

Gjenvekst av potensielt sykdomsfremkallende mikroorganismer i norske drikkevannsledninger – hvor stort er problemet og hva vet vi om årsakene?

Av Vidar Lund

Vidar Lund er dr. scient og forsker ved seksjon for vannhygiene, avd. for miljømedisin, Statens institutt for folkehelse.

Innlegg på fagtreff 12. april 1999.

(Artikkelen er opprinnelig trykket i Norsk Veterinærtidsskrifts tema-nummer om Drikkevannshygiene - Norsk veterinærtidsskrift nr. 10/98)

Ingen systematiske undersøkelser er utført verken i vårt land, eller i våre naboland, for å kartlegge begroingsproblemene i våre drikkevannsledningsnett. Det er et klart behov for bedre metoder for å detektere begroingsorganismer, og spesielt potensielt sykdomsfremkallende mikroorganismer. De få beskrivelsene vi har av sykdomsutbrudd som man antar er forårsaket av vekst av begroingsorganismer, antyder imidlertid at vi kan ha et problem som bør undersøkes nærmere. Overømfintlighetsreaksjoner/allergier etter hudkontakt med vann er vist og kunne skyldes bakterie- og soppvekst i ledningsnett. Dette aktualiserer ytterligere

økt fokusering på helseeffekter av begroing i rørledninger. Undersøkelser har vist at også koliforme bakterier kan formere seg i ledningsnett i perioder med vanntemperatur oppimot 20°C. Resultatene understreker viktigheten av å holde en lav temperatur på drikkevannet, samt redusere innholdet av organisk stoff mest mulig, for å redusere risikoen for vekst av jord- og vannbakterier samt potensielt sykdomsfremkallende bakterier i drikkevannsledninger.

Innledning

Begroing/slamdannelse i drikkevannsledninger kan ha flere årsaker. De to viktigste forutsetningene for begroing er imidlertid at det er lett nedbrytbart organisk stoff til stede som bakteriene kan leve på (i vannet eller i ledningsmateriale, pakninger e.l.), og at det er jern og/eller mangan til stede i vannet. Kombinasjoner av disse to hovedårs-

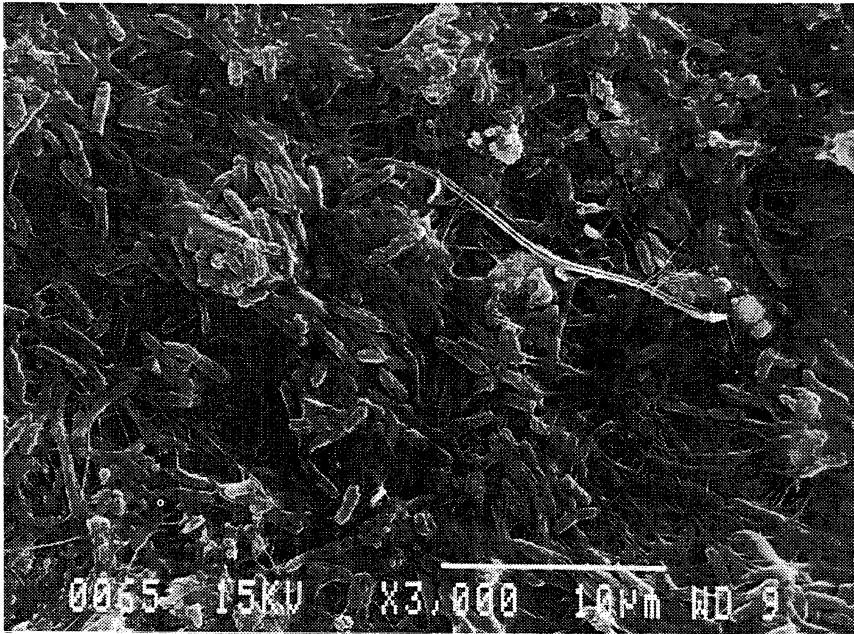


Fig 1. Elektromikroskopisk bilde av bakteriedannet begroing fra drikkevannsledning

kene forekommer hyppig. De fleste begroingsorganismene er avhengig av organisk stoff for å kunne vokse og formere seg. Dette gjelder i de fleste tilfeller også for jern- og manganoksidende bakterier. Oppløst organisk stoff er lettest tilgjengelig som næringsstoff for de fleste begroingsorganismer, mens partikulært organisk stoff blir hyppigst infisert av sopp og actinomyceter. Både mengde og type organisk stoff er avgjørende for hvilket vekstgrunnlag begroingsorganismene har. Hvilke vannbehandlingsmetoder som benyttes vil også kunne innvirke på begroingsproblemene på ledningsnettet. Eksempelvis kan nevnes at osonerig av humusholdig vann uten etterfølgende fjerning av det organiske stoffet, vil

kunne øke begroingsproblemet da oson oksiderer det organiske stoffet slik at det blir lettere nedbrytbart for mikroorganismer. Andre desinfeksjonsprosesser som klorering og UV-bestråling vil også ha en oksiderende effekt på organisk stoff, men i mye mindre grad enn oson (1, 2). Slimbelegget som etter hvert etablerer seg på rørveggene er et resultat av de «pionerbakteriene» som er istand til å feste seg på rørveggene og som er spesialister i å utnytte naturlig oppløst organisk stoff. Andre organismer, f.eks. alger, og organiske partikler som siden fester seg til den dannede biofilmen eller sedimenterer i rørledningene, bidrar videre til utviklingen av slimbelegget. Etter hvert som biofilmen eldes, utvikler det seg

et komplekst samfunn av mikroorganismer, som bl.a. består av actinomyceter, sopp og ulike heterotrofe bakterier som bryter ned det organiske stoffet i belegget. Når belegget blir tilstrekkelig tykt, vil deler av biofilmen løsnes og føres med vannstrømmen.

De aller fleste mikroorganismene som kan finne egnede livsbetingelser i distribusjonsnett for vann utgjør ingen helsemessig trussel for mennesker. Flere av dem kan imidlertid forårsake vond lukt og smak, og gi opphav til estetiske problemer i form av slam eller partikler i vannet hos konsumentene. Gjenvekst av potensielt sykdomsfremkallende mikroorganismer forekommer imidlertid i visse tilfeller.

Overlevelse av potensielt sykdomsfremkallende mikroorganismer i biofilmer i drikkevannsledninger

Ulike elektronmikroskopiske studier av biofilm fra ledningsnett har vist at ulike overflate-belegg har samme grunnoppbygging (3).

- En hard, men porøs overflate
- En mengde krystaller like under overflaten
- Mikroorganismer dominerer like ved overflaten
- Mikrokolonier av like bakterier som indikerer vekst i overflaten av biofilmen

LeChevallier (4) viste at biofilm fra amerikanske drikkevannssystemer inneholdt et helt samfunn av ulike bak-

terier, hvorav noen potensielt sykdomsfremkallende bakterier. De dominerende bakteriene forekom i konsentrasjoner på 2×10^3 CFU/100 cm² - 10^9 CFU/cm² ($100 - 3.1 \times 10^8$ CFU/g tørrstoff). En oversikt over de bakteriene som dominerte i de undersøkte biofilmene er gjengitt i Tabell 1.

Potensielt sykdomsfremkallende mikroorganismer kan gi opphav til sykdom hos mennesker, enten fordi vi blir utsatt for svært høye bakteriedoser, fordi vårt immunforsvar av ulike årsaker allerede er svekket, eller de kan gi hud- og åndedretts-reaksjoner hos spesielt ømfintlige personer. Et eksempel på en organisme som kan gi sistnevnte reaksjoner er sopp *Phialophora richardsiae*, som er påvist i vannledningsnett i Sverige (5). Andre typer soppkim er også isolert fra norske ledningsnett med drikkevann basert på overflatevannkilder (6). Undersøkelser har vist at hud- og åndedrettsreaksjoner kan opptre hos ømfintlige personer, når de kommer i hudkontakt med vannet eller gjennom inntak av aerosoler ved dusjing, når soppkonsentrasjonen i nettvannet overskrider 1000 kim/100 ml. I Sverige er det utarbeidet en standardmetode for analyse av soppkim i vann (7).

En lang rekke begroingsbakterier kan gi betennelse i slimhinner eller sår. Eksempler på slike bakterier er *Pseudomonas aeruginosa* og ulike mykobakterier. *P. aeruginosa* er vist å kunne vokse på enkelte materialer i ledningsnett, og kan skape problemer når vannet lagres i tanker eller brukes til andre formål enn drikke. Det er dokumentert

Tabell 1. Bakterier isolert fra distribusjonssystem for drikkevann i USA (10, til norsk ved Hem og medarbeidere (8)). **: Dominerende art, *: Art som vanligvis påvises.

Bakterie	Vann	Fnokker	Sediment	Tuberkler	Biofilm
<i>Pseudomonas vesicularis</i>	**	**	*		**
<i>Flavobacterium spp.</i>	**	**	*		**
<i>Pseudomonas diminuta</i>	*			*	*
<i>Pseudomonas cepacia</i>					*
<i>Pseudomonas pickettii</i>			*		*
<i>Pseudomonas stutzeri</i>			*	*	*
<i>Pseudomonas fluorescens</i>			*	*	*
<i>Pseudomonas putida</i>	*			*	
<i>Pseudomonas paucimobilis</i>	*			*	
<i>Pseudomonas maltophilia</i>					*
<i>Alcaligenes spp</i>					*
<i>Acinetobacter spp</i>	*				*
<i>Moraxella spp</i>	*		*		*
<i>Agrobacterium radiobacter</i>			**	**	*
<i>Arthrobacter spp</i>				*	*
<i>Corynebacterium spp.</i>					*
<i>Bacillus spp</i>					*
<i>Enterobacter agglomerans</i>	*				*
<i>Micrococcus spp.</i>					*

at slike bakterier som er kommet inn med skyllevannet i oppvaskmaskiner, har etablert seg i sykehusmiljøet («hospitalkim»)(1).

P. aeruginosa kan klare seg med svært lite næring. Den vokser raskest ved temperaturer over 20°C, og kan utvikle tilnærmet renkultur under gunstige betingelser. Slike masseforekomster er beskrevet f.eks. fra kjølevann for meierimaskiner, og i drikkevannstanken på et cruiseskip, der forekomsten resulterte i at 300 passasjerer fikk diaré (8).

Ferske tre- og pakningsmaterialer som jute og hamp, samt stoffer benyttet ved lodding og skjøting av rør eller maling og beskyttelsesbelegg som kommer i kontakt med vann, er rapportert å kunne føre til påvisning av koliforme bakterier i vannet. Dette vil kunne medføre at man påviser koliforme bakterier i bakteriologiske kontrollanalyser. I slike tilfeller har det vist seg at det er *Klebsiella*-bakterier som påvises, da denne bakterieslekten, i tillegg til å forekomme i tarmen hos varmblodige dyr, også naturlig forekommer på plantemateriale under nedbrytning, samt i vann. *Klebsiella pneumoniae* vil kunne føre til lungebetennelse eller urinveisinfeksjoner ved bading eller dusjing. Denne bakterien danner en slimkapsel, som beskytter bakterien mot klor. *Klebsiella*-bakterier er følsomme overfor høy pH. Bakterien er vist å overleve bra ved pH 7.3-7.9 (50% overlevelse etter 22t), men dør raskt ut ved pH 9.0 (50% overlevelse etter 1t). Bruk av kalk som alkaliseringsmiddel er derfor effektivt for å redusere eta-

bleringen av *Klebsiella* sp. i vannledningsnett (9).

Aeromonas hydrophila er en annen potensielt sykdomsfremkallende bakterie som er vist å kunne vokse i lednings-slam, og som i de senere år har blitt assosiert med vannbåren smitte i bl.a. England og Skottland. Dokumenterte vannbårne utbrudd foreligger imidlertid ikke (10). Bakterien kan forårsake akutt diaré hos mennesker, samt sårinfeksjoner, og en sjelden gang urinveis-infeksjoner. *A. hydrophila* fremkommer i analysemetoder for koliforme bakterier, men de skiller seg ut som atypiske kolonier på Endo-medium.

Undersøkelser f.eks. fra USA har vist at vekst av koliforme bakterier vanligvis skjer i en viss avstand fra vannverket, der strømningsforholdene er gunstige for biofilmdannelse (beleggdannelse). Dette har vist seg å skje på tross av høye klor-konsentrasjoner ute på nettet, noe som viser at bakteriene er svært godt beskyttet mot desinfeksjonsmidler når de vokser i en biofilm.

Undersøkelser utført i New Jersey i USA viste at koliforme bakterier funnet i drikkevannet stammet fra biofilm på rørveggene (11). Man fant at konsentrasjonen av koliforme bakterier økte med en faktor på opp til 20 med økende avstand fra vannverket. Beregninger viste at denne bakterieøkningen ikke kunne forklares ved kun bakterievekst i vannmassene, men at det måtte skyldes vekst i biofilm i ledningsnettet. Olson (12) isolerte *E. coli* fra biofilm på betongrør i drikkevannssystemet til Metropolitan vanddistrikt i California,

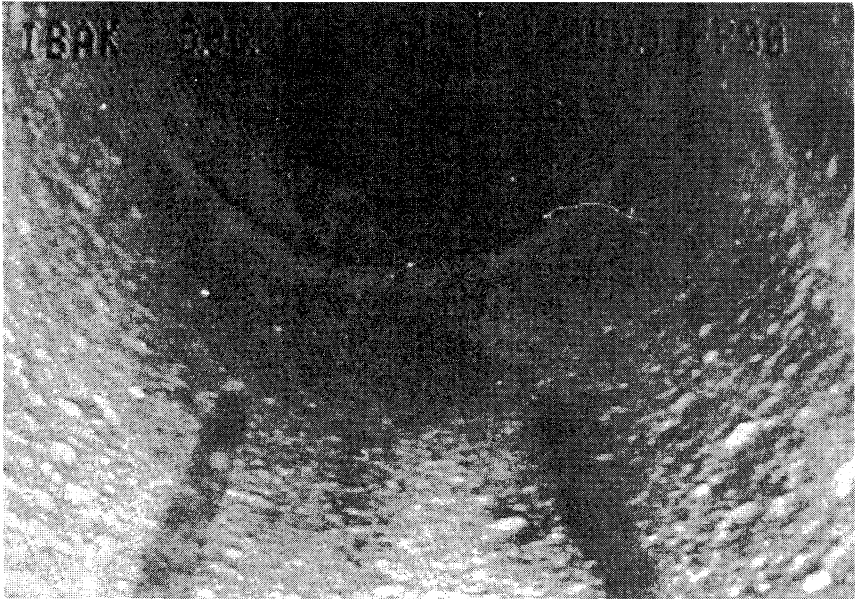


Fig. 2. Beleggdannelse i en drikkevannsledning. Bildet er tatt med en kamera-vogn for inspeksjon av rørledninger (derav hjulsporene som fremkommer på bildet).

mens *Enterobacter cloacae* og *Serratia marscescens* ble isolert fra et annet drikkevannssystem i USA (3). Næringsmiddeltilsynet i Trondheim har også rapportert om regelmessige funn av de

koliforme bakteriene *Enterobacter/Citrobacter* fra ledningsvann med temperatur på ca. 20°C.

I en undersøkelse av ulike engelske drikkevannskilder ble det ikke påvist

Tabell 2 Vannbårne utbrudd pga *Legionella pneumophila* i Sverige (14)

År	Ant. tilfeller	Årsak
1979	68	Vannefuktet ventilasjon
1981	10	Ukjent
1981-82	5	Vann på sykehus
1990-91	>65	Vann på sykehus
1992	ca. 20	Boblebad (Pontiac feber)
1992-93	ca. 20	Vann på sykehus

dyrkbare *Legionella pneumophila* fra kranvann, men positive funn med immunofluorescens teknikk (IFA) ble gjort i diverse vannkilder og fra ledningsnett (13, 3).

I hovedledninger ble bakterien påvist i biofilm og slam, men ikke i de frie vannmasser. Forsøk viste også at ikke dyrkbare *L. pneumophila*, som ble påvist ved IFA, kunne bringes tilbake til dyrkbar tilstand ved å utsettes for et varmesjokk.

Mikroorganismer i varmtvannssystem

Som nevnt ovenfor er *L. pneumophila* i enkelte land påvist fra drikkevannsledninger, men i de fleste tilfeller er de påvist i varmtvannssystemer, og da i varmtvannstanker, blandebatterier, dusjhoder, men også fra friskluftsanlegg. Hos mennesker med redusert immunforsvar kan bakterien forårsake «Legionærsyken» (Legionellose), en luftveisinfeksjon med en dødelighet på opptil 25%. Hos personer med normal immunstatus forårsaker bakterien vanligvis den influensaliknende sykdommen «Pontiac-feber» (14). Bakterien smitter gjennom aerosoler som pustes inn ved dusjing eller annen kontakt med vandamp. Vi har ingen dokumenterte vannrelaterte utbrudd med Legionella-bakterier i vårt land. Ved en undersøkelse av varmtvannssystemene ved et utvalg av norske sykehus og hoteller ble det imidlertid påvist Legionella-bakterier i 4 av 30 sykehus, hvorav 2 sykehus hadde *L. pneumophila*, men ikke ved noen av de 6 undersøkte hotellene

ble Legionella-bakterier påvist. Tappesteder med termostattbatterier syntes å være et gunstig oppvekststed for *L. pneumophila* da vanntemperaturen blir lavere her enn i resten av varmtvannssystemet og konstruksjonen av kranene er slik at slamdannelse kan skje i større grad enn i ordinære kranbatterier (16). Rapporterte utbrudd av *L. pneumophila* foreligger imidlertid fra både Danmark, Sverige og Finland (15). En oversikt over svenske Legionella-utbrudd er gjengitt i Tabell 2. I tillegg til de utbruddene som er nevnt ovenfor er det også rapportert om et utbrudd av *L. pneumophila* i en militærleir i Sverige, der minst et 20 talls rekrutter ble syke. *L. pneumophila* ble påvist i høye konsentrasjoner i dusjvannet, og utbruddene opphørte først når vannsystemet ble sanert (15). Et vannbåret utbrudd av Legionella, som rammet til sammen minst 40 norske og svenske turister, er også blitt rapportert fra et hotell på Mallorca. Årsaken var sannsynligvis en dobbelteksposering fra energibesparende dusjer og et vanningsanlegg som spredte aerosoler over hotellets ene langside (14). *Flavobacterium* er en bakterieslekt som har arter som er vidt utbredt i jord og vann, men er også isolert fra næringsmidler. Bakterieslekten er påvist i vannledninger og armaturer på sykehus (14). Slekten inneholder arter som kan være humanpatogene. *F. meningosepticum* er mest kjent, og kan forårsake hjernehinnebetennelse hos nyfødte barn, og hos voksne med nedsett immunforsvar. Flavobakterier er også påvist i tilfeller med luftveissykdommer, urinveissykdommer, be-

tennelse i sår, og fra pasienter med sepsis (blodforgiftning). Noen arter er antibiotikaresistente og klorresistente.

En rekke arter av bakterieslekten *Mycobacterium* som tilhører gruppen av de såkalt atypiske mykobakterier (egentlig atypiske kun i forhold til *M. tuberculosis*) synes å ha vann som naturlig tilholdssted. Slike mykobakterier påvises som regel bare i vann som har stått i kontakt med fuktete flater, f.eks. boblebad, svømmebasseng og rørledninger, og spesielt der vannet er noe oppvarmet i forhold til vanlig drikkevann. Kraner og dusjhoder i varmtvannssystemer med temperatur under 60°C synes også å være et vanlig tilholdssted for slike mykobakterier. Noen av disse mykobakteriene vokser relativt raskt på dyrkingsmedier i laboratoriet, mens andre arter vokser sakte. Det er mulig at disse, i likhet med andre bakterier som hører til i vann, vokser fortere på fuktete flater. Grunnen er at de her får økt tilgang på organiske stoffer som egentlig stammer fra vannet, men som legger seg på slike flater. De fleste akvatiske bakterier vokser raskest ved temperaturer mellom 10 og 20°C. Siden mange mykobakterier er sentvoksende, kan de muligens bare utvikle seg til større populasjoner, slik at vi kan påvise dem i vannet, dersom temperaturen ligger på f.eks. 10°C eller høyere. I kaldere vann vil de sannsynligvis fortsatt være til stede, men da i svært lave konsentrasjoner. Noen slike mykobakterier kan være potensielt sykdomsfremkallende for mennesker og f.eks. gi hudinfeksjoner i sår det kan være vanskelig å bli kvitt (14). *M. mari-*

num er vist å kunne gi hudinfeksjoner f.eks. ved smitte gjennom bading i bassengbad også i vårt land, og kan føre til positiv reaksjon på tuberkulintest, selv om man ikke viser tegn på sykdom (14). Spesielt ved eksponering via boblebad eller dusjing vil det kunne foregå smitteoverføring via aerosoler som pustes inn. I Nederland er det funnet at vannet i boblebad med en vanntemperatur på 35-40°C kan inneholde opptil 10 ganger så høye konsentrasjoner av mykobakterier som vanlige svømmebasseng og kranvann. Den potensielt sykdomsfremkallende arten *M. kansasii* ble funnet i boblebadene, mens *M. gordonae* ble funnet i alle vanntypene (17). I ledningsvann er det ikke uvanlig å finne syrefaste bakterier som danner gul-fargede kolonier. Ved videre undersøkelse finner man som oftest *M. gordonae*. Denne bakterien var tidligere ikke assosiert med sykdom hos mennesker, men er i de senere år isolert fra såvel lokalisert som generalisert mykobakteriose (18). Interessen for mykobakterier i vann har økt i de senere år da et økende antall undersøkelser fremholder vann som en aktuell smittevei for potensielt sykdomsfremkallende mykobakterie-arter. Spesielt utsatte for slik smitte er pasienter ved transplantasjons- og hjertekirurgiske inngrep (19).

Da vann kan være naturlig tilholdssted for enkelte potensielt sykdomsfremkallende mykobakterier, og mykobakterier generelt tåler mer enn de vanlig benyttede indikatorbakteriene, indikerer ikke fravær av fekale indikatorbakterier fravær av mykobakterier. Vanlig desinfeksjonspraksis for drikkevann

er ikke tilstrekkelig til å inaktivere slike bakterier fra råvannet eller å forhindre dem i å vokse i ledningsnett. For å forhindre etableringen av slike bakterier i svømmebasseng må hele vannsirkulasjonssystemet sjokk-kloreres regelmessig (14).

Hvordan overvåke begroing i ledningsnett?

Kimtallsanalyser kan benyttes til å overvåke utviklingen av begroing i ledningsnett. Mange mikroorganismer som lever av lett nedbrytbart organisk stoff i naturlige vannforekomster er istand til å vokse på kimtallsmedium ved 15-20°C i løpet av 3 døgn. Parameteren Kimtall ved 22°C i 3 døgn kan derfor benyttes som indikator på forekomst av lett nedbrytbart organisk stoff i vann, noe som sier oss at grunnlaget for begroing i ledningsnettet er til stede. I vannprøver tatt på ledningsnettet indikerer denne parameteren også løsriving av biofilm fra rørveggene.

Kimtall ved 37°C i 1-2 døgn som også inngår i de parametrene som det skal analyseres på i drikkevannsprøver, gir en indikasjon på om vannet inneholder høye konsentrasjoner av lett nedbrytbart organisk stoff. Da de fleste potensielt sykdomsfremkallende bakterier vokser raskere ved 37 enn ved 22°C vil denne analyseparameteren kunne gi oss en indikasjon på forekomst av slike bakterier i råvann og i drikkevannet (14). Noen av disse kan være sporeformere, noe som medfører at de er resistente mot de vanligst benyttede desinfeksjonsmidler for drikkevann.

Begge de ovenfor nevnte kimtallsparametre er det satt krav om at det skal analyseres for i følge Tabell 5 i "Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m." (20).

Referanser

1. Lund V, Ormerod K, Johansen Ø. Problemer forårsaket av beleggdannelse og vekst av organismer i distribusjonssystemer for vann. Delrapport 1, Resultater av litteraturundersøkelse. Eksempel fra Spydeberg. Drikkevannsrapport 23/87, NTNFs utvalg for drikkevannsforskning, 1987.
2. Lund V, Ormerod K. The influence of disinfection processes on biofilm formation in water distribution systems. *Wat. Res.* 1995; 29 (4): 1013-1021.
3. Hem LJ, Norgaard E, Efraim H. Begroing i drikkevannsledninger. NIVA-rapport 3576-96 1997 50s.
4. LeChevallier MW. Coliform regrowth in drinking water: A review. *J. Am. Wat. Wks. Ass.* 1990; 82: 74-86.
5. Åkerstrand K. Mikrosvamp och aktinomyceter i dricksvatten. *Vatten* 1997; 53: 371-379.
6. Ormerod K. Heterotrophic microorganisms in distribution systems for drinking water. *V a t t e n* 1987; 43: 262-268.
7. SIS - Standardiseringskommissionen i Sverige. Mikrosvampar i vatten. Kvantitativ bestämning med membranfiltermetod. Svensk standard SS 02 81 92, 1989.

8. Müller G. Vorkommen und Bedeutung technisch unerwünschter Bakterien in der Trinkwasserversorgung. *Zbl. Bakt. Hyg. I Abt. Origin. A* 1974; 277: 50-55.
9. Martin RS, Gates WH, Tobin RS, Grantham D, Sumarah, R, Wolfe P, Forestall P. Factors effecting coliform bacteria growth in distribution systems. *J. Am. Wat. Wks. Ass.* 1982; 74: 34-37.
10. Holmes P, Nicolls LM. Aeromonads in Drinking-Water Supplies: Their Occurrence and Significance. *Wat. Envir. Mangt.* 1995; 9: 464-469.
11. LeChevallier MW, Babock TA, Lee RG. Examination and Characterization of distribution system biofilm. *Appl. Environ. Microbiol.* 1987; 53: 2714-2724.
12. Olson BH. Assesment and implications of bacterial regrowth in water distribution systems. EPA-600/52-82-072. US Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, 1982.
13. Colbourne JS, Dennis PJ, Trew RM, Berry C, Vesey G. Legionella and public water supplies. *Wat. Sci. Tech.* 1988; 20: 5-10.
14. Drikkevann G5. Smittestoffer som kan overføres via vann. Drikkevannsveileder utgitt av Statens institutt for folkehelse. 1989.
15. Stenström TA, Boisen F, Georgsson F, Lahti K, Lund V, Andersson Y, Ormerod K. Vattenburnainfektioner i Norden. Epidemiologisk oppføljningsarbeite och hållsopplem relaterade till förekomst av mikroorganismer i vatten. Nordisk Ministerrådsrapport, TemaNord 1994:585, 1994.
16. Håland RG. Forekomst av Legionella-bakterier i kjøletårn og systemer for varmt tappevann. En pilot-studie. Statens institutt for folkehelse 1993.
17. Havelaar AH, Berwald LG, Groothuis DG, Baas JG. Mycobacteria in Semi-Public Swimming-Pools and Whirlpools. *Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. B* 1985; 180: 505-514.
18. Mollohan CS, Romer MS. Public health significance of swimming pool granuloma. *Am. J. Public Health* 1961; 51: 883-891.
19. Saxegaard F. Om mykobakterier og mykobakterioser med spesielt henblikk på nontuberkuløse (atypiske) mykobakterier. *Norsk Veterinærtidsskrift* 1985; 97(4): 225-234.
20. Sosial- og helsedepartementet. Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m. Oslo, 1. februar 1995.