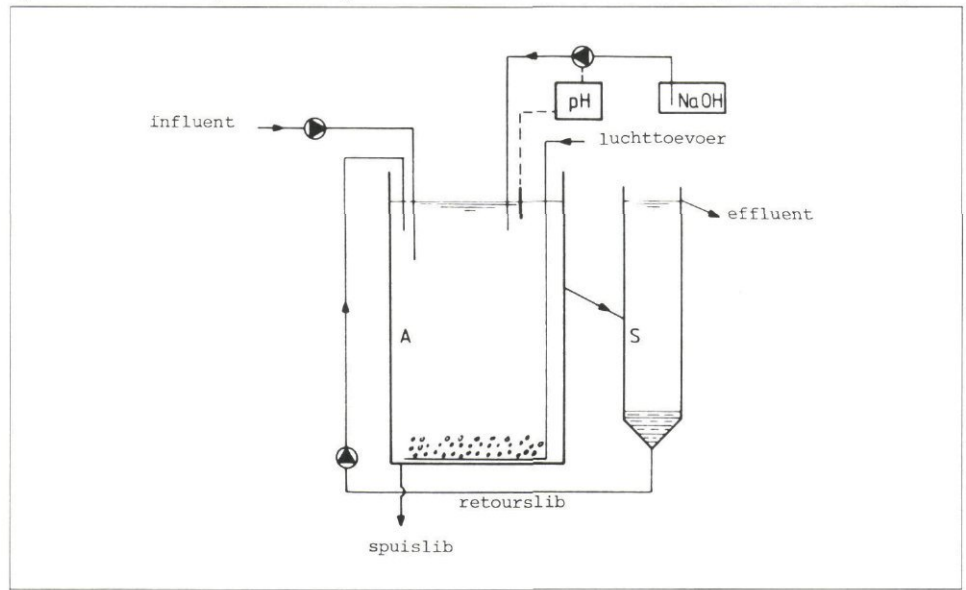
2. Experimenteel gedeelte

M.parvicella blijkt een merkwaardige substraatbehoefte te hebben: alleen hogere vetzuren (bij voorkeur in veresterde vorm) worden gebruikt als C- en energiebron. Eenvoudige koolstofbronnen zoals suikers en verschillende organische zuren kunnen in het geheel niet als substraat dienen. Lagere vetzuren en glycerol kunnen slechts samen met een hoger vetzuur als substraat worden benut.
Zoals reeds vermeld veroorzaakt een sterke groei van *M.parvicella* vaak licht slib en daarom zijn er tegelijk met het onderzoek naar de fysiologische eigenschappen van deze draadvormige bacterie ook een aantal experimenten met actief slib uitgevoerd.

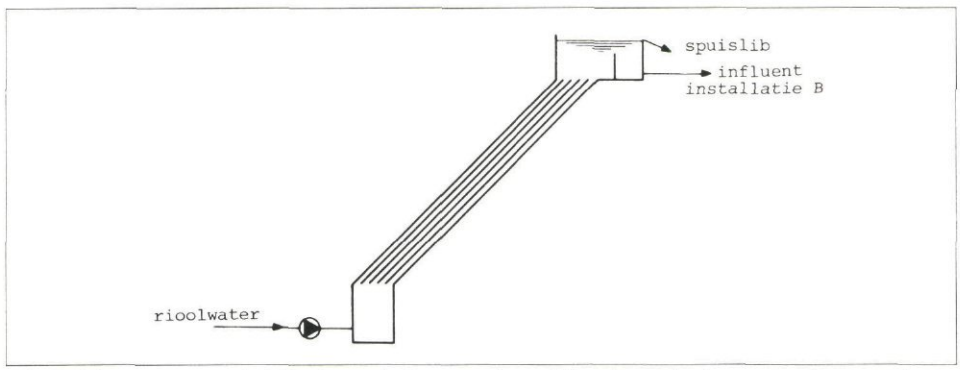
2.1. *Twee experimenten met actief slib op semi-technische schaal*

Huishoudelijk afvalwater kan een aanzienlijke hoeveelheid vetachtig materiaal bevatten namelijk 20-150 mg/l en dit kan 13-25% van de organische fractie vormen [7, 8]. Er is daarom geprobeerd dit vetachtige materiaal uit het rioolwater te verwijderen om vervolgens na te gaan of *Microthrix* in de installatie gevoed met dit afvalwater zonder vet ook goed wilde groeien.
Twee experimenten op semi-technische schaal (afb. 3) werden hiervoor opgezet: de ene installatie (A) werd gevoed met ruw afvalwater en de andere (B) met afvalwater dat door een vetafscheider (afb. 4) was gevoerd. De concentratie van organisch substraat in het afvalwater varieerde aanzienlijk tijdens de proefperiode (1 jaar), de hoeveelheid vet was ongeveer evenredig aan de COD van het afvalwater en bedroeg 18 mg/l bij een COD van 132 mg/l en 118 mg/l bij een COD van 920 mg/l.
De totale vethoeveelheid varieerde van 18 tot 150 mg/l en dit was in overeenstemming met gegevens uit de literatuur [7, 8].
Het effect van de vetafscheider was niet groot, zoals uit tabel I blijkt. De concentratie

Afb. 3 - Schema van actief-slibinstallatie op semi-technische schaal. A = aëratietank (250 l); S = bezinktank (24 l).



oxydeerbaar materiaal verminderde wel aanzienlijk, maar de relatieve hoeveelheid vet nam nauwelijks af.
Het oorspronkelijke doel om de ene installatie (A) te voeden met ruw afvalwater en de andere (B) met hetzelfde afvalwater maar zonder vet, bleek niet haalbaar, zodat beide installaties tenslotte onder dezelfde voorwaarden werkten. In tabel II staan de verschillende parameters, tezamen met die van de oxydatiesloot in Bennekom.
De oxydatiesloot en installatie A ontvingen hetzelfde rioolwater, de enige parameter die aanzienlijk bleek te verschillen was de hoeveelheid opgeloste zuurstof; deze was in



Afb. 4 - Schema van een vetafscheider bestaande uit een aantal evenwijdige platen. Afmetingen compartiment met platen: 1 m (lengte) x 0,35 x 0,35 m.

TABEL I – *Eigenschappen van het afvalwater*[1]

Afvalwater (rioolwater)	COD mg O_2/l	Kj-N mg N/l	Vet mg/l	Kj-N/COD mg N/mg O_2	Vet/COD mg/mg O_2
Onbehandeld	490	53,3	52	0,11	0,106
Na voorbehandeling[2]	390	49,6	32	0,13	0,082

[1] Gemiddelden van 20 monsters.
[2] Na voorbezinking en passage door vetafscheider (afb. 4).

TABEL II – *Eigenschappen van de proefinstallaties en de oxydatiesloot in Bennekom.*

Slibbelasting/dag (g COD/drooggewicht · d)	Installatie A		Installatie B		Oxydatiesloot Bennekom
	0,043	0,083	0,040	0,089	0,060
Influent					
COD (mg O_2/l)	491	495	391	399	492
Kj-N (mg N/l)	53,6	54	49,6	51	54
Slib-vloeistof mengsel					
droge stof (g/l)	2,5	3,0	2,4	3,0	3,9
organische fractie in % van de droge stof	77,9	80,6	80,6	81,4	79,9
pH	7,2	7,2	7,2	7,2	6,9
SVI (ml/g)	133	117	110	80	224
zuurstofconcentratie (mg/l)	> 6	> 6	> 6	> 6	0–2
Effluent					
COD (mg O_2/l)	66	48	63	55	42
Kj-N (mg N/l)	–[1]	1,4	–	1,6	5,7
NO_3^--N (mg N/l)	–	52	–	49	11
COD afname %	87	90	84	86	91
Kj-N afname %	–	97	–	97	89
N-afname %	–	1	–	0	69

[1] Niet bepaald.

TABEL III – *Laboratoriumopstellingen met actief slib gevoed met resp. glucose en oleaat.*

Slibbelasting/dag (g COD/g drooggewicht · d)	Synthetisch afvalwater			
	Glucose medium		Oliezuur medium	
	0,065	0,097	0,062	0,103
Slib-vloeistofmengsel				
droge stof (g/l)	2,7	2,8	2,8	2,6
organische fractie in % van droge stof	61	65	61	70
pH	7,2	7,2	7,2	7,2
SVI (mg/g)	> 400	335	223	131
zuurstofconcentratie (ml/g)	> 6	> 6	> 6	> 6
Effluent				
COD (mg O_2/l)	30	21	28	28
Kj-N (mg N/l)	–[1]	0,6	–	1,1
NO_2^--N (mg N/l)	–	0,1	–	0,1
NO_3^--N (mg N/l)	–	33	–	31,5
COD afname (%)	93	95	93	93
Kj-N afname (%)	–	98	–	97
N-afname (%)	–	20	–	22

[1] Niet bepaald.

de Bennekomse sloot erg laag. De vlokstructuur van het slib in A en B veranderde nauwelijks, groei van draadvormige organismen trad niet op. Het slib in de Pasveersloot in Bennekom daarentegen vertoonde wel een sterke groei van *Microthrix parvicella*-draden.

2.2. *Experimenten met actief slib in twee laboratoriumopstellingen*

Naast de twee experimenten op semi-technische schaal met 250 l slib-watermengsel, werden ook nog twee kleinschalige experimenten met slib uitgevoerd. Van deze twee laboratoriumopstellingen, die bestonden uit een compleet gemengd aëratievat van 5 l en een bezinkfles van 2 l, werd de ene gevoed met een oliezuurbevattend medium terwijl de andere een medium kreeg met glucose als C- en energiebron. Het slib in beide opstellingen bezonk slecht, in het met glucose gevoede slib groeide een draadvormige bacterie, echter niet *M.parvicella*, en in het slib, gevoed met oleaat, verdwenen de oorspronkelijk aanwezige *Microthrix*-draden snel. In tabel III is het verloop van de verschillende parameters in beide opstellingen te zien, de zuurstofconcentratie bedroeg steeds ± 5 mg/l.

2.3. *Aanvullend experiment met actief slib*

Uit de experimenten met de reincultures was inmiddels gebleken dat *Microthrix* voor zijn groei een gereduceerde N-bron en een gereduceerde S-bron nodig heeft en hiermee kan verklaard worden waarom dit organisme in de twee installaties A en B en in de beide laboratoriumopstellingen niet groeide.
De zuurstofconcentratie bedroeg in alle experimenten steeds 5-6 mg/l en dan is de hoeveelheid gereduceerde stikstof- en zwavelverbindingen zeer gering. In de Bennekomse pasveersloot (tabel II) met een lage O_2-concentratie (0-2 mg/l) groeide *Microthrix* echter zeer goed.
Om te bevestigen dat een lage O_2-concentratie voor *M.parvicella* inderdaad van

TABEL IV – *Overzicht van de laboratoriumexperimenten met actief slib, verrijkt met een cultuur van M.parvicella.*

Exp. no.	Substraat influent	Slibbelasting g COD/g droge stof	Zuurstof toevoer[1]	Slib-vloeistof mengsel: zuurstof conc.	Slib-vloeistof mengsel: groei van *M.parvicella*[2]	Samenstelling van het effluent: COD (mg O_2/l)	Samenstelling van het effluent: NH_4^+-N (mg N/l)	Samenstelling van het effluent: NO_3^--N (mg N/l)
1A	Gluc[3]	0.23 + 0.15	I (0.5/2.5)	±[4]	–	nd	nd	nd
1B	Olea[3]	0.23 + 0.15	I (0.5/2.5)	±	+	nd	nd	nd
2A	Gluc	0.23	I (0.5/2.5)	±	–	8–20	20–50	0
2B	Olea	0.23	I (0.5/2.5)	±	+	10–40	10–40	0
3A	Olea	0.23	C	>6	–	65–75	3–10	160
3B	Olea	0.23	I (0.5/2.3)	±	+	80–160	100–110	1–3
4A	Olea	0.23	I (0.5/4.5)	±	+	100	100	> 1
4B	Olea	0.23	I (0.5/4.5)	±	+	100	150	0
5A	Olea	0.23	I (3/15)	±	+	140	115	0
5B	Olea	0.23	I (3/15)	±	+	62	70	1

[1] Zuurstof werd discontinu (I) of continu (C) toegediend; verhouding tijd met / tijd zonder O_2-toevoer (minuten) is vermeld tussen haakjes.
[2] Microscopische waarneming.
[3] Gluc = glucose medium; Olea = oliezuur medium.
[4] Het systeem was meestal anoxisch, alleen tijdens O_2-toediening was de concentratie 0,5-2 mg O_2/l.

TABEL V – *Chemisch gedefinieerd medium voor het kweken van M.parvicella.*

Tween 80	4 g/l
$(NH_4)_2SO_4$	0.8 g/l
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	0.12 g/l
K_2HPO_4[1]	8.2 g/l
KH_2PO_4q	0.35 g/l
Oplossing I[2] ($MgSO_4$ en sporenelementen)	10 ml/l
Oplossing II[3] ($CaCl_2$ en sporenelementen)	10 ml/l
Vitamine oplossing[4]	10 ml/l

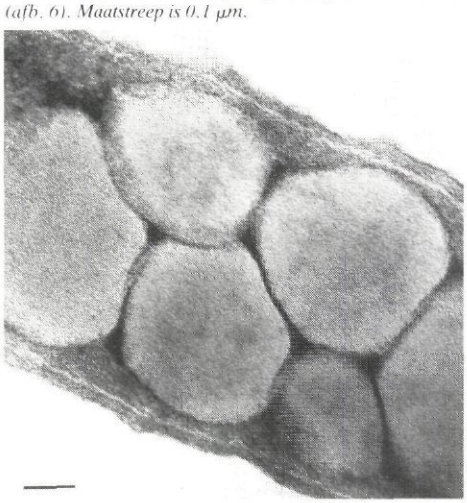
[1] Kaliumfosfaat wordt afzonderlijk gesteriliseerd.
[2] Oplossing I bevat (g/l): $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 7.5; $MnSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.3; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 0.01; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 0.01.
[3] Oplossing II bevat (g/l): $CaCl_2$, 5.0; $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, 0.5; H_3BO_3, 0.01; $NaMoO_4 \cdot 2H_2O$, 0.005; $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, 0.005.
[4] De vitamine-oplossing bevat (mg/l): thiamine, 10 en cyanocobalamine, 0.5. De oplossing (eind pH = 3 door HCl toevoeging) wordt gesteriliseerd met behulp van filtratie door een Seitz filter en steriel aan het afgekoelde medium toegevoegd.

levensbelang is, werd het slib in de twee laboratoriumopstellingen verrijkt met een *Microthrix*-cultuur en gedurende 15-20 dagen werden hiermee experimenten bij een lage O_2-concentratie uitgevoerd. Tabel IV geeft het resultaat van deze experimenten, waarbij zowel de voeding (oleaat of glucose) als de O_2-toevoer varieerde. Weinig zuurstof gaf inderdaad een sterke groei van *Microthrix* te zien. De variaties in de gevonden COD-, NH_4^+ - en NO_3^--waarden moeten worden verklaard door verschillen in de microbiologische samenstelling van het slib. Het blijkt echter duidelijk dat de hoeveelheid nitraat in systemen met een lage zuurstofconcentratie laag is ten gevolge van een geringe nitrificatie en/of een sterke denitrificatie. De lage O_2-concentratie (0-2 mg/l), in de experimenten vermeld in tabel IV, zorgde voor N- en S-verbindingen in de gereduceerde vorm en dit resulteerde in een sterke groei van *Microthrix*-draden.

2.4. *Experimenten met reincultures van M.parvicella*

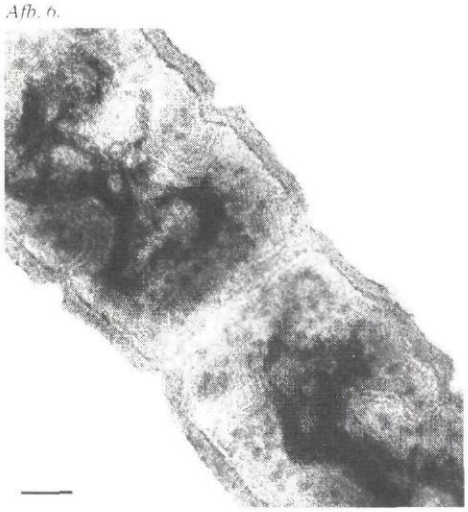
Bij het onderzoek naar de fysiologische eigenschappen van *M.parvicella*, uitgevoerd met behulp van reincultures, is vastgesteld dat deze bacterie naast een gereduceerde N-bron, ook een gereduceerde S-bron (sulfide, thiosulfaat of een S-houdend aminozuur) nodig heeft voor zijn groei. Sulfaten kunnen voor dit, toch strikt aërobe, organisme dus niet als zwavelbron dienen. Ook toevoeging van thiamine en vitamine B12 is noodzakelijk voor een goede groei. In tabel V staat de samenstelling van het synthetische medium waarop *M.parvicella* zeer goed blijkt te groeien en hierbij is Tween 80 (polyoxyethyleensorbitan mono-oleaat) de koolstof- en energiebron. De optimumtemperatuur voor dit organisme is 25 °C en de pH van het groeimedium moet 7.5 - 8.0 zijn. Men moet met 10% (volume %) van een volgroeide cultuur enten om groei te verkrijgen. Gedurende de eerste fase van de groei wordt al het beschikbare oliezuur door de cellen opgenomen en in veresterde vorm opgeslagen, resulterend in een hoog vetgehalte in de cellen. In een volgende fase wordt het opgeslagen vet gebruikt voor celsynthese en energielevering (afb. 5 en afb. 6). De kinetische parameters van *M.parvicella* zijn bepaald in een continue cultuur met Tween 80 als limiterend substraat. De maximale specifieke groeisnelheid is 0.06 uur^{-1}, dat wil zeggen een verdubbelingstijd van de bacterie van ± 12 uur. De substraatconstante (K_s) voor Tween 80 is zeer laag, doch een exacte waarde kon niet bepaald worden. De maximale opbrengstcoëfficiënt bedraagt 1,4 g drooggewicht/g geconsumeerd oliezuur en voor de onderhoudscoëfficiënt werd een waarde van 1,5 mg oliezuur/g drooggewicht/uur gevonden. Voor details over de fysiologische experimenten met de reincultuur wordt verwezen naar de dissertatie van Slijkhuis [5].

Afb. 5 en 6 - Electronenmicroscopische opname van coupe's van cellen van M.parvicella. Na 30 uren groei in oleaat medium bevatten de cellen grote vetbollen (afb. 5), na 12 dagen zijn deze geheel verdwenen (afb. 6). Maatstreep is 0,1 µm.



Afb. 5.

Afb. 6.



Conclusie

Uit de beschreven experimenten met actief slib en met de reincultures van *M.parvicella* is duidelijk gebleken dat de groei van *Microthrix* in slib afhankelijk is van de aanwezigheid van hogere vetzuren in het afvalwater en van een gelimiteerde O_2-toevoer. Een lage zuurstofconcentratie in het afvalwater zorgt ervoor dat de N- en S-verbindingen in de gereduceerde vorm zijn. Bij een hogere O_2-concentratie zullen deze verbindingen niet in gereduceerde vorm blijven en kan *Microthrix* niet meer groeien. Licht slib in Pasveersloten, dat veroorzaakt wordt door een sterke groei van *M.parvicella* kan bestreden worden door meer lucht toe te dienen. Dit zal automatisch leiden tot hogere energiekosten en de voor- en nadelen van de methode zullen tegen elkaar afgewogen moeten worden.

• *Slot op pagina 147*

hoog als die voor de laaggelegen stations. Bij een duur van 2 uur zijn de onderlinge verschillen veel kleiner en komen de waarden voor de Elzas ruwweg overeen met die voor De Bilt.
Dergelijke vergelijkingen in Europa zijn slechts eenvoudig te maken voor betrekkelijk hoge waarden van de herhalingstijd T_p (of T_e), omdat in veel buitenlandse publikaties hieraan speciale aandacht wordt gegeven in verband met de dimensionering van civieltechnische werken in stroomgebieden.

Van neerslagfrequenties naar een maatgevende regen

Kansverdelingen van de neerslag vormen een belangrijk uitgangsgegeven bij de bepaling van maatgevende regens of ontwerpbuien. Om tot een maatgevende regen te komen moet een aantal beslissingen worden genomen omtrent de volgende vier punten:
(i) de kritieke regenduur;
(ii) de aan te houden overschrijdingskans;
(iii) het intensiteitsverloop;
(iv) het al of niet toepassen van een reductiefactor voor het gebiedsgrootte-effect.
Voor toepassingen is het essentieel dat de keuze van een maatgevende regen op zinvolle wijze wordt gecombineerd met een aanname (of aannamen) omtrent de hoeveelheid neerslag die tot afvoer komt.
Helaas is er in Nederland geen objectieve methode om de kritieke regenduur vast te stellen. Ook is er nauwelijks informatie over het intensiteitsverloop en weet men niet in hoeverre het uiteindelijke ontwerp hiervoor gevoelig is. Dergelijke tekortkomingen zijn er de oorzaak van dat kansverdelingen van de neerslag nog verre van optimaal benut worden.
Regenduurlijnen voor neerslagsommen op een punt, zoals die in afb. 3 zijn gegeven, kunnen met behulp van een gebiedsreductiefactor herleid worden tot regenduurlijnen voor *gemiddelde* neerslaghoeveelheden over een bepaald gebied. De grootte van de reductiefactor hangt af van de oppervlakte A, de duur D en de overschrijdingskans (of herhalingstijd). Nadere informatie hierover wordt gegeven in Buishand en Velds [1980].

Conclusies

Ten behoeve van rioleringsberekeningen zijn er momenteel vele tabellen en grafieken beschikbaar die informatie geven over de kansverdeling van de neerslag over korte tijdsduren. Een gebrek aan kennis op het gebied van de statistische analyse van hydrologische gegevens heeft soms tot vrij ernstige fouten geleid. Zo zijn er, jammer genoeg, regenduurlijnen gepubliceerd die voor bepaalde duren neerslaghoeveelheden aangeven die ongeveer een factor 1,5 verschillen van wat ze in werkelijkheid zijn. Daar regenduurlijnen en dergelijke gebaseerd zijn op een meetreeks van de neerslag zijn er onzekerheden met betrekking tot meetfouten, plaatselijke verschillen binnen Nederland en de representativiteit voor een langer tijdvak. Deze onzekerheden liggen veelal in de orde van 10%, hoewel het in bepaalde gevallen mogelijk is dat ze 20% of iets meer bedragen.
Tot nu toe is in Nederland te weinig aandacht geschonken aan de bepaling van de maatgevende regen uit de statistische bewerkingen van de pluviograafregistraties. Van een goed verantwoorde toepassing van de gepubliceerde kansverdelingen van de neerslag kan dan ook vooralsnog geen sprake zijn.

Literatuur

Braak, C. (1933). *Het klimaat van Nederland. A (vervolg). Neerslag. Eerste gedeelte.* KNMI Med. en Verh. 34a, Rijksuitgeverij, 's-Gravenhage.
Buishand, T. A. (1983a). *De kansverdeling van D-uurlijkse neerslagsommen (D = 1, 2, 4, 6, 12, 24 of 48) in Nederland.* KNMI Wetensch. Rapp. WR 83-5, De Bilt.
Buishand, T. A. (1983b). *Uitzonderlijk hoge neerslaghoeveelheden en de theorie van de extreme waarden.* Cultuurtechnisch Tijdschrift (23), nr. 1, 9-20.
Buishand, T. A. en Velds, C. A. (1980). *Klimaat van Nederland 1. Neerslag en verdamping.* Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
Cunnane, C. (1978). *Unbiased plotting positions - a review.* J. Hydrol., 37, 205-222.
Dubant, C., Maire, G. et Schwartz, J. (1980). *Analyse des fortes pluies de 1 h à 48 h pour une quinzaine de postes alsaciens.* La Météorologie (VI) nr. 20-21, 127-137.
Engelenburg, E. (1891). *Hyetographie van Nederland.* Natuurkundige Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, deel XXIX.
Gumbel, E. J. (1958). *Statistics of extremes.* Columbia University Press, New York.
Herik, A. G. van den en Kooistra, M. T. (1973). *5 minuten regens.* Grontmij, De Bilt.
KNMI (1966). *Frequentieverdeling van de hoeveelheden en duren van de neerslag in m-uurlijkse tijdvakken (m = 1-36) De Bilt (1931-1960).* KNMI Publicatie 146, De Bilt.
KNMI (1968). *Detailanalyse van pluviogrammen. A. Frequentieverdelingen van de hoeveelheden neerslag in tijdvakken van 5 tot 660 minuten, De Bilt, 1928, 1933, 1951-1960.* KNMI Publicatie 147, De Bilt.
Koot, A. C. J. (1977). *Inzameling en transport van rioolwater.* Uitgeverij Waltman, Delft.
Levert, C. (1954). *Regens, een statistische studie.* KNMI Med. en Verh. 62, Staatsdrukkerij en uitgeverijbedrijf, 's-Gravenhage.
Schenkeveld, M. M. (1976). *Regengegevens uit de 5 minutenanalyse.* Intern Rapport DHV Raadgevend Ingenieursbureau, Amersfoort.
Ven, F. H. M. van de (1983). *Maatgevende neerslag; maatgevende inloop.* H_2O (16), nr. 3, 62-66.
Ven te Chow (1964). *Handbook of applied hydrology.* McGraw-Hill Book Company, New York.

● ● ●

Microthrix parvicella

● *Slot van pagina 138*

Literatuur

1. Eikelboom, D. H. (1975). *Filamentous organisms observed in activated sludge.* Wat. Res. 9, 365-388.
2. Eikelboom, D. H. en Buijssen, H. J. J. (1979). *Handleiding voor microscopisch slibonderzoek.* IMG-TNO rapport 94A, Delft.
3. Eikelboom, D. H. (1982). *Biological characteristics of oxidation ditch sludge.* In Oxidation ditch technology. Proceedings published by CEP consultants Ltd., Edinburgh.
4. Slijkhuis, H. and Deinema, M. H. (1982). *The physiology of Microthrix parvicella, a filamentous bacterium isolated from activated sludge 75-83.* In B. Chambers and E. J. Tomlinson (eds), Bulking of activated sludge: preventative and remedial methods. Ellis Horwood Ltd., Chichester, England.
5. Slijkhuis, H. (1983a). *The physiology of the filamentous bacterium Microthrix parvicella.* Dissertatie, Landbouw Hogeschool Wageningen.
6. Slijkhuis, H. (1983b). *Microthrix parvicella, a filamentous bacterium isolated from activated sludge; cultivation in a chemically defined medium containing Tween 80 as sole carbon source.* Appl. Env. Microbiol. *46*, 832-839.
7. Painter, H. A. and Viney, M. (1959). *Composition of a domestic sewage.* Biochem. Microbiol. Techn. Eng. *1*, 143-162.
8. Hunter, J. V. and Heukelekian, H. (1965). *The composition of domestic sewage fractions.* J. Wat. Poll. Contr. Fed. *37*, 1142-1163.

● ● ●

Verscherpte normstelling voor lood

● *Slot van pagina 141*

Het sluitstuk wordt gevormd door
5. Acties van de daarvoor in aanmerking komende waterleidingbedrijven.
De onderzoeksactiviteiten zijn inmiddels voorspoedig van start gegaan.

Literatuur

1. *Richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 15 juli 1980 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water* (80/778/EG).
2. *Ontwerp-besluit tot wijziging van het Waterleidingbesluit* (Stb. 1060, 345). Supplement bij de Nederlandse Staatscourant van 28 februari 1983, nr. 41.
3. *Onderzoek naar de invloed van loden dienst- en binnenleidingen op het loodgehalte van drinkwater in Nederland.* VEWIN, Rijswijk, april 1982.
4. Pocock, S. J. (1980). *Factors influencing household water lead: a British national survey.* Arch. Environm. Health *35* nr. 1, 45-51.
5. Elzenga, C. H. J. and Graveland, A. (1980). *Proposal of the European Communities for a directive relating to the quality of water for human consumption. Actual metal levels in drinking water and some possibilities for reduction by central water conditioning by waterworks.* International Water Supply Association Congress, 1980, Report nr. 3, Session on corrosion.
6. *Seminar on lead in drinking water.* Water Research Centre, 3-4 March 1981. Papers and Proceedings.
7. Groen, L. en Stellema, J. *Kopergehalte in rioolwaterslib in relatie tot de kwaliteit van het drinkwater afkomstig van de grondwaterpompstations in de provincies Friesland, Groningen en Drenthe.* H_2O *14* (1981) nr. 23, 542-545.
8. Zorge, J. A. van. *Toxicologische aspecten van de toepassing van slib afkomstig van rioolwaterzuiveringsinstallaties.* H_2O *15* (1982) nr. 6, 108-112.

● ● ●