Voorkomen en betekenis van dierlijke organismen

Voordracht uit de 34e vakantiecursus in drinkwatervoorziening 'Microbiologie bij de waterbereiding', gehouden aan de TH Delft op 7 en 8 januari 1982.

1. Inleiding

Het voorkomen van dierlijke organismen in drinkwater is een verschijnsel dat ongetwijfeld reeds bestond toen er nog geen openbare nutsvoorzieningen waren. De aanwezigheid van dierlijke organismen in schoon water en derhalve ook in leidingwater is alleszins natuurlijk wanneer men zich realiseert dat ook leidingwater veelal nog zoveel voedingsstoffen bevat dat daarin bacteriën en andere organismen kunnen groeien. De eerste meldingen betreffen die organismen of delen ervan die met het



IR. J. ZWAAGSTRA
PWN Haarlem

blote oog waarneembaar zijn. Zo zijn bijv. vanaf 1923 waterpissebedden (*Asellus aquaticus*) aangetroffen in het Amsterdamse waterleidingnet [1].

Dat deze en volgende waarnemingen desondanks met zorg werden beschouwd, bewijst wel het feit dat de voorzitter van de 'Vereeniging voor Waterleidingsbelangen' op 26 maart 1942 de Biologische Studiecommissie (BSC) installeert. De commissie, onder voorzitterschap van dr. L. H. Louwe Kooijmans, begint haar onderzoek met de volgende punten [2]:

'1e. na te gaan, onder welke omstandigheden organismen in waterleidingen plegen voor te komen en welke in het algemeen de mogelijkheden zijn, waardoor infectie kan plaatshebben;

2e. na te gaan, welke omstandigheden de ontwikkeling van organismen al dan niet bevorderen;

3e. te trachten middelen te vinden en voorschriften samen te stellen, waardoor infectie met en ontwikkeling van organismen zoveel mogelijk kan worden voorkomen.' (einde citaat).

In 1943 reeds verschijnen twee 'Mededeelingen' van de Biologische Studiecommissie; de eerste handelt over het nemen en bewerken van monsters voor biologisch onderzoek [3], de tweede over het desinfecteren van leidingnetten en maatregelen ter bestrijding van infecties van biologische aard [4]. In 1944 verschijnt Mededeeling III: 'Het verdwijnen van zuurstof uit het water in het leidingnet' [5] en in 1946 Mededeeling IV: 'Biologie en mogelijke bestrijdingswijze van enkele wormachtige organismen, voorkomende in waterleidingnetten' [6].

Om infecties te beperken adviseert de commissie om

a. de van de fabriek aangevoerde leidingen aan de uiteinden af te dichten of

b. een viertal andere maatregelen te nemen, nl.:

— de materialen zo laat mogelijk langs de sleuf te leggen;

— te zorgen dat er geen grond in de leidingen komt;

— het uiteinde van de leiding in de sleuf steeds 'af te stoppen' en de buis schoon te wissen;

— het grondwater onder de leiding weg te pompen.

Leidingen, die zwaar besmet zijn met organismen, worden door krachtig spuien met water gereinigd, zonodig mede door toepassing van hoge doses chloor of kleine doses pyrethrine. Het laatste is reeds in zeer lage concentraties dodelijk voor de waterpissebed (èn voor vis).

De in 1962 opnieuw door het KIWA ingestelde Biologische Studiecommissie rapporteert in 1964 over 'Wormen en andere dierlijke organismen in drinkwater' [7]. Zij doet op grond van verricht onderzoek een viertal aanbevelingen, zijnde:

— intensieve zuivering teneinde het gehalte aan assimileerbare organische stof zo laag mogelijk te maken;

— zorgvuldig toezicht bij de aanleg en reparatie van leidingen om infectie vanuit grond- en oppervlaktewater te beperken;

— controle van aansluitingen op indringen van vreemde stoffen of vreemd water;

— een systematisch spuiprogramma.

Min of meer recentelijk waargenomen zware infecties betreffen de borstelwormen *Aeolosoma* en *Nais* in het net van de Drinkwaterleiding Rotterdam (1964) en de waterpissebed *Asellus aquaticus* in het waterleidingnet van Lekkerkerk (1981). De eerstgenoemde besmetting werd bestreden met een continue dosering van 1.5-2 p.p.m. chlooramine gedurende 6 maanden, gevolgd door een dosering van 1 p.p.m. gedurende twee jaar.

Het blijkt al met al dat bestrijding van organismen in drinkwater sinds jaren de nodige aandacht heeft gekregen. Enkele vraagpunten zijn nog niet beantwoord. Deze betreffen onder meer inzicht in doorslag (penetratie) van dierlijke organismen door de zuivering in relatie tot verschillende procesfactoren zoals temperatuur, filtratiesnelheid, e.a.

De Werkgroep Plankton en Macro-evertebraten * van de Commissie Biologie van het KIWA, die op 12 juni 1980 haar eerste vergadering hield, heeft zich tot taak gesteld hiernaar en naar aanverwante zaken onderzoek te doen gedurende de periode 1981–1983 en daarover tezijnertijd te rapporteren.
Het onderzoekprogramma is verwoord in stuknr. R-PM 81-2: 'Kwantificering van fyto- en zoöplankton en van macro-evertebraten in water bij winning, zuivering en distributie' [8]. Het onderzoek heeft tot doel te komen tot het formuleren van randvoorwaarden voor de ruwwaterkwaliteit, voor zuiveringssystemen, voor het leidingnetontwerp en voor de op exploitatie gerichte maatregelen ter beperking van de biologische activiteit van drinkwater tot aan de tapkraan.

Diverse bedrijven waaronder de Gemeentewaterleidingen Amsterdam, de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage, de Drinkwaterleiding Rotterdam, het Gemeentelijk Energiebedrijf van Dordrecht en het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland hebben in de voorgaande jaren reeds onderzoek uitgevoerd. Onderstaand zullen enkele bevindingen van genoemde bedrijven worden samengevat.

2. Methoden van onderzoek

Monsters ruw water, ten dele gezuiverd of rein water worden gefiltreerd over nylongaas met een maaswijdte van ca. 30 micron. Afhankelijk van het aantal te verwachten organismen wordt 0.001 m^3 (1 liter) tot 10 m^3 in behandeling genomen. Voor IJsselmeerwater bv. volstaat 1 liter, voor gezuiverd grondwater is 1 à 10 m^3 water nodig om tot een aantal van 100 à 1000 organismen te komen. Grote hoeveelheden water worden 'aan de kraan' gefiltreerd.

Drinkwatermonsters uit het leidingnet worden òf via een opzet op een brandkraan bemonsterd òf via tapkranen in percelen. In het eerste geval worden meestal spuisnelheden toegepast in de orde van 0,5 en 1,5 m/s, in het tweede geval wordt onder de heersende stroomsnelheden bemonsterd. Om een indruk te krijgen van het aantal kleine organismen, zoals raderdieren, draadwormen, watervlooien en roeipootkreeften (het zogenaamde plankton), wordt 0,1 à 1 m^3 water gefiltreerd over gaas met een maaswijdte van ca. 30 micron. Het aantal grotere organismen zoals pissebedden en slakjes (de zogenaamde macro-evertebraten) wordt vastgesteld door 5 à 10 m^3 water te

* ongewervelde organismen, 2 à 20 mm groot; m.n. pissebedden, slakjes.

filtreren over metaalgaas met een maaswijdte van ca. 0,5 mm. Opgemerkt moet worden dat heel erg kleine raderdieren en draadwormen het fijne gaas kunnen passeren: van deze groepen wordt derhalve niet het totale bestand gemeten. Jonge pissebedden zijn in staat het grove gaas met een maaswijdte van 0,5 mm te passeren. Met het fijne gaas worden wel alle pissebedden afgevangen.

Een meer gedetailleerde beschrijving van de wijze van bemonstering en monsterverwerking is gegeven in de notitie: 'Monsterneming en onderzoekmethoden voor de kwantificering van fyto- en zoöplankton en van macro-evertebraten in water bij winning, zuivering en distributie' [8]. De gegevens die hierna aan de orde komen zijn overigens niet alle verkregen op de wijze zoals beschreven in laatstgenoemd stuk.

3. Invloed van de zuivering op het organismenbestand

In enkele van de voornoemde publicaties is reeds gewag gemaakt van het feit dat vele soorten organismen in staat zijn zandfilters en desinfectie met 0,5 à 1 mg/l chloor levend te passeren. Een evaluatie van andere zuiveringstrappen zoals toepassing van microzeven, ozonisatie, overchloring, coagulatie en sedimentatie en koolfiltratie heeft in veel mindere mate plaatsgevonden.
Evins en Greaves [9] hebben gedurende een periode van ca. 10 jaar 19 bedrijven, verspreid over geheel Engeland, onderzocht. Daarbij werden 2 bedrijven maandelijks onderzocht gedurende een jaar, de overige bedrijven werden slechts één tot enkele malen bemonsterd. Hun bevindingen zullen worden ingebracht bij de successievelijk te bespreken procestrappen.

3.1. *Ruw water*

Het aantal organismen in ruw water is in sterke mate afhankelijk van de bron. In tabel I wordt een globale indruk gegeven van de hoeveelheden organismen die in diverse soorten ruw water kunnen worden aangetroffen.

TABEL I - *Globale aantallen dierlijke organismen in 1 m³ ruw water.*

	Ruwwaterbron				
	grondwater	oppervlaktewater na infiltratie		oppervlaktewater na spaarbekken	
Organismengroep	Laren	gesloten winning Heemskerk	open winning Leiduin	Waterleidingplas te Loenen	IJsselmeer
raderdieren	50	200	20.000	75.000	300.000
draadwormen	2	300	500	50	3.000
watervlooien	0	0	1.000	5.000	80.000
roeipootkreeften	0	0	1.000	20.000	30.000
nauplii	0	0	2.000	20.000	100.000
wimperdiertjes	0	0	500	10.000	250.000
amoeben	1	20	500	10.000	1.000

TABEL II - *Percentage verwijdering van organismen door microzeven, bespannen met gaas met een maaswijdte van 35 micron.*

Groep van organismen	Percentage verwijdering
raderdieren	80
draadwormen	0
watervlooien	85
roeipootkreeften	70
nauplii	85
wimperdiertjes	80
amoeben	25

Hierbij en bij alle volgende gegevens moet vermeld worden dat deze slechts indicatief zijn; uitschieters tot een tienvoud naar boven zijn geen uitzondering !

Het is duidelijk, dat grondwater en geïnfiltreerd water, mits gewonnen via een gesloten systeem, beduidend minder organismen bevatten dan water, dat als oppervlaktewater wordt aangeduid. Matig voedselrijk water, bijv. uit de Waterleidingplas, bevat minder organismen dan het meer voedselrijke water uit het IJsselmeer. Aantal en soort organismen in oppervlaktewater zijn in sterke mate seizoensafhankelijk: 's zomers worden veelal meer organismen waargenomen dan 's winters. Groepen van organismen evenwel die door zgn. 'rovers' gegeten worden, plegen 's winters in grotere getale voor te komen.

3.2. *Toepassing van microzeven*

Het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland past op zijn pompstation te Andijk microzeven toe op het ruwe water. In tabel II wordt aangegeven welk percentage van de organismen gemiddeld wordt verwijderd. De maaswijdte van het gaas bedraagt 35 micron.

Het percentage verwijdering heeft betrekking op die organismen die groter zijn dan ca. 30 micron. Immers, de watermonsters, genomen vóór en ná de microzeven, zijn geconcentreerd over gaas met die maaswijdte van 30 micron. Dit betekent dat de allerkleinste organismen niet in de vergelijking zijn meegenomen.

Met behulp van microzeven blijken grote aantallen organismen afgevangen te kunnen worden. Enkele van de doorgelaten organismen zijn overigens zowel in de lengte als in de breedte groter dan 35 micron, de maaswijdte van het gaas van de microzeven. Het blijkt dat het systeem enigszins 'lekt'.

Gegevens uit Engeland [9] wijzen op hogere verwijderingspercentages. De monsters zijn evenwel gecontreerd over gaas met een maaswijdte van 84 micron. Het behoeft geen betoog dat het niet zinvol is de werking van microzeven, bespannen met gaas met een maaswijdte van 35 micron, op een dergelijke wijze te beoordelen !

3.3. *Overchloring* *

Over het effect van overchloring als zodanig zijn geen praktijkgegevens beschikbaar. Ervaringen bij het PWN en in Engeland [9] wijzen erop dat een chloordosering in de orde van 5-10 mg/l een goede verwijdering van hogere organismen door de combinatie van coagulatie, sedimentatie en snelfiltratie weliswaar niet garandeert, maar in het algemeen wel bevordert. Het effect lijkt te moeten worden toegeschreven aan een tijdelijke verdoving door chloor, waardoor de organismen inactief zijn geworden en daardoor beter door de vlokken worden ingesloten.

3.4. *Ozonisatie*

Ozon als zodanig blijkt in de bij waterzuivering gebruikelijke concentraties van 1-4 mg/l op de meeste organismen geen invloed te hebben. De combinatie van coagulatie/sedimentatie, gevolgd door ozonisatie, lijkt wel effectief, getuige ervaringen bij de DWL Rtterdam. Het staat echter niet vast of dit alleen het effect is van coagulatie/sedimentatie of van de combinatie met ozon.

De indruk bestaat dat ozon nagroeibevorderende eigenschappen heeft, die onder meer tot uiting komen door de toename van wormachtigen (raderdieren, draadwormen en borstelwormen) in de eerstvolgende filtratiefase (zie tabel III, tweede en derde kolom). De nagroei moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan een verhoging van het assimileerbare organische koolstofgehalte (a.o.c.) ten gevolge van oxydatie van grote organische moleculen door ozon. Het gevolg hiervan is toename van het aantal bacteriën welke weer als voedsel kunnen dienen voor verschillende hogere organismen. Toepas-

* Toevoeging van zoveel chloor dat na oxydatie van ammoniak en andere stoffen vrij chloor overblijft.

TABEL III - *Percentage verwijdering van organismen door coagulatie en sedimentatie in combinatie met ozon, dubbellaagsfiltratie, snelfiltratie en chloor.*

Organismengroep	Globaal verwijderingspercentage: coagulatie sedimentatie ozonisatie Kralingen	coagulatie sedimentatie ozonisatie dubbellaags-filtratie Kralingen	ozonisatie coagulatie sedimentatie snelfiltratie Weesperkarspel	overchloring coagulatie sedimentatie snelfiltratie Andijk
raderdieren	98	95	85	98
draadwormen	95	0	} 70	99
borstelwormen	99	75	} 95	60
watervlooien	80	99,9	0	99
roeipootkreeften	85	98	20	99
nauplii	97	99	80	97
wimperdiertjes	—	—	90	100
amoeben	99	95	50	99

sing van chloor leidt overigens eveneens tot verhoging van het a.o.c.-gehalte. Van der Kooy [14] heeft een methode ontwikkeld om het a.o.c.-gehalte te meten.

3.5. *Coagulatie en sedimentatie*

Van geen van de Nederlandse produktiebedrijven zijn gegevens beschikbaar betreffende het effect van coagulatie/sedimentatie als zodanig op hogere organismen. Gegevens, die wel beschikbaar zijn, betreffen combinaties van coagulatie en sedimentatie met ozonisatie, overchloring en/of snelfiltratie of dubbellaagsfiltratie. In tabel III wordt het globale rendement van diverse combinaties aangegeven.

De diverse combinaties blijken in grote lijnen een goede retentie voor dierlijke organismen te hebben. In enkele gevallen moet een uitzondering worden gemaakt voor draadwormen, borstelwormen en amoeben. Metingen bij Engelse bedrijven [9] leren dat door coagulatie/sedimentatie in het algemeen organismen slechts matig uit het ruwe water worden verwijderd. hoewel er onderlinge verschillen bestaan.
In enkele installaties worden organismen effectief verwijderd, in andere vindt toename plaats tijdens coagulatie/sedimentatie. Het blijkt dat bijv. vrijzwemmende (planktonische) kreeftachtigen beter verwijderd worden dan vormen, die op vast materiaal rondkruipen (zgn. benthische organismen).

3.6. *Snelfiltratie*

In produktiebedrijven, die coagulatie/sedimentatie toepassen, is het effect van snelfiltratie als zodanig op het organismenbestand niet gemeten. Het niet gefiltreerde water bevat nl. zoveel vlokdeeltjes dat het moeilijk is een representatieve hoeveelheid water te onderzoeken.

Bedrijven, die geïnfiltreerd water verwerken, beschikken wel over gegevens met betrekking tot de retentie van organismen door snelfilters. De invloed van snelfilters is zeer variabel. Filters van pompstation Leiduin bijv. geven in 1979 naast perioden van retentie ook perioden van toename te zien; in 1980 overheerst echter de retentie. De snelfilters van pompstation Scheveningen vertonen overwegend toename van raderdieren, borstelwormen, muggelarven en schaalamoeben. Watervlooien worden goed afgevangen; roeipootkreeften en nauplii worden nu eens tegengehouden, dan weer vertonen ze toename in de filters. In tabel IV wordt voor de groepen, die het meest talrijk zijn vertegenwoordigd, het globale verwijderingspercentage op basis van de gemiddelden van 1979 en 1980 aangegeven. Geconcludeerd mag worden dat snelfiltratie allesbehalve een betrouwbare zuiveringstrap is met betrekking tot retentie van dierlijke organismen. Ervaringen elders [10] hebben geleerd dat met name beweeglijke soorten slecht worden tegengehouden.
Voorts is vastgesteld dat bepaalde kreeftachtigen zoals *Daphnia* en *Cyclops* zelf wel door filtratie kunnen worden afgevangen, maar dat hun eieren door de filters heen kunnen dringen. De indruk bestaat dat meer doorslag van organismen optreedt naarmate de periode tussen twee spoelingen groter is.

TABEL IV - *Gemiddelde procentuele verwijdering van organismen door de snelfilters van Leiduin en Scheveningen in 1979 en 1980.*

Organismengroep	Gemiddeld verwijderingspercentage: snelfilters Leiduin	snelfilters Scheveningen
raderdieren	75	— 150
draadwormen	60	85
borstelwormen	95	—
watervlooien	90	90
roeipootkreeften	95	— 300
nauplii	85	— 400
schaalamoeben	85	— 50

3.7. *Langzame zandfiltratie*

Met behulp van langzame zandfilters kan een aantal groepen van organismen effectief worden afgevangen.

TABEL V - *Gemiddelde procentuele verwijdering van organismen door de langzame zandfilters van Leiduin, Weesperkarspel en Scheveningen in 1979 en 1980.*

Organismengroep	Gemiddeld verwijderingspercentage: langzame zandfilters Leiduin	langzame zandfilters Weerperkarspel	langzame zandfilters Scheveningen
raderdieren	99	50	90
draadwormen	30	50	90
borstelwormen	90	50	—
watervlooien	85	90	90
roeipootkreeften	60	25	0
nauplii	80	50	50
wimperdiertjes	—	—	98
amoeben	90	99	99

Enkele groepen laten zich ook door langzame zandfilters slecht verwijderen, te weten de kleine beweeglijke draadwormen en bepaalde roeipootkreeften (nl. de harpactiden). Een en ander blijkt uit tabel V, waarin de gemiddelde verwijderingspercentages over 1979 en 1980 voor enkele bedrijven zijn weergegeven.

Bij de DWL van 's-Gravenhage is aangetoond dat recentelijk in bedrijf genomen langzame filters een slechter beeld vertonen dan filters die al geruime tijd lopen.
Ook de langzame zandfilters van het bedrijf Weesperkarspel blijken sedert de inbedrijfname in 1976 steeds beter te functioneren. Gegevens uit Engeland [9] daarentegen wijzen op het tegendeel. Dit moet verklaard worden uit een andere bedrijfsvoering, zoals hogere filtratiesnelheden, geringere beddiepte, andere wijze van schoonmaken. Uit datzelfde Engelse onderzoek is verder gebleken dat:

— zowel voor snelfilters als voor langzame zandfilters geldt dat larven en eieren slechter worden tegengehouden dan volwassen organismen;

— de bovenste zandlaag aanzienlijk meer organismen bevat dan de onderste zandlagen;

— draadwormen ook onderin de filters in grote getale worden aangetroffen;

— in het filtraat de benthische soorten relatief sterk zijn vertegenwoordigd. Dit betreft bijv. soorten van buikharigen, borstelwormen en harpactiden.

3.8. *Koolfiltratie*

Het PWN en de DWL Rotterdam beschikken op hun respectievelijke pompstations Andijk en Kralingen over koolfilters.
In koolfilters vindt meestal meer toename van organismen plaats dan retentie, getuige de gegevens in tabel VI.

TABEL VI - *Verhouding tussen aantallen organismen in effluent en influent van koolfilters.*

Organismengroep	aantal effluent: aantal influent koolfilters Andijk	koolfilters Kralingen
raderdieren	3	10
draadwormen	1,5	0,5
borstelwormen	8	10
watervlooien	0,4	1
roeipootkreeften	1,5	30 * 2
nauplii	0,5	5
schaalamoeben	0,5	2
beerdiertjes	50 * 1	5

* 1 1 per m^3 influent.
* 2 3 per m^3 influent.

TABEL VIII - *Voorbeelden van aantallen organismen in 1 m^3 leidingwater, bemonsterd via een brandkraan met spuisnelheid 0,2 - 0,5 m/s.*

Organismengroep	Aard voedingwater grondwater	oppervlaktewater na infiltratie		oppervlaktewater na spaarbekken	
raderdieren	n.b.	n.b.	30	n.b.	750
draadwormen	40	110	60	330	1
borstelwormen	0	3	0	0	0
watervlooien	5	80	0	210	}
roeipootkreeften	0	60	80	100	} 9
nauplii	0	40	120	0	}
watermijten	5	110	6	160	0
schaalamoeben	n.b.	n.b.	90	n.b.	6

Toename van organismen in koolfilters kan worden toegeschreven aan de aanwezigheid van grote hoeveelheden bacteriën, welke als voedsel dienen. De sterke bacterietoename kan plaatsvinden door het hoge aanbod van voedingsstoffen. Zwaagstra [15] heeft eerder gerapporteerd over sterke toename van bepaalde groepen van organismen in koolfilters. Toename is in sterke mate temperatuurafhankelijk gebleken.

Het PWN past na de koolfiltratie zogenaamde 'reinwater'-microzeven toe (gaas met een maaswijdte van 20 micron) om te voorkomen dat het leidingnet gevoed wordt met grote aantallen organismen.
Deze 'reinwater'-microzeven verwijderen 90-99 % van de organismen, met uitzondering van de raderdieren en draadwormen, die voor 20-80 % worden tegengehouden.

3.9. *Rein water*

Door het geheel van procestrappen, waarbij het ruwe water zodanig wordt gezuiverd dat het uiteindelijke produkt (het reine water) voldoet aan wettelijke eisen van chemische en bacteriologische aard, worden tevens organismen in grote mate verwijderd. In tabel VII worden enkele voorbeelden gegeven van de gemiddelde samenstelling van rein water met betrekking tot dierlijke organismen. Ten overvloede zij nogmaals vermeld dat uitschieters voorkomen die meer dan het tienvoudige kunnen bedragen, met name in rein water dat is bereid uit oppervlaktewater.

TABEL VII - *Globale aantallen organismen per m^3 in diverse soorten rein water.*

Organismengroep	Aantal in rein water bereid uit grondwater Laren	bereid uit oppervlaktewater na infiltratie gesloten winning Bergen	deels open winning Scheveningen	geheel open winning Leiduin	bereid uit oppervlaktewater na spaarbekken Kralingen	Andijk
raderdieren	25	130	15	170	4400	1950
draadwormen	2	15	1	30	4	6
borstelwormen	0	0	+	5	+	1
watervlooien	+	+	+	0	+	2
roeipootkreeften	+	1	46	40	75	2
nauplii	0	5	38	50	55	6
schaalamoeben	+	4	6	3	20	+

Het blijkt dat rein water allerminst vrij van organismen is.
Zoals tabel VII illustreert worden met het reine water grote aantallen organismen in het leidingnet geïntroduceerd. Of deze organismen zich daar zullen handhaven of zich mogelijk zelfs zullen vermeerderen, hangt af van een aantal factoren, die in de volgende paragraaf worden besproken.

4. **Organismen in het distributienet**

Zoals in de inleiding werd vermeld krijgen organismen in drinkwater reeds jarenlang de nodige aandacht. In mededeling no. 5 van de Biologische Studiecommissie van het KIWA (1964) [7] en ook in 'Biologie van het leidingnet' van de hand van Louwe Kooijmans (1966) [10] wordt uitgebreid ingegaan op de oorzaken van infectie, de mogelijkheden van instandhouding en eventuele toename van dierlijke organismen. Ook wordt in deze artikelen ingegaan op de maatregelen die genomen kunnen worden om de aantallen organismen in het drinkwater tot een minimum te beperken.

Infecties van het leidingnet kunnen op velerlei wijzen worden teweeggebracht.

Enkele oorzaken zijn:

— aanvoer van organismen via de zuivering;

— scheuren en openingen in leidingen, reservoirs, enz.;

— ventilatie-openingen;

— verkeerd gebruik van brandkranen;

— leidingbreuk;

— onzorgvuldigheid bij leidingaanleg.

De dichtheid van de populatie is volgens Smalls en Greaves [11] afhankelijk van een viertal factoren, te weten:

1. aanvoer via zuivering en reservoirs;

2. aanvoer van voedsel in de vorm van zwevend en opgelost organisch materiaal dat eventueel door micro-organismen beschikbaar wordt gemaakt;

3. de mogelijkheden van aanpassing aan de nieuwe omgeving;

4. de mogelijkheden van vermeerdering.

In een uitgebreide tabel geven zij per groep van organismen een aantal kenmerken zoals maximum afmeting, dichtheid, mogelijkheid van vermeerdering in het net, omvang van broedsel en voedingswijze. Raderdieren bijv. vermeerderen zich volgens hen waarschijnlijk niet in het net, in tegenstelling tot onder meer draadwormen, borstelwormen, enkele watervlooien (*Alona spp.*), roeipootkreeften en slakken. Detritus-eters zijn in het voordeel, maar zogenaamde filter-feeders en herbivoren kunnen overgaan tot detritus als bron van voeding.

Het bestand aan organismen in het drinkwater van enkele Noord- en Zuid-Hollandse waterleidingbedrijven is op twee manieren bepaald. Ten eerste door bemonstering met behulp van een opzet op een brandkraan bij een spuisnelheid van 0,2 - 2 m/s. Hierbij wordt een redelijke indruk verkregen van het totale bestand aan organismen in het net. Ten tweede door bemonstering via een tapkraan bij de heersende stroomsnelheid (meestal enkele cm/s). Deze methode geeft een goede indruk van hetgeen de consument in het water kan aantreffen.

Enkele representatieve voorbeelden van aantallen organismen in monsters welke met behulp van een opzet op een brandkraan zijn getrokken, zijn weergegeven in tabel VIII.

De aantallen organismen die in perceelmonsters worden aangetroffen zijn veelal

TABEL IX - *Voorbeelden van aantallen organismen in 1 m³ drinkwater, bemonsterd aan de tapkraan.*

	Aard voedingwater						
	grond-water	oppervlaktewater na infiltratie			oppervlaktewater na spaarbekken		
raderdieren	50	150	95	45	620	560	3800
draadwormen	1	10	5	5	20	20	<10
borstelwormen	0	0	0	0	0	0	<10
watervlooien	1	0	0	0	0	0	35
roeipootkreeften	0	} 25	0	15	3	} 350	140
nauplii	0	}	1	25	3	}	140
watermijten	0	0	0	0	1	0	<10
schaalamoeben	10	0	10	5	0	0	<10

beduidend lager. Raderdieren vormen hierop een uitzondering.
Tabel IX geeft een overzicht van de aantallen organismen die in 1 m³ drinkwater, aan de kraan getapt, kunnen worden aangetroffen.

Onderzoek bij de DWL van 's-Gravenhage, uitgevoerd aan tapkraanmonsters en brandkraanmonsters genomen uit dezelfde leiding, leert dat raderdieren in nagenoeg even grote aantallen voorkomen in tapkraan- en brandkraanmonsters. Volwassen roeipootkreeften, nauplii en draadwormen blijven in meerderheid in het net achter (resp. ca. 90, 80 en 90 %); mijten en schaalamoeben worden nauwelijks via de dienstleidingen afgevoerd.
Dit gegeven duidt erop dat het bestand aan organismen, dat in het net aanwezig is, niet slechts het gevolg is van vermeerdering maar ook van ophoping, met name daar waar de afvoersnelheid gering is.

Organismen, die zich in het losse sediment ophouden, en grotere organismen als pissebedden en slakjes, die zich aan de buiswand vasthouden, worden met een spuisnelheid van 0,2 - 0,5 m/s nauwelijks uit het net verwijderd. Een goede indruk van het bestand van deze organismen verkrijgt men slechts bij spuisnelheden van 1,5 - 2 m/s, door te spuien met water en lucht of m.b.v. schuimrubberproppen.

De aanwezigheid van waterpissebedden in het net wordt indirect aangeduid indien in het bemonsterde water, ook bij v = 0,5 m/s, uitwerpselen in de vorm van kroketjes worden aangetroffen. Het materiaal van deze kroketjes bestaat uit de onverteerbare fractie van het sediment (d.w.z. roest- en/of kooldeeltjes).

5. Betekenis van dierlijke organismen

De consument merkt in het algemeen weinig van dierlijke organismen, enerzijds omdat de grotere zich aan de buiswand vast kunnen houden en daardoor niet worden uitgespoeld, en anderzijds omdat de kleinere niet of nauwelijks met het blote oog waargenomen kunnen worden. Indien aan de tap wel organismen worden waargenomen door de consument, dan bevat het leidingnet ter plaatse zeer waarschijnlijk vele organismen.

Klachten van biologische oorsprong kunnen daarnaast betrekking hebben op water, dat vies gekleurd is door schalen van watervlooien, die gekleurd zijn door ijzer, of door uitwerpselen van pissebedden.
Klachten over lage waterdruk of het geheel wegvallen daarvan kunnen zijn veroorzaakt door verstopping van het zeefje van watermeters door dode pissebedden of slakkehuisjes.
Smaak- en reukklachten kunnen zijn verzaakt door afbraak van dode organismen door bacteriën, schimmels en actinomyceten.

Dierlijke organismen zijn derhalve esthetisch bezwaarlijk:
de afnemer kan de organismen zelf of delen ervan opmerken en hij kan reuk- en smaakstoffen waarnemen, die vrijkomen bij afbraakprocessen. Een weliswaar niet geformaliseerde maar wel geaccepteerde norm [12] is dat bovenvermelde waarnemingen niet mogen plaatsvinden. Dit is onder meer te realiseren door bijv. een geregeld controleprogramma uit te voeren op die plaatsen waar de waterdoorvoer min of meer stagneert (dode einden, mengzones, enz.).

Voorzover uit de literatuur [7, 10, 11] bekend is geen van de in het net aangetroffen organismen ziekteverwekkend. Draadwormen zijn evenwel verdacht geworden sedert aangetoond is dat ze ziekteverwekkende (pathogene) bacteriën eten welke gedurende 24 uur in de worm in leven kunnen blijven. De in de worm aanwezige pathogene bacteriën overleven een chloordosis van 3 mg/l gedurende 2 uur. De kans dat de mens wordt besmet door vrijkomende bacteriën wordt overigens zeer klein geacht.

6. Maatregelen

Diverse auteurs [7, 10, 11, 13] hebben reeds gewezen op de centrale rol die assimileerbare organische stof speelt in het geheel. Met name in dode einden en op plaatsen waar weinig stroming is zal sedimentatie van zwevende bestanddelen optreden. Bacteriën zullen zich vermeerderen op de voedselvoorraad en aldaar een slijmlaag vormen waaraan ook opgeloste voedingsstoffen adsorberen. Op deze wijze kunnen ook deze opgeloste voedingsstoffen toegankelijk gemaakt worden voor dierlijke organismen. De auteurs pleiten dan ook voor een zodanige conditionering van het aangevoerde water, dat dit zo weinig mogelijk assimileerbare organische stof bevat.

Inzicht in het gedrag van organismen in leidingwater, in hun voedingswijze, hun (on)mogelijkheden van vermeerdering en dergelijke leidt vrij eenvoudig tot het formuleren van nog andere maatregelen die moeten voorkomen dat zware infecties optreden. Enkele van die maatregelen zijn in het vorenstaande reeds zijdelings genoemd. De literatuur [10, 12, 13] noemt er vele, waarvan hier enige gememoreerd worden:

a. overdekken en periodiek schoonmaken van kelders en torens; aanbrengen van fijnmazig gaas in ventilatie-openingen;

b. opheffen van kruisverbindingen;

c. afdichten van leidingen af fabriek; schoonwissen van gelegde buizen; desinfecteren van nieuwe leidingen;

d. dode einden zoveel mogelijk beperken of anders geregeld spuien;

e. zorgvuldig dimensioneren van leidingen, mede met het oog op mogelijke verslechtering van de waterkwaliteit ten gevolge van lange verblijftijden;

f. en last but not least: systematisch en doeltreffend spuien.

Dit laatste punt (f) verdient nog enige toelichting. Het effect van spuien is namelijk afhankelijk van een groot aantal factoren zoals [12]: spuidebiet, diameter van de buis, soortelijk gewicht van organismen en sediment, afmetingen van organismen en sediment, concentratie van zwevende stoffen, mate van verband tussen sedimentdeeltjes en mate van vasthechting van organismen aan de buiswand. Sands [12] geeft in een tabel de benodigde spuisnelheden voor diverse situaties. Organismen, met uitzondering van waterpissebedden, slakjes en borstelwormen, kunnen geëlimineerd worden bij een snelheid van ca. 0,5 m/s in een 100 mm leiding; voor de verwijdering van relatief veel sediment is ca. 2 m/s vereist in een 100 mm leiding.
Een water-lucht-spui is meestal efficiënter omdat er een sterke turbulentie wordt opgewekt. Met behulp van polyurethaan cylinders kunnen pissebedden en slakjes goed worden verwijderd; bij toepassing wordt eveneens het losse sediment afgevoerd.
Een controlebemonstering kan aangeven hoe

effectief de uitgevoerde maatregelen zijn geweest.

De toepassing van chemicaliën wordt niet aanbevolen, enerzijds omdat de concentratie van bijv. chloor, benodigd om de organismen af te doden, erg hoog is en anderzijds omdat de kans bestaat dat dode organismen uit de tapkraan komen of de watermeters verstoppen. Bovendien is selectie van resistente soorten mogelijk. In de praktijk is voorts gebleken dat bijv. de toepassing van pyrethrine om *Asellus* af te doden werd gevolgd door een hevige besmetting met slakjes [7].
Toepassing van pyrethrine lijkt daarom slechts zinvol om enkele incidentele gevallen van zware besmettingen met *Asellus aquaticus* op te heffen. Pyrethrine mag slechts gebruikt worden na verkregen toestemming van de Inspectie voor de Volksgezondheid.

7. Samenvatting

Dierlijke organismen in drinkwater genieten al vele decennia lang de aandacht. Diverse onderzoekingen hebben aangetoond dat bij de zuivering van ruw water tot drinkwater geen volledige eliminatie van organismen plaatsvindt. Met name benthische soorten worden doorgelaten. Hierdoor worden organismen in het distributiesysteem geïntroduceerd. Voorts kunnen op nog vele andere manieren infecties plaatsvinden, bijvoorbeeld door foutief gebruik van brandkranen en onzorgvuldigheid bij aanleg en reparatie van leidingen.

Het reine water bevat veelal nog zoveel voedingsstoffen die met name op plaatsen met lage watersnelheden accumuleren, dat nagroei van bacteriën optreedt.
Daardoor kan toename plaatsvinden van die soorten van organismen waarvoor het milieu van de waterleidingbuis gunstig is.

Hoewel er voorzover bekend geen gevaren voor de volksgezondheid verbonden zijn aan de aanwezigheid van dierlijke organismen in het drinkwater, zijn grote aantallen niet gewenst om esthetische redenen. Het belangrijkste bezwaar is wel het visueel waarneembaar zijn van de organismen, hetgeen kan leiden tot klachten.
Andere bezwaren van de aanwezigheid van dierlijke organismen kunnen zijn kleuring van het water door uitwerpselen of slecht afbreekbare delen en reuk- en smaakbezwaren als gevolg van afbraak van dode organismen door bacteriën, schimmels en actinomyceten.

Enkele essentiële maatregelen om het organismenbestand in leidingwater te beheersen houden in:

— adequate zuivering m.b.t. verwijdering van dierlijke organismen;

— intensieve zuivering teneinde het assimileerbare organische stofgehalte in het reine water zo sterk mogelijk te verlagen;

— zorgvuldig aanleggen en repareren van leidingen;

— systematisch en doeltreffend spuien.

Referenties

1. Heusden, G. P. H. van. *Asellus aquaticus in het Amsterdamse leidingnet.* Water 32 (1948) 109.

2. *Jaarverslag 1942 der Vereeniging voor Waterleidingsbelangen in Nederland.* Water 27 (1943) 37.

3. *Het nemen en bewerken van monsters voor biologisch onderzoek.* Mededeeling I van de Biologische Studiecommissie. Water 27 (1943) 43.

4. *Het desinfecteren van leidingnetten en maatregelen ter bestrijding van infecties van biologischen aard.* Mededeeling II van de Biologische Studiecommissie. Water 27 (1943) 143.

5. *Het verdwijnen van zuurstof uit het water in het leidingnet.* Mededeeling III van de Biologische Studiecommissie. Water 28 (1944) 111.

6. *Biologie en mogelijke bestrijdingswijze van enkele wormachtige organismen, voorkomende in waterleidingnetten.* Mededeeling IV van de Biologische Studiecommissie. Water 30 (1946) 89, 106.

7. *Wormen en andere dierlijke organismen in drinkwater.* Mededeling No. 5 van de Biologische Studiecommissie (BSC) van het KIWA 1964. Moormans Periodieke Pers NV, Den Haag.

8. *Kwantificering van fyto- en zoöplankton en van macro-evertebraten in water bij winning, zuivering en distributie.* KIWA, R-PM 81-2. *Monsterneming en onderzoeksmethoden voor de kwantificering van fyto- en zoöplankton en van macro-evertebraten in water bij de winning, zuivering en distributie.* KIWA, R-PM 81-3.

9. Evins, C. and Greaves, G. F. *Penetration of water treatment works by animals.* Water Research Centre, Technical Report TR 115. 1979.

10. Louwe Kooijmans, L. H. *Biologie van het leidingnet. In: De biologie van de watervoorziening.* Achttiende vakantiecursus in drinkwatervoorziening gehouden op 6 en 7 januari 1966 te Delft.

11. Smalls, I. C. and Greaves, G. F. *A survey of animals in distribution systems.* Water Treatm. Exam. 17 (1968) 150.

12. Sands, J. R. *The control of animals in water mains.* The Water Research Association. TP 63, 1969.

13. Boorsma, H. J., Elzenga, C. H. J. and Vlugt, J. C. van der. *Deterioration of water quality in the distribution system.* International Water Supply Association, tenth congress, 19 - 22 August 1974.

14. Kooij, D. van der. *Kwaliteitsverandering van drinkwater als gevolg van de groei van microorganismen in het distributiesysteem.* H_2O (12) 1979, 269.

15. Zwaagstra, J. *Biologie van koolfilters.* In: Cursus Filtratie II, 1979. Stichting Postakademiale Vorming Gezondheidstechniek.

● ● ●

• *Vervolg van pagina 567*

Aanpassingen van bacteriën aan voedselarme milieus

organisms ions and macromolecules at interfaces. In: Contemporary Microbial Ecology. Ed. D. C. Ellwood et al., p. 93 - 106, Academic Press. London.
Matin, A. and Veldkamp, H. (1978). *Physiological basis of the selective advantage of a Spirillum sp. in carbon-limited environment.* J. Gen. Microbiol., 150: 187 - 197.
Tempest, D. W. (1970). *The continuous cultivation of micro-organisms. I. Theory of the chemostat.* In: Methods in Microbiology. J. R. Norris, D. W. Ribbons Editors. vol. 2, pp. 259 - 277, New York Academic Press.
Veldkamp, H. (1976). *Continuous culture in microbial physiology and ecology.* Shildon Co, Durham. Meadowfield Press.

● ● ●

Stichting opleiding Gawalo aanmelding examens 1983

Tot 15 november 1982 is de aanmeldingsmogelijkheid opengesteld voor de tentamens en examens:

1e monteur installatietechniek
middelbaar installatietechnicus
Voor de onderstaande examens is de aanmeldingsmogelijkheid opengesteld van 1 december 1982 – 15 januari 1983.

2e monteur distributietechniek-water
(voorheen adsp. bedrijfswaterfitter)
2e monteur distributietechniek-gas en water
(voorheen adsp. bedrijfsgas- en waterfitter)

1e monteur distributietechniek-water
(voorheen adsp. bedrijfswaterfitter)
montage-assistent installatietechniek

2e monteur installatietechniek
assistent installatietechnicus

Aanmeldingsformulieren kunnen bij de school, waaraan de opleiding wordt gevolgd of *uitsluitend schriftelijk* – bij voorkeur per briefkaart – worden aangevraagd bij de Stichting Opleiding Gawalo, Postbus 87875, 2508 DG 's-Gravenhage.

Van 1 december 1982 – 15 januari 1983 is aanmelding mogelijk voor het examen:

watertechnisch installateur

Aanmeldingsformulieren kunnen bij de school, waaraan de opleiding wordt gevolgd of *uitsluitend schriftelijk* – bij voorkeur per briefkaart – worden aangevraagd bij de Stichting Examens Gawalo, Postbus 87875, 2508 DG 's-Gravenhage.

● ● ●