

FOREDRAG

om

PROBLEMER MED SLAM OG DYR
I DISTRIBUTJONSNETT FOR VANN

ved siv.ing. Kari Ormerod
Norsk institutt for vannforskning

INNHOLDSFORTEGNELSE:

	Side:
1. INNLEDNING - MED HISTORISK TILBAKEBLIKK	4
2. DANNELSE AV SLAM I DRICKEVANN	9
3. DYR I LEDNINGSNETT FOR DRICKEVANN	20
4. BEKJEMPELSE AV SLAMPROBLEMER	41
LITTERATURHENVISNINGER	47
"SPOT-TEST" reagenser for oksydert jern og mangan	51
FARGING av jernholdig materiale under mikroskop	52
FARGING med erythrosin	53

- o -

TABELLFORTEGNELSE

Tabell nr.:

1.	Forskjellige behandlingsmetoder for drikkevann	7
2.	Bakteriologiske kriterier for drikkevann, SIFF, Norge	8
3.	Nødvendige vannhastigheter for effektiv spyling	42
4.	Problemer med slam og dyr i distribusjonsnett for vann. Skjematisk beskrivelse av årsaker og metoder til bekjempelse av problemene	44-45-46

- o -

FIGURFORTEGNELSE:

Figur nr.:		Side
1.	Forskjellige typer jernbakterier	13
2.	Jernbakteriene <i>Crenothrix</i> og <i>Clonothrix</i>	15
3.	Størrelse og utseende av bakterier fra ledningsslam	17
4.	De forskjellige jernbakteriers jern - mangan spektrum (Beger 1952)	19
5.	Størrelsesforhold mellom bakterier, phyto- og zooplankton (Beger 1966)	21
6.	Relative størrelsesforhold mellom poreåpning mellom idealiserte sandkorn og noen akvatiske mikroorganismer	22
7.	Relative størrelsesforhold mellom maskevidde for forskjellige mikrosilduker og noen akvatiske mikroorganismer	23
8.	Dyr fra phylum <i>Protozoa</i> og phylum <i>Aschelminthes</i>	25
9.	Dyr fra phylum <i>Arthropoda</i> , klassene <i>Crustacea</i> og <i>Arachnida</i>	27
10.	Dyr fra phylum <i>Arthropoda</i> , klasse <i>Crustacea</i> , orden <i>Peracarida</i>	29
11.	Dyr fra phylum <i>Arthropoda</i> , klasse <i>Labiata</i>	31
12.	Dyr fra phylum <i>Annelida</i>	33
13.	Dyr fra phylum <i>Mollusca</i>	35
14.	Dyr fra phylum <i>Porifera</i> og phylum <i>Bryozoa</i>	37
15.	Skjematisk fremstilling av svampers oppbygning	39

1. INNLEDNING- MED HISTORISK TILBAKEBLIKK

Folk har naturlig nok alltid blitt alarmert når de finner uvanlige ting i drikkevannet sitt. De første kjente observasjoner av levende vesener i drikkevann skriver seg fra det fjerde århundre før Kristi fødsel. Det er Aristoteles som beskriver slam på vannoverflaten i urene brønner på denne måten: "Først er det hvitaktig, så blir det svart, siden blodrødt. Noen røde fargeflekker er bevegelige, og i vannskorpen henger det små byggverk som det senere pleier å komme insekter med vinger ut av".

På 12-hundretallet omtaltes for første gang de såkalte brønntrådmarker av Albertus Magnus. Tre århundrer senere berettet sveitseren Konrad von Gesner om en annen hårtynn, men svart og ubevegelig mark som ofte fantes i brønnen. Ifølge folkeopinionen på 15-hundretallet utviklet disse seg fra hestehår som falt i vannet når hestene drakk vann i brønnen, og de ble derfor kalt hestehårsmark, og har senere fått navnte *Gordius aquaticus*.

I middelalderen trodde man også at den ikke så sjeldent forekommende rustrøde misfarging av vann som fikk stå i åpne beholdere, var et tegn på at vannet var forgiftet. I våre dager er dette lett å forklare, men vi har fremdeles de samme problemer med rustdannelse fra enkelte drikkevannskilder. På estetisk grunnlag ble slikt slamholdig vann fra gammel tid bedømt som uegnet til drikkevann for mennesker.

Det var først i det 19. århundre at vannets innhold av forskjellige mikroorganismer ble satt i sammenheng med dets brukbarhet som drikkevann. De første personer nevnt i denne forbindelse er franskmennene Donné og Dupasquier i 1840. De frarådet bruk av vann fra elvene Saone og Rhone til drikkevannsforsyning til Lyon, på grunn av at vannet i disse elvene inneholdt rikelige mengder "animalcules infusoires" - infusjonsdyr - som mikroorganismer som protozoer, nematoder, bakterier etc. ble kalt.

1. INNLEDNING- MED HISTORISK TILBAKEBLIKK

Folk har naturlig nok alltid blitt alarmert når de finner uvanlige ting i drikkevannet sitt. De første kjente observasjoner av levende vesener i drikkevann skriver seg fra det fjerde århundre før Kristi fødsel. Det er Aristoteles som beskriver slam på vannoverflaten i urene brønner på denne måten: "Først er det hvitaktig, så blir det svart, siden blodrødt. Noen røde fargeflekker er bevegelige, og i vannskorpen henger det små byggverk som det senere pleier å komme insekter med vinger ut av".

På 12-hundretallet omtaltes for første gang de såkalte brønntrådmarker av Albertus Magnus. Tre århundrer senere berettet sveitseren Konrad von Gesner om en annen hårtynn, men svart og ubevegelig mark som ofte fantes i brønnen. Ifølge folkeopinionen på 15-hundretallet utviklet disse seg fra hestehår som falt i vannet når hestene drakk vann i brønnen, og de ble derfor kalt hestehårsmark, og har senere fått navnte *Gordius aquaticus*.

I middelalderen trodde man også at den ikke så sjeldent forekommende rustrøde misfarging av vann som fikk stå i åpne beholdere, var et tegn på at vannet var forgiftet. I våre dager er dette lett å forklare, men vi har fremdeles de samme problemer med rustdannelse fra enkelte drikkevannskilder. På estetisk grunnlag ble slikt slamholdig vann fra gammel tid bedømt som uegnet til drikkevann for mennesker.

Det var først i det 19. århundre at vannets innhold av forskjellige mikroorganismer ble satt i sammenheng med dets brukbarhet som drikkevann. De første personer nevnt i denne forbindelse er franskmennene Donné og Dupasquier i 1840. De frarådet bruk av vann fra elvene Saone og Rhone til drikkevannsforsyning til Lyon, på grunn av at vannet i disse elvene inneholdt rikelige mengder "animalcules infusoires" - infusjonsdyr - som mikroorganismer som protozoer, nematoder, bakterier etc. ble kalt.

Dette ble imidlertid ikke generelt godtatt som grunnlag for ikke å bruke slikt vann til drikkevann, og så sent som i 1877 ble det skrevet (von Naegeli) at tilstedeværelse av mikroorganismer i drikkevann kun hadde estetisk betydning.

Den moderne drikkevannsbiologi - slik vi kjenner den i dag - begynte sin utvikling i 1850-årene, og de første grunnleggende publikasjoner om dette utkom omtrent samtidig i to forskjellige land, enda forfatterne ikke visste om hverandres arbeid. Den mellomeuropeiske litteratur stammet vesentlig fra professor Ferdinand Cohn ved universitetet i Breslau, og hans grunnleggende verk om vannforsyning ble publisert i 1853. Den engelskspråklige litteratur stammet vesentlig fra den engelske apoteker og algolog Hassal, og hans grunnleggende verk ble publisert i 1850. For begges vedkommende var det koleraepidemier som var årsaken til deres drikkevannsbiologiske undersøkelser. Begge forskerne strebet etter metoder til å bestemme forurensingsgraden av vann ved hjelp av vannets innhold av forskjellige partikler, inkludert mikroorganismer. De prøvde bl.a. å finne frem til indikatororganismer for rent og urent vann, og det var Cohn som først bedømte mikroorganismer som *Sphaerotilus* og *Beggiatoa* som typiske indikatororganismer for urent, eller som vi nå sier, forurenset vann.

Ut fra dette utviklet det seg forskjellige retninger av drikkevannsvitenskaper: Den kjemiske - som også før dette hadde vært under utvikling - den biologiske og den rent hygieniske, som ble særlig viktig etter at Robert Koch i 1880-årene påviste at koleraepidemier kunne spres gjennom drikkevann infisert med bakterien *Vibrio comma*. Selvom Antonie van Leuwenhoek med sine selvlagete linser hadde observert organismer som protozoer og bakterier i drikkevann allerede i siste halvdel av det 17. århundre, skulle det altså gå to hundre år før man fikk kjennskap til at bakterier kunne være årsaken til smittsomme sykdommer.

Den biologiske drikkevannsundersøkelse begrenset seg opprinnelig til å undersøke svevestoffer - eller slam - i vannet. Til å begynne med ble slammet samlet etter sedimentering i prøven; men senere ble det frafiltrert ved hjelp av papirfiltre, glassull og liknende. Senere ble gas-nett

og flanell tatt i bruk, og rundt århundreskiftet ble planktonnett anbefalt til dette bruk i Tyskland av von Blücher. Planktonnett ble benyttet til slike undersøkelser minst 5 år før her i Norge, da Wille og Huitfeldt-Kaas benyttet slike nett i 1895 i sin undersøkelse av Oslos vannforsyning fra Maridalsvatnet. Biologiske undersøkelser av frafiltrerbart materiale fra vann har siden blitt utviklet i mange forskjellige retninger, blant annet til opprettelse av det såkalte saprobiske system for bedømmelse av forurensingsgraden av vassdrag.

Krav til kvaliteten av vann fra offentlige vannforsyningsnett har forandret seg mye i de årene som er gått siden de første ble bygget. Det første forsyningsnett i New York var f.eks. ikke anlagt for drikkevann, men for vann til brannvern og til å spyle gatene rene, og det hadde derfor ingen betydning om vannet var rent eller ikke. Likeså var det første vannverk i Hamburg i 1845 bygget for å forsyne byen med vann til brannslukning, men allerede i 1849 ble det tatt i bruk som drikkevannsforsyning. Det var ellers vanlig at folk fikk sitt drikkevann fra brønner, og noen av de første organiserte vannforsyninger til større befolkningsgrupper ble dannet ved at de forskjellige brønner ble satt i forbindelse med hverandre, og enkelte ganger i tillegg tilført overflatevann. I denne første tid for felles vannforsyning var det derfor rikelig anledning til at vannkvaliteten ble dårligere enn den hadde vært før, både med hensyn til synlige partikler og hygiene.

I våre dager settes det strenge krav til vann som skal benyttes til offentlig vannforsyning via et fordelingsnett. Disse regler er blitt utarbeidet på grunnlag av de erfaringer man hittil har høstet på dette området. Det er derfor ikke sikkert at et vannforsyningsnett vil bli fritt for problemer dersom disse reglene følges, men sannsynligheten for at problemer vil oppstå, vil da være betraktelig redusert.

Vann som skal benyttes til drikkevannsforsyning, må først undersøkes med hensyn til dets innhold av uønskede komponenter. Tabell 1 gir en oversikt over slike uønskede komponenter, samt aktuelle rens tiltak. Rens tiltakene må bestemmes for hver vannkilde, da de er avhengig av hvilke

Tabell 1. Forskjellige behandlingsmetoder for drikkevann.

Komponenter som ønskes fjernet eller uskadeliggjort	Rensetiltak
Partikulært stoff	Mikrosiling, hurtige sandfiltre
Partikulært stoff og oppløst organisk stoff	Langsomme sandfiltre
Kolloidalt løste stoffer	Kjemisk felling og filtrering (fullrensing)
Farge	Bleking med f.eks. klor, ozon, kjemisk felling
Jern, mangan	Oksydasjon og filtrering
H ₂ S	Lufting
Korrosivitet (surt vann)	Alkalisering (kalk)
Patogene bakterier og andre mikroorganismer	Desinfisering (klor, klordioksyd, kloraminer ozon, pyrethrin x)
Uønsket lukt og/eller smak	Ozon, klordioksyd, aktiv-carbon filter

x) Benyttes i Storbritannia for bekjempelse av krepsdyr, men alltid under overoppsyn av den lokale "Medical Officer of Health".

komponenter man ønsker fjernet. I Norge er det Statens institutt for folkehelse som har overoppsyn med vannforsyningen. De har ved hjelp av eget erfaringsgrunnlag utarbeidet retningslinjer for de hygieniske krav til drikkevann. Disse er gjengitt i tabell 2.

Tabell 2. Statens institutt for folkehelse, Norge (SIFF).
Bakteriologiske kriterier for drikkevann.

Vannkilde	Kimtall 37 °C Antall/ml	Presumptiv coli, 37 °C Antall/100 ml	Fullstendig prøve, coli 37 °C Antall/100 ml	Fæcale coli, 44 °C Antall/100 ml
Liten brønn, urenset, privat	< 50		Helst < 2 Til nød < 23	Tåles inntil 2 fra enkelt- prøver i en serie.
Vannverk, urenset, mindre enn 5000 innbygg.	< 50		Helst < 2 Til nød < 23	Tåles ikke
Vannverk, urenset, mer enn 5000 innbygg.	< 50		< 2 Unntaksv.<10	Tåles ikke
Renset vann	< 50		< 2 Til nød 2	Tåles ikke
Militærforlegninger	< 50	< 2	< 2 Til nød 2	Tåles ikke

Andre land har utarbeidet retningslinjer for maksimalinnhold av andre komponenter i vann som skal benyttes som råvann til drikkevannforsyning. Det kan her være aktuelt å nevne svenske retningslinjer, utgitt av Statens Naturvårdsverk i 1969 for vann som kan benyttes uten annen form for behandling enn desinfeksjon:

Permanganattall, mg KMnO_4 /l: mindre eller lik 20
 (mg 0/l " " " 2)
 mg Fe/l: " " " 0,20
 mg Mn/l: " " " 0,05

Disse krav har sammenheng med det som videre skal behandles, nemlig slamdannelse og forekomst av dyr i ledningsnett.

2. DANNELSE AV SLAM I DRIKKEVANN

I innledningen ble det nevnt at folk før i tiden trodde vannet var forgiftet dersom de fant at det hadde en rustrød hinne på overflaten. Dette hender ofte med brønnvann. Vannet kan se klart og fint ut med det samme det kommer opp av brønnen, men det får en tydelig hinne på overflaten når det har stått en stund i et åpent kar. Senere kan det danne seg et rustbrunt slam på bunnen eller i selve vannet. Dette skyldes at grunnvannet som er kilde for brønnen, inneholder oppløste jernforbindelser. Når vannet kommer i kontakt med oksygen fra luften, oksyderes jernet til uløselige jernforbindelser som så felles ut som rust.

Når slikt vann tas i bruk i vannforsyning til større befolkningsgrupper og dermed blir distribuert via et ledningsnett, kan tilsvarende slamdannelse føre til store problemer. Rustslam som felles ut mens vannet går i rørene, kan komme til å sedimentere på enkelte steder i ledningsnettene der strømmingen ikke alltid er kraftig nok til å holde det suspendert. Hvis strømningsforholdene i slike partier plutselig forandres, f.eks. ved litt større vannforbruk enn vanlig, kan slamteppet virvles opp og føres videre med vannmassene, og konsumentene vil få brunt vann. Det samme kan skje når vannkilden til drikkevannsforsyningen er humuspregede innsjøer, slik det ofte er her i Norge. Da kan det allerede i sjøen være til stede jern i partikulær form, og en stor del vil foreligge i de kolloidalt løste humusstoffer. Noe av dette partikulære jern kan da sedimentere som før nevnt, og føre til samme resultat - brunt vann hos forbrukeren.

Ved å lese eldre litteratur finner man at slike problemer forekom ganske ofte i Europa i tiden som fulgte etter at det ble vanlig å distribuere drikkevann til større befolkningsgrupper via ledningsnett. Noen eksempler på dette kan nevnes her: Det ene eksemplet er fra drikkevannsforsyningen til Praha i Tsjekkoslovakia. Dette vannet inneholdt en del humusstoffer fordi infiltrasjon av vann fra elven Moldau ble brukt som tillegg til grunnvannsforsyningen. Det var ikke store mengder slam i dette ledningsnettene, men det stadige innhold av små mengder brune partikler førte til at en kjent papirfabrikk ikke lenger kunne produsere helt hvite

papirsorter, fordi partiklene gav papiret en tydelig gulbrun tone. Dette var i 1910. Det andre eksemplet er fra Berlin, der det i 1876 ble tatt i bruk et vannverk som skulle forsyne byen med vann fra grunnvannsbrønner. Etter bare et halvt års drift begynte vannet i ledningene å anta en rustbrun farge. Dette ble bare verre og verre, og fargen gikk snart over til tydeligere slampartikler. Problemet gjorde seg ikke så sterkt gjeldende i selve vannverket, men nådde store dimensjoner i enkelte av lagringsbassengene. I et slikt basseng på 35.000 m^3 var utviklingen så rask at hele bassenget snart med fylt av slammasser. Det måtte ukentlig fjernes 140 m^3 våtslam fra disse bassengene, og til slutt, etter bare syv års bruk, ble grunnvannsbrønnene oppgitt som råvannskilde.

Slike problemer oppstod flere steder i Europa, og vitenskapsmenn i de forskjellige land ble rådspurt om hva som kunne gjøres for å mestre disse problemene. De oppdaget snart at jern var en hovedkomponent i slammet. De trodde først at jernet stammet fra ledningene, men også ledninger av annet materiale enn jern kunne ha slamførende vann. Det var spesielt ett tilfelle med jernslam i ledningsvannet i Dresden (i 1906) som bidrog til å kaste lys over opprinnelsen til jernet i slammet. Ledningsnettets hadde vært i bruk i 30 år, og det ble funnet et 3 cm tykt rustbelegg på rørenes innside. Rørene var laget av jern, men de var belagt med asfalt på innsiden, og dette lag av asfalt ble funnet å være intakt. Rustbelegget satt utenpå asfaltbelegget, og jernet kunne derfor ikke ha kommet fra rørene. Etter hvert ble man klar over at det var vannets jerninnhold som var kilden til problemene.

Vitenskapsmennene som prøvde å finne fram til årsaken til slamdannelsen, undersøkte imidlertid også slammet under mikroskop, og da fant de at det inneholdt andre ting enn bare rustpartikler. De ble etter hvert klar over at det de så, var mikroorganismer - bakterier - og at disse vokste fastsittende på rørenes indre flater. Bakteriene var i stand til å ta opp jernsalter fra vannet, oksydere dem og så felle ut jernoksydene slik at de etter hvert ble innhyllet i rustbrunt slam. Selv om det var små mengder oppløst jern i vannet, kunne det være nok til at bakteriene dannet store mengder slam. De fleste av disse bakteriene var også i stand

til å ta opp mangan fra vannet og oksydere det til brunsten, som ble utfelt på samme måte som jernoksydene. Slikt manganholdig slam kunne være helt brunsvart av farge.

Etter hvert som disse problemene ble nøyere utforsket, ble man klar over at også vannets innhold av organisk stoff hadde betydning for naturen av det dannende slam. Lavt innhold av organisk stoff og tilstedeværelse av vesentlige mengder oppløst jern, førte til rustslam dominert av visse typer bakterier. Litt mer organisk stoff, litt mindre jern og kanskje også noe mangan førte til mørkere slam dominert av andre bakterier av liknende type. Vesentlige mengder av både organisk stoff og mangan kunne føre til svart slam dominert av helt andre typer bakterier. Som eksempel på dette kan nevnes at slamdannelsen i Dresden skyltes jernbakterien *Gallionella*. Vannet inneholdt lite organisk stoff, og jerninnholdet var på 0,30-0,40 mg/l.

I Praha dominerte trådbakteriene *Leptothrix* og *Crenothrix*. Dette vannet inneholdt en del humusstoffer, fordi infiltrasjon av vann fra elven Moldau som før nevnt ble brukt som tillegg til grunnvannforsyningen. I Berlin viste det seg at slammet var dominert av *Leptothrix*, og vannet hadde et kaliumpermanganattall på 17, altså ikke svært høyt. I en annen by med slamførende drikkevann var vannets permanganattall 5-7, og i dette slam dominerte *Gallionella*. Hvilken type jernbakterier som skulle komme til å dominere, så ut til å ha forbindelse med vannets innhold av organisk stoff, men årsaken til at det ble dannet rustslam, hadde tydelig forbindelse med vannets innhold av jern.

Vann fra grunnvannsbrønner inneholder ofte oppløst to-verdig jern, og dette var som regel hovedårsaken til jernbakterie-kalamitetene, som slamplagene ble kalt, fordi disse bakterier oksyderer to-verdig jern. I Berlin tok de med hell sin opprinnelige grunnvannforsyning i bruk igjen i 1905, etter at det først var installert et anlegg for fjerning av jern fra vannet.

Slike problemer er grunnen til at det settes grenseverdier for vannets innhold av jern og mangan.

Også andre typer bakterier enn de foran nevnte er i stand til å danne slam i vannledninger. De nevnte jernbakterier kan kalles spesialister på området fordi de normalt vokser fastsittende på objekter som står i strømmende vann. De klarer seg godt i vann med lav konsentrasjon av organiske næringsstoffer, fordi den mengde næring som passerer dem pr. døgn, godt kan være stor, selv om konsentrasjonen i vannet er liten. I vann med større mengder næring overtar gjerne de vanlige typer bakterier, og i vannledningsrør kan vi finne slike voksende i tette slimlag. De er ofte også assosiert med manganoksyd slik at slammene er brunsvarte. Slike bakterier omgir seg med en slimaktig gel som binder dem til hverandre og til rørveggen. Noen slike bakterier bryter ned organiske forbindelser som inneholder jern (f.eks. humusstoffer) slik at jernet felles ut som rust og oppfanges i slimet. Dette kan lett demonstreres i laboratoriet ved å dyrke slike mikroorganismer på ferric-ammonium-citrat agar. Slik slimvekst vil også kunne fange opp eventuelt partikulært manganoksyd i vannet, og tilstedeværelse av MnO_2 i slammene vil katalysere en videre oksydasjon og utfelling av oppløst mangan. Ved større forandringer av strømforholdene i rørene rives slikt slam lett løs og føres med vannet. Det kan da synke til bunns i eventuelle bassenger eller ledningspartier med liten strømhastighet, og når dette slamteppet går i forråtnelse, kan det føre til at vannet får vond lukt og smak. Der slammene ikke sedimenterer, vil det nå frem til forbrukerne som "brunt vann". Små mengder slam i vannet fører ofte til at husmødrene begynner å klage over at de får klesvasken ødelagt. Dette skjer særlig i forbindelse med enkelte typer moderne vaskemaskiner der klærne under skylleprosessen virker som filter for vannet. Klærne får rustfargede eller mørkebrune flekker av henholdsvis jern- og manganoksyd, og det er meget vanskelig å få fjernet disse flekkene fra tøyet.

Slam blir ofte lett synlig når vannet tappes i badekar eller i vanlige drikkeglass, og i de verste tilfeller kan vannet være synlig brunt når det tappes fra kranen. Ved NIVA har vi fått flere slike henvendelser. Vi har også fått henvendelser fra industrier som er avhengig av partikkelfritt vann, og som derfor har installert spesielle filtre. De klager

Figur 1 Forskjellige typer jernbakterier.

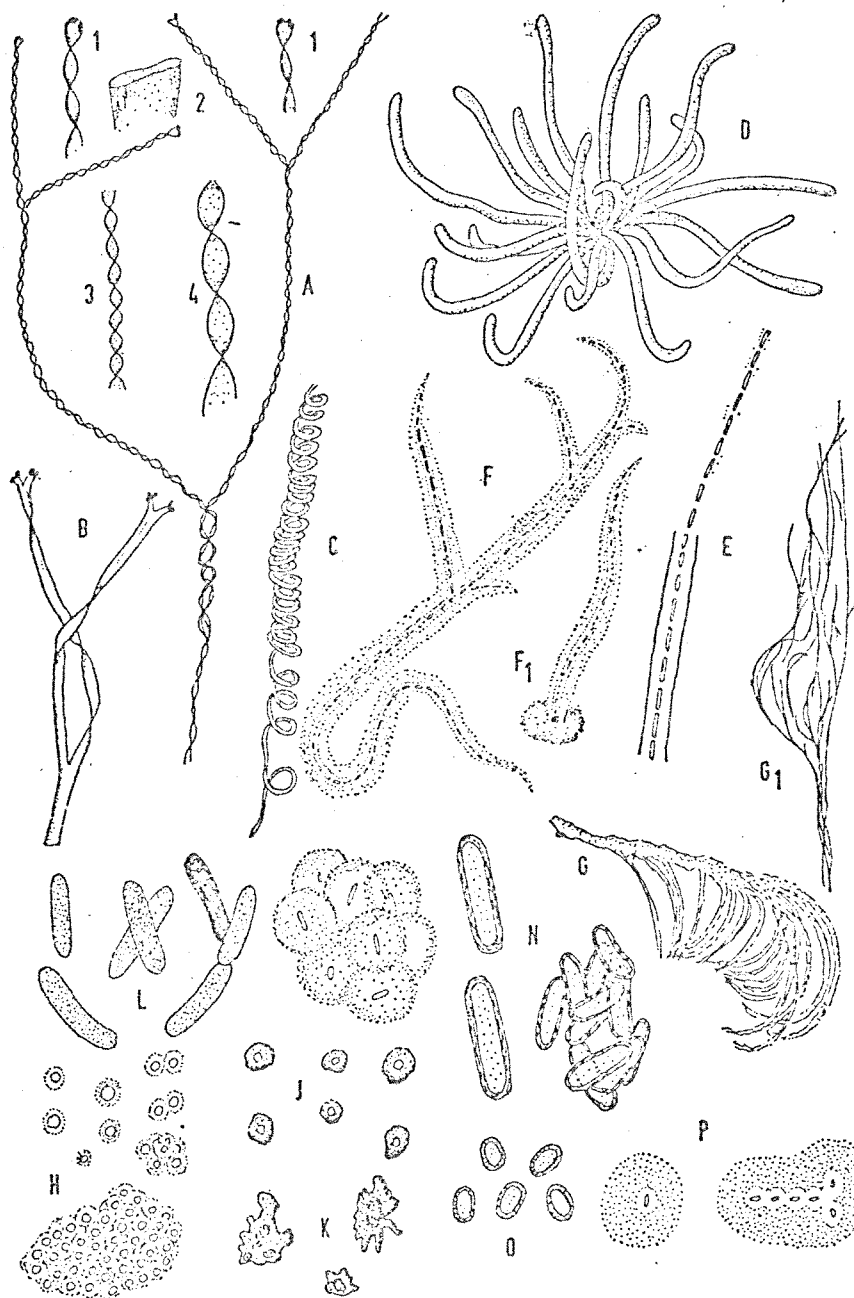


Abb. 39: Eisenbakterien-Typen. A. *Gallionella ferruginea*. B. *Gallionella minor*. C. *Spirosoma*-Typus. D. *Leptothrix lopholea*. E. *Leptothrix ochracea*. F, F₁. *Leptothrix discophora*. G, G₁. *Leptothrix trichogenes*. H. *Siderocapsa botryoides*. J. *Siderocapsa monoeca*. K. *Siderocapsa treubii*. L. *Siderobacter latum*. M. *Siderocystis vulgaris*. N. *Naumannella minor*. O. *Naumannella pygmaea*. P. *Siderocystis minor*. -- A. nach CHOLOPNY, G. nach MOLLISCH, G₁. nach PARKH, P. nach REUKAUF

over at filtrene tettes igjen unormalt fort. Produsenter av mineralvann klager over at deres produkter inneholder fnokker og partikler som de mistenker for å stamme fra vannet. Om sommeren har vi stadig henvendelser fra folk som kommer med brunt vann fra sine hytter, og spør om det er farlig å drikke det. Vi har også hatt henvendelser fra vannverk som ønsker hjelp til å løse problemer med slamførende vann.

I løpet av en slik undersøkelse kom vi over en bakterie som ikke før er beskrevet i forbindelse med slamdannelse i ledningsnett. Bakterien viste seg å kunne oksydere jern og mangan. Den tilhører ordenen *Hyphomicrobiales*, genus *Hyphomicrobium*. Denne bakterie danner et nettverk av protoplasmatråder og fanger derfor med letthet opp svevende partikler fra vannet. Slammet viste stor anrikning på MnO_2 , enda vannet inneholdt under 0,05 mg Mn/l. Årsaken til begroingen tyder i dette tilfellet på å ha sammenheng med den behandling råvannet gjennomgår i vannverkets renseanlegg. Råvannet er humuspreget, men ellers næringsfattig og blir ozonert for å få fargen redusert fra ca. 40° Hazen til maksimalt 20° Hazen (° Hazen = mg Pt/l).

Vannet tilsettes dessuten kalk for å hindre korrosjon av jern- og kobberledninger. En undersøkelse viste at ozonering nedbrøt de relativt stabile humusstoffer til lettere nedbrytbare stoffer, noe som gav utslag i vesentlig høyere biokjemisk oksygenforbruk (BOF). Det var altså vannets innhold av lett nedbrytbart organisk stoff som var hovedårsaken til begroingen, men minst en av de dominerende organismer viste seg også å kunne oksydere jern og mangan.

Figurene 1 - 3 viser illustrasjoner av bakterier fra ledningsslam.

De fleste av de før nevnte jern- og manganbakterier tilhører ordenen *Clamydobacteriales*. De består av lange kjeder av stavformede celler som er omgitt av en tettsluttende hylse. Hylsen er omgitt av en kapsel av varierende tykkelse, og det er i denne kapselen at jern- og manganoksydene felles ut og innleires. Noen av bakteriene formerer seg ved dannelse av sporer. Disse henføres til familien *Crenothrichaceae*.

Figur 2 Jernbakteriene Crenothrix og Clonothrix

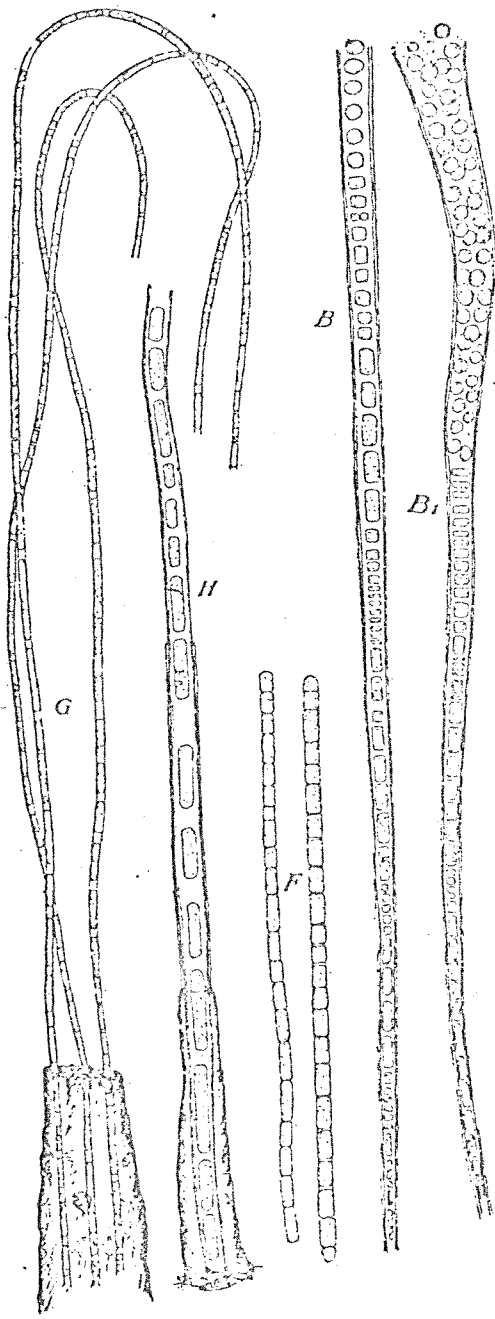


Abb. 35: *Crenothrix polyspora*.

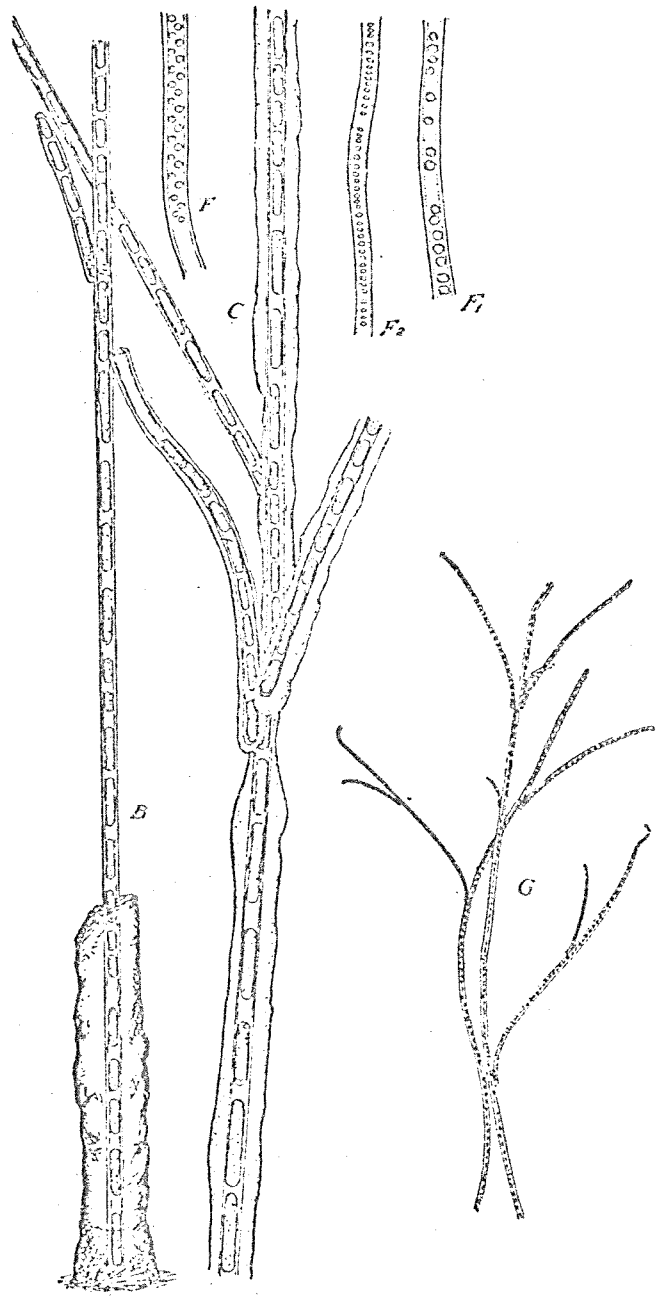


Abb. 36: *Clonothrix fusca*.

Genus *Crenothrix* danner sporer i flere lag, *Clonothrix* har sporene i ett lag som perler på en snor. Begge er manganoksyderende. Hylsebakterier som ikke danner sporer, kan frigjøre motile celler ved enden av hylsen. Disse henføres til familien *Chlamydobacteriaceae*, genus *Leptothrix* med arten *Leptothrix ochracea* som oksyderer bare jern, samt *Leptothrix major* og *Leptothrix discophora* som oksyderer jern og mangan, og som er de hyppigst forekommende jernbakterier i norske ledningsnett med humuspreget overflatevann. En annen genus i samme familie er den typiske forurensingsbakterie *Sphaerotilus*. Trådformede bakterier finnes også ofte assosiert med H₂S-holdig vann. Disse bakterier hører til under ordenen *Beggiatoales*, genera *Beggiatoa* og *Thiothrix*.

Andre, ikke trådformede jernbakterier finnes som før nevnt i genus *Gallionella* fra ordenen *Pseudomonadales*, familie *Caulobacteraceae*. Til samme familie hører også genus *Caulobacter*. Vi har vært ute for ett tilfelle der denne stilkebakterie dannet vekst som holdt store rustmengder samlet i løse fnokker i mineralvann.

Bakterien *Gallionella* består av stavformede eller nyreformede bakterier som er festet til underlaget ved hjelp av tvunnede, tynne og meget lange tråder. Den opptrer ofte i jernavleiringer i bekker og dreneringsgrøfter, og dessuten der bart jern står i kontakt med surt vann. Vi har fått den til å vokse ved å putte jernspiker ned på kolber med næringsfattig, humuspreget vann. Organismen ble oppdaget i 1834 av Ehrenberg i jernavleiringer i grøfter nær Berlin. Det er imidlertid meget sjeldent at man får se selve bakteriene, fordi disse lett rives løs fra trådene. Det er bare i helt ny vekst at man ser trådene slik de er illustrert på figur 00. I gammel vekst er trådene omgitt av tykke lag av jernoksyd, og utseendet minner da om hardt tvunnet tau. I slam fra drikkevann er trådene gjerne brukket opp i fragmenter og viser seg som meget refraktile, tvunnede tråder under mikroskopet. Det er bare et par forskergrupper som hevder å ha *Gallionella* i renkultur, og den ene av gruppene mener at selve trådene er organismen og ikke bare noe som holder de såkalte hodene fastsittende på underlaget. *Gallionella* antas å være kjemoautotrof - den benytter CO₂ som karbonkilde, og oksydasjon av jern til energikilde - men dette er ennå ikke entydig bevist.

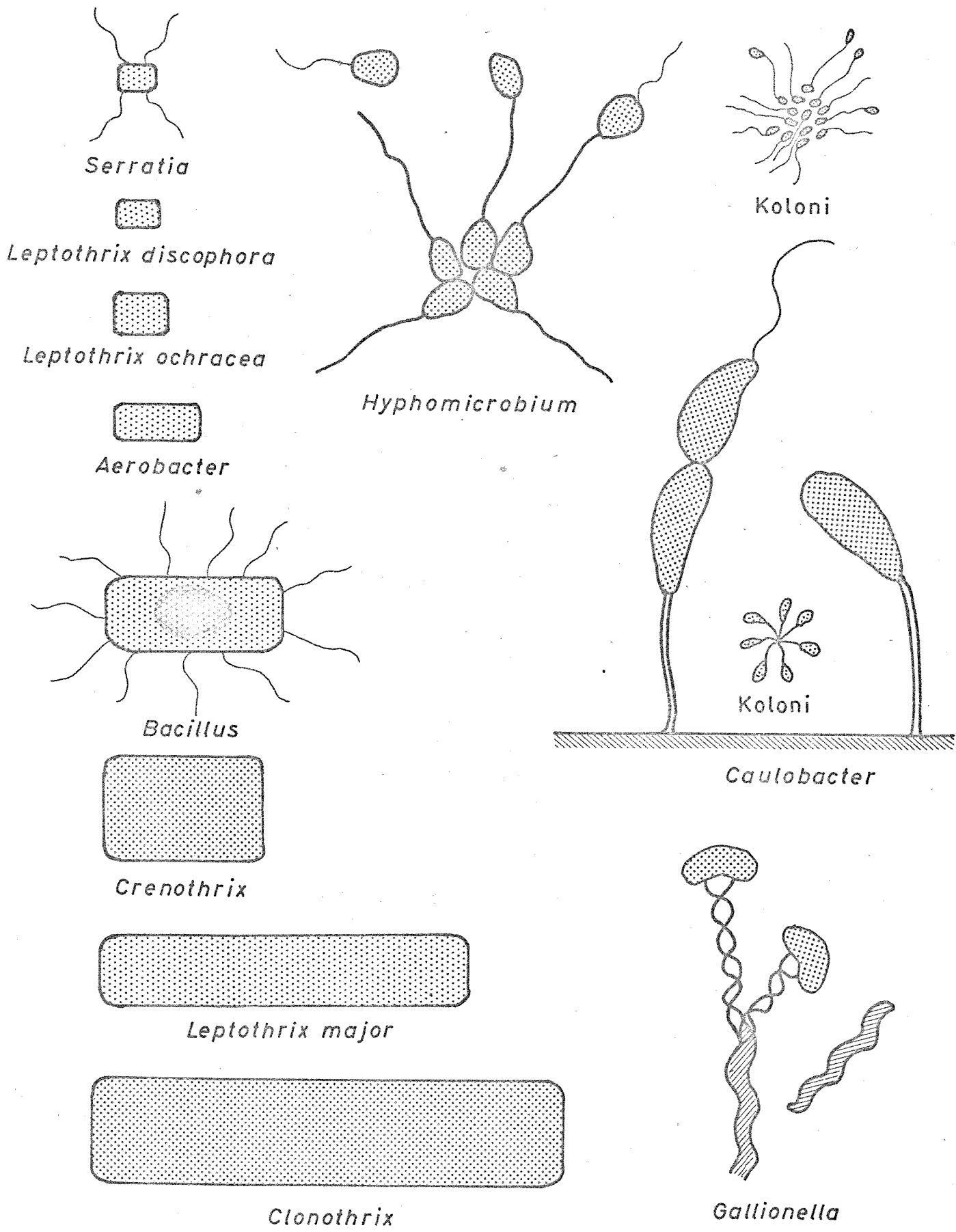
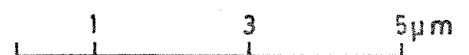


Fig. 3

Størrelse og utseende av bakterier fra ledningslam.



Den annen jernbakterie fra ordenen *Pseudomonadales* er *Siderocapsa*. Den er vidt utbredt i humuspåvirkede innsjøer, men vi har ikke funnet den som dominerende organisme i drikkevannslam.

Det finnes, som før nevnt, også andre bakterier som kan danne brun slimvekst i ledninger med vann som inneholder større mengder organisk stoff.

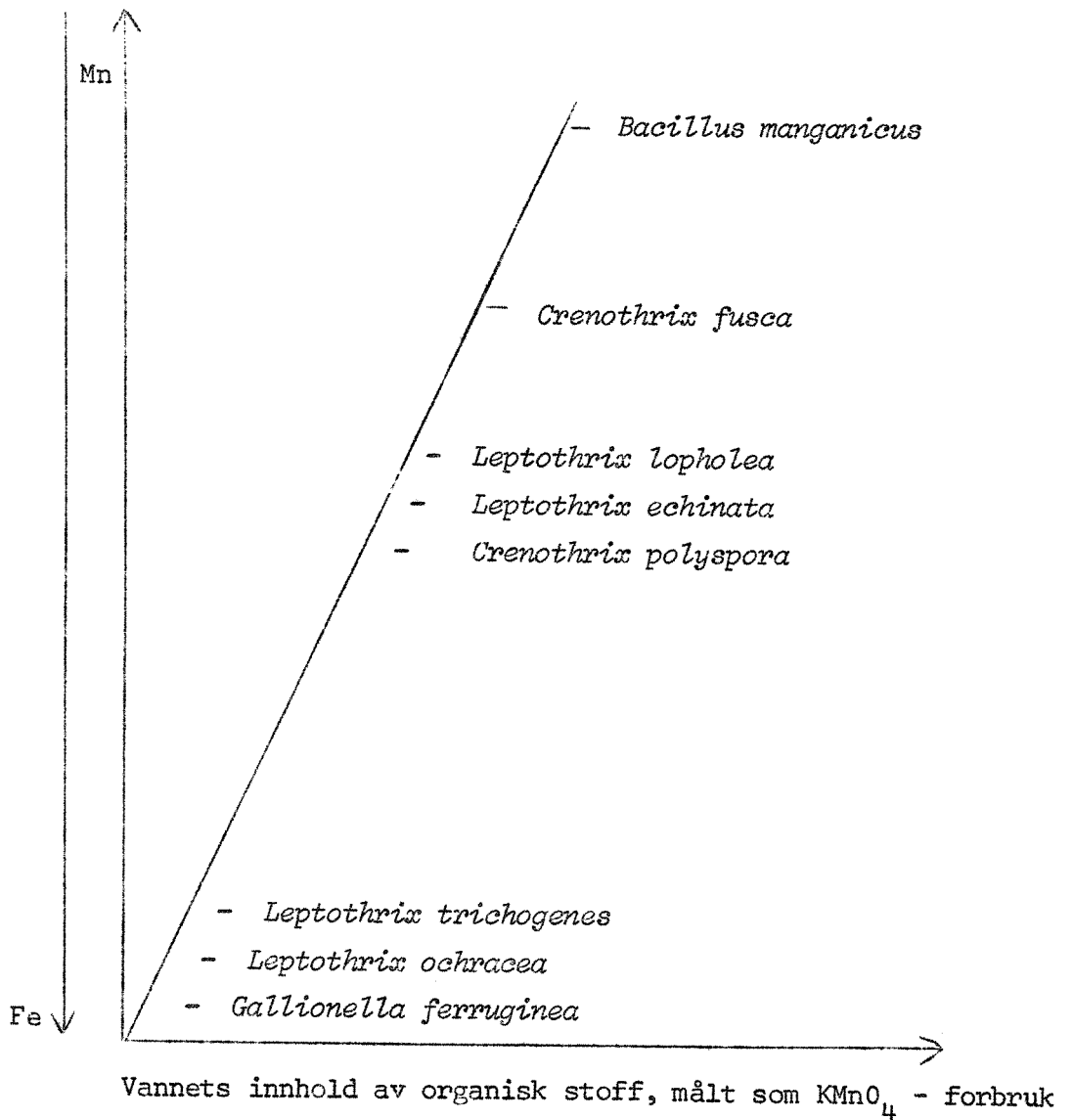
Aerobacter aerogenes har ofte vært funnet i slikt vann, samt *Serratia indica* og *Serratia marcescens*. Alle disse tilhører familien *Enterobacteriaceae*, og man bør være spesielt oppmerksom på at *Aerobacter* kan danne slikt slam fordi dennes tilstedeværelse i vannet vil gi positivt utslag i de vanlige rutineanalyser for coliforme bakterier. Flere *Bacillus*-arter har også vært funnet i ledningsslam, deriblant den manganoksyderende *Bacillus manganicus*.

Vi kan oppsummere våre erfaringer slik (se også illustrasjonen i figur 4):

1. Slam med jern- og mangan-oksyd uten tydelig innhold av aktive mikroorganismer tyder på at slammets dannelse er fysisk eller kjemisk utfelling eller korrosjon.
2. Tilstedeværelse av *Gallionella* og *Leptothrix ochracea* tyder på at slamdannelsen skyldes at vannet inneholder løst to-verdig jern, eller at ubeskyttet jern står i forbindelse med surt vann.
3. Tilstedeværelse av andre *Leptothrix*-arter eller *Crenothrix* tyder på at vannets innhold av mangan i tillegg til jern og organisk stoff er medvirkende årsak til slamdannelsen.
4. Hvis slammets dannelse er dominert av andre bakterier enn disse, er dette en indikasjon på at det er vannets innhold av organisk stoff som er hovedårsaken til slamdannelsen, uansett om slammets farge er brun eller ikke.

Konklusjonen må bli at både fysisk/kjemiske og biologiske prosesser er medvirkende til at det dannes slam i drikkevann. I utfellingen av jern- og mangan-oksyder spiller de såkalte jernbakterier en viktig rolle, men også andre bakterier kan være indirekte årsak til slik utfelling.

Vannets innhold av
jern og mangan



Figur 4. De forskjellige jernbakteriers
jern - mangan - spektrum.
Etter Beger 1952.

3. DYR I LEDNINGSNETT FOR DRIKKEVANN

Her i landet er det meget vanlig å benytte beskyttede, regulerte innsjøer til råvannskilde. På grunn av at innsjøen beskyttes mot ferdsel av mennesker og husdyr i dens umiddelbare nærhet, pleier det å ansees som tilstrekkelig behandling om vannet undergår grovsiling og lettklorering før det sendes ut i distribusjonsnett. Disse vannkildene er ofte preget av humusstoffer i partikulær og kolloidalt oppløst tilstand. Ved grovsiling kan både slike humusstoffer og zoo- og phyto-plankton, samt egg og larver og ofte også voksne individer av forskjellige dyr og insekter, med letthet føres inn i distribusjonsnett. Selv om kloreringen er sterk nok til å drepe dem, hvilket slett ikke alltid er tilfellet, vil de likevel kunne tjene som føde for dyr som lever i ledninger og reservoarer. Klorresten vil ikke holde seg lenge i vann som er rikt på organisk stoff, og de klorrester som vanligvis finnes i grovsilt vann her i landet, er ikke høye nok til å forhindre vekst av mikroorganismer og dyr i ledningene.

Det har vist seg at flere slags dyr kan leve i et ledningsnett for drikkevann. Forutsetningen for at dette skal skje, er at de må klare å komme seg inn i ledningsnett, at de må finne fysisk tilfredsstillende oppholdssteder (gunstige strømningsbetingelser), og at de kan finne nok mat. Den viktigste næringskilde for slike dyr er slam som er dannet i ledningsnett, enten sedimentert eller bakteriologisk dannet slam.

Bakterier, zoo- og phyto-plankton (figur 5) kan trenge gjennom sandfiltre og mikrosiler selv når disse drives forskriftsmessig. Bakterier vil dessuten være til stede i luften over bassenger og på veggene, slik at det alltid vil være kim til stede som kan starte slamdannelse. Egg, larver og hvilestadier av forskjellige dyr, og eventuelle innvollsparasitter, kan også trenge inn gjennom slike filtre. Det vil derfor være effektiviteten av desinfeksjonen som i disse tilfeller er det avgjørende for om mikroorganismene er levedyktige når de går videre med det behandlede vann. Ved å benytte svært fin sand i sandfiltre, eller maskeåpninger ned til 10 μm i mikrosilduken, vil det bare være bakterier og enkelte protozoer som har mulighet til å kunne trenge igjennom filtrene.

Figur 5 Størrelsesforhold mellom bakterier, phyto- og zooplankton.

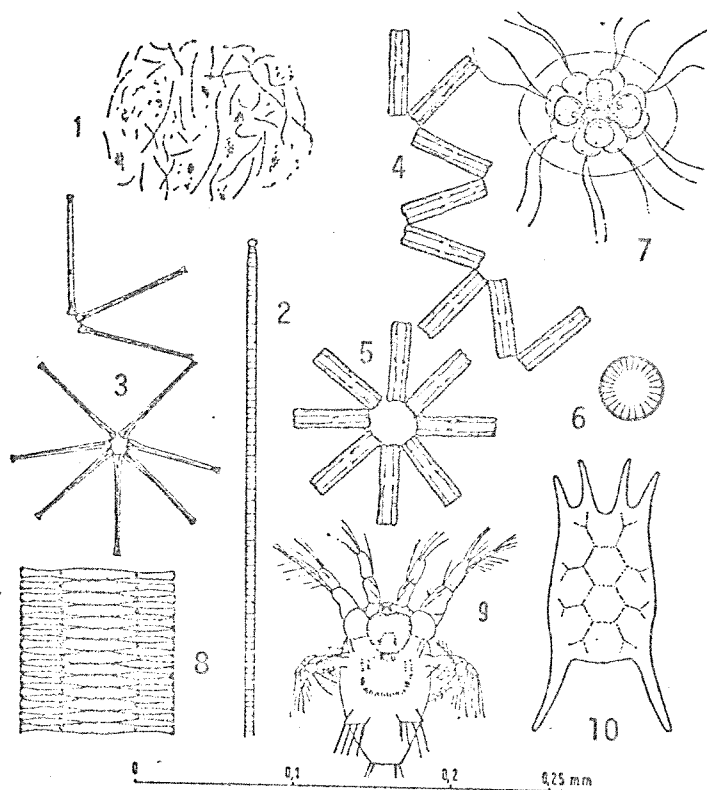


Abb. 18: Größenverhältnisse verschiedener im Wasserwerk Zürich auftretender Mikroorganismen. 1. Bakterien, die sich in befriedigender Menge nur durch Feinfilter zurückhalten lassen, 2. *Oscillatoria rubescens*, 3. *Asterionella formosa*, 4. u. 5. *Tabellaria fenestrata*, 6. *Cyclotella*, 7. *Pandorina morum*, 8. *Fragilaria crotonensis*, 9. *Nauplius*, 10. *Keratella quadrata*. - Nach MINDER

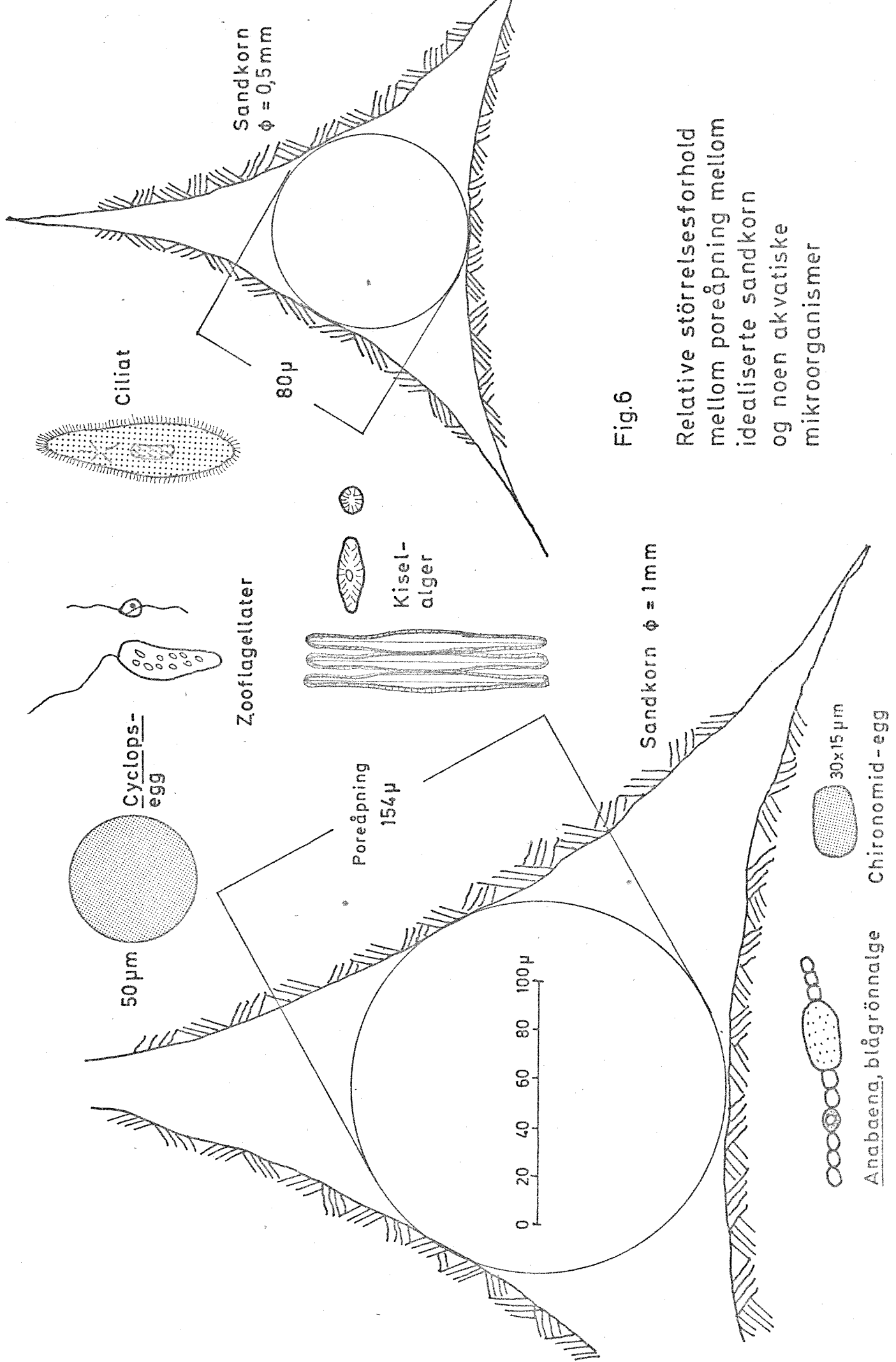
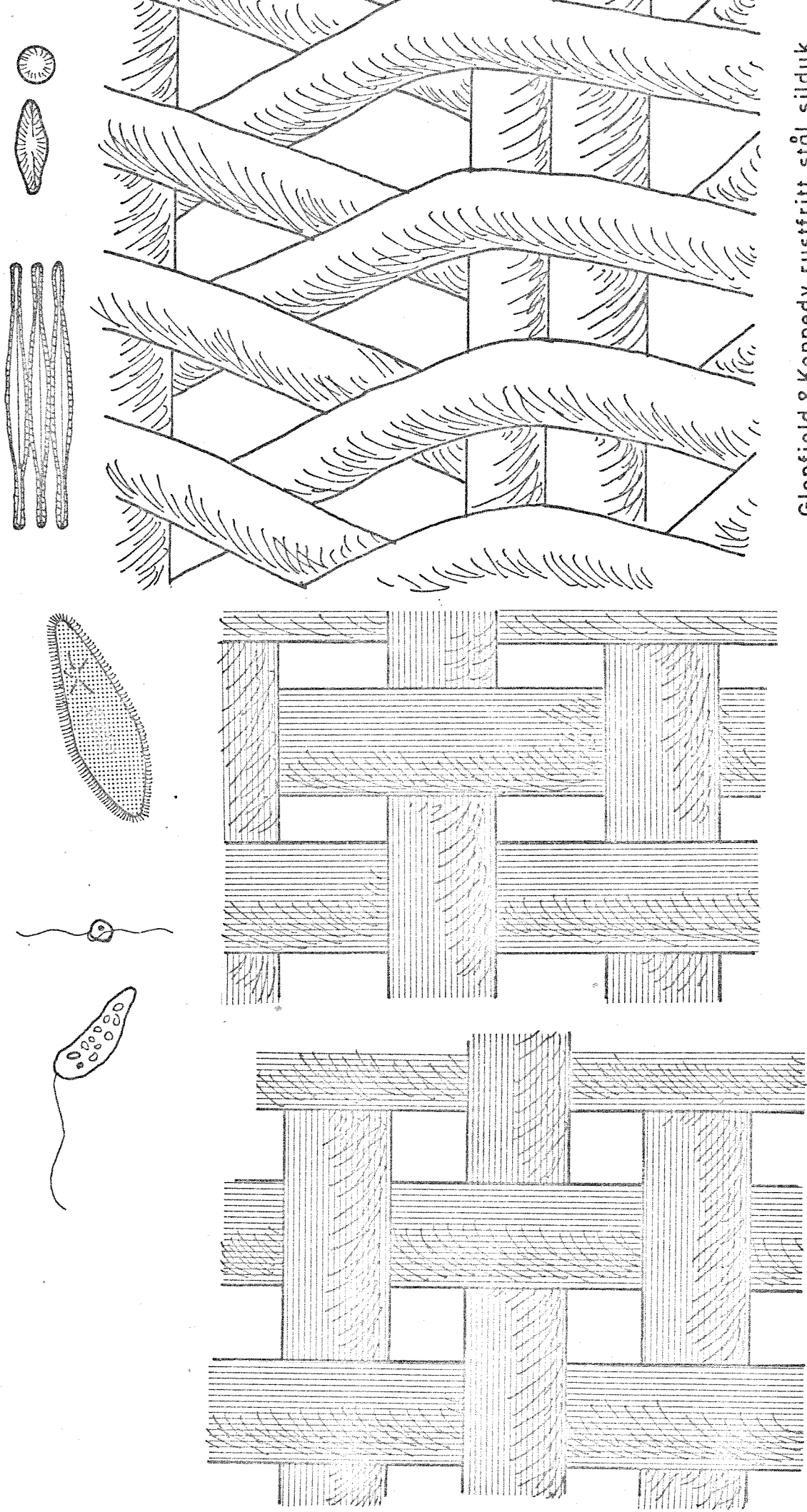


Fig.6

Relative størrelsesforhold mellom poreåpning mellom idealiserte sandkorn og noen akvatiske mikroorganismer

Fig.7 Relative størrelsesforhold mellom maskevidde for forskjellige mikrosilduker og noen akvatiske mikroorganismer



Glenfield & Kennedy rustfritt stål silduk
innvendig åpning 23μ

40 x 17μ

Passavant nylon silduk

28 x 28μ

Figurene 6 og 7 viser en skjematisk fremstilling av porestørrelsen eller maskeåpningene i forskjellige sandfiltre og mikrosilduker i forhold til størrelsen av enkelte av de nevnte organismer.

Organismer som har et larvestadium i vann, men som i fullvokst tilstand holder til på land, kan også komme inn i ledningsnettene via åpne reservoarer, via tildekkede reservoarer med overløp eller ventileringskanaler som ikke er godt nok beskyttet, eller til og med via udekkede nøkkelhull i dører inn til reservoarene. Metemark og landsnegler kan komme seg inn på slike steder, og selv om de ikke kan leve og formere seg i ledningsnettene, fører de til klager hos de konsumenter som får dem ut av springen.

Levedyktig phytoplankton vil ikke kunne formere seg i et lukket ledningsnett, da de får sin energi fra sollys. De kan imidlertid sedimentere i rørene og bidra til å danne slammer.

For zooplankton derimot, kan ledningsnettene være et ypperlig tilholdssted, for de ernærer seg av organisk detritus og bakterier. Zoo-flagellater og ciliater finnes nesten alltid i slikt slam. Nematoder forekommer hyppig; likeså hjuldyrene (Rotifers). Et annet dyr av samme størrelsesorden er tardigradene. De kan være til stede i ledningsslamm, selv om de er vanligst å finne ute i naturen. De lever av planteceller og smådyr. De kan tåle både tørke og streng kulde, og ligger da i en slags dvaletilstand. Noen av dem kan i fasett og bevegelse likne på bjørnen; noe som i Tyskland har ført til navnet "bjørnedyr". De hittil nevnte dyrene er illustrert i figurene 8 og 9.

Av disse er det bare nematodene som vil bli lagt merke til hvis de kommer ut av springen hos konsumentene. En av grunnene til dette er at den har kraftige bevegelser. De kan bli opp til 5 mm lange. Ved ett tilfelle i U.S.A. ble tilstedeværelse av større mengder nematoder i et ledningsnett oppdaget på følgende måte: En mor la merke til at hennes baby ikke klarte å suge melken ut av tåteflasken sin. Da hun skulle prøve å rense hullet i smokken, så hun at en liten mark satt fast der. Videre undersøkelser viste at det var en nematode, og at vannet i springen inneholdt mange slike. Vanligvis legger nematodene egg, men eggene kan også

PHYLUM: Aschelminthes

UNDERPHYLUM: Arhynchaschelminthes

KLASSE: Rotifera el.

Nematoda

Nematomorpha

Rotatoria

ORDEN: Bdelloidea Monogonata

Gordioidea el.

Gordiida

Gordiidae

FAMILIE:

Gordius

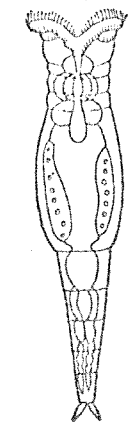
GENUS:

Taglmark

Horse hair worm

Hjuldyr

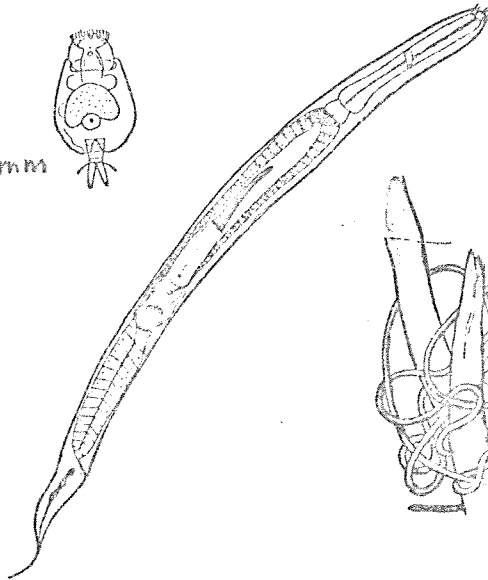
Nematoder



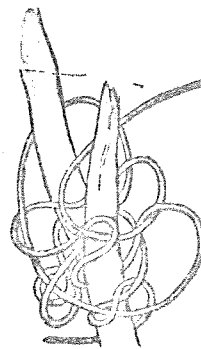
0,5 mm



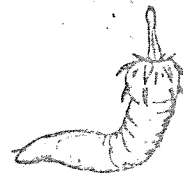
0,2 mm



1-5 mm



1/2 x 250 mm



ca. 0.3 mm

Den lange, tynde taglmarken Gordius med larver.

PHYLUM: Protozoa

KLASSE: Mastigophora

Ciliophora

UNDERKLASSE: Zoomastigina

Ciliata

ORDEN:

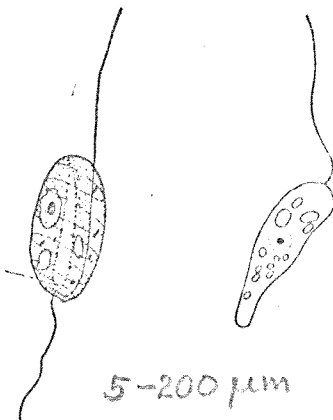
Holotricha

UNDERORDENEN:

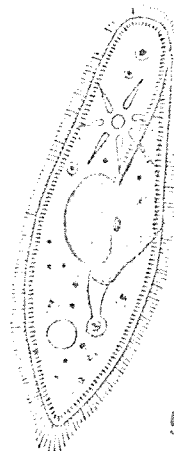
Hymenostomata

Genus:

Paramecium



5-200 µm



50-330 µm

Paramecium

Eksempler på protozoer fra drikkevanns-slam.

holdes tilbake av enkelte nematoder til de klekkes som små, ennå ikke fullt utviklede individer. De er meget resistente overfor klor og andre desinfeksjonsmidler og er derfor vanskelige å kontrollere. Det beste middel til å hindre dem i å utvikle seg i større mengder, er å forhindre at organisk detritus får samle seg, og at bakterier får vokse i ledningsnettet.

Noen mindre krepsdyr fra forskjellige underklasser innen *Crustacea* kalles ofte vannlopper. De er også hyppig å finne i forbindelse med slam i drikkevannsledninger. De ernærer seg av bakterier, andre smådyr og partikulært organisk materiale. De er fritt svømmende og har meget karakteristiske raske bevegelser - noe som har ført til betegnelsen vannlopper. De kan bli opptil 2,5 mm lange, men er ikke lett å få øye på uten forstørrelse. De er illustrert på figur 9.

Daphnia og *Chydorus* er typiske eksempler fra underordenen *Cladocera*. De bærer eggene i et ynglekammer på ryggen, og ungene klekkes også der slik at man da lett kan se flere små krepsdyr inne i det store.

Cyclops fra underklasse *Copepoda* kalles også for hoppekreps.

Cyclops-hunnen bærer to meget karakteristiske ynglekamre eller -poser på bakkroppen. Eggene er 0,05 mm lange og er levedyktige selv om de kommer utenfor ynglekammeret. De kan derfor lett trenge igjennom filtre med råvannet og komme levedyktige inn i ledningsnettet. De klekkes til nauplius-larver. Disse gjennomgår en rekke forskjellige stadier før de fremtrer som voksne *Cyclops*. Vannloppene kan man bli kvitt ved å fjerne slammet de lever i, fra ledningsnettet.

Større krepsdyr, som tanglopper og gråsugger, kan også leve i ledningsnettet. De er store nok til lett å bli lagt merke til dersom de kommer ut av springen. De er illustrert på figur 10.

De som har flattryttet rygg/bryst, kalles Isopoder, og de som har flattrykkte sider, kalles Amphipoder.

Gammarus og *Cranogonyx* er amphipoder og kan komme opp i lengder på 15 mm. På norsk kalles de ferskvannsreker eller tanglopper. De lever i de frie

FIGUR 9

PHYLUM: Arthropoda

KLASSE: Crustacea

Arachnida

UNDERKLASSE: Branchiopoda

Copepoda

ORDEN: Diplostraca

Cyclopoida Tardigrada

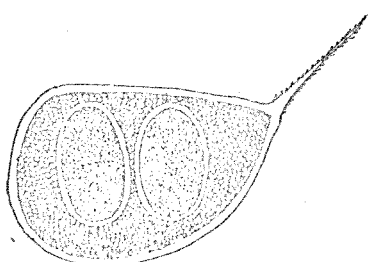
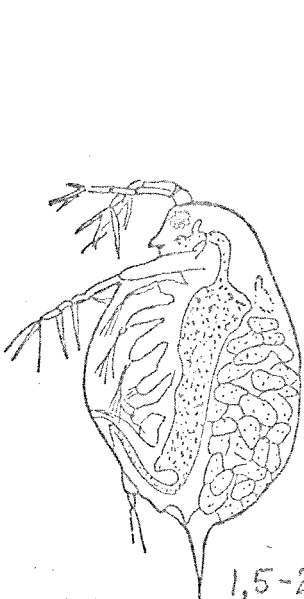
UNDERORDEN: Cladocera

FAMILIE: Daphnidae Chydoridae

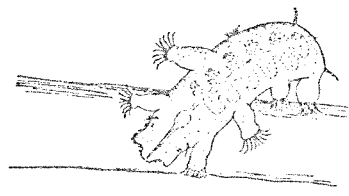
Cyclopoidae

GENUS: Daphnia Chydorus
Vannlopper
Water fleas

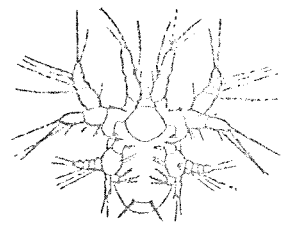
Cyclops
Mjornedyr



Daphnia ephippie
(overvintringsform)
ca. 0,1 mm

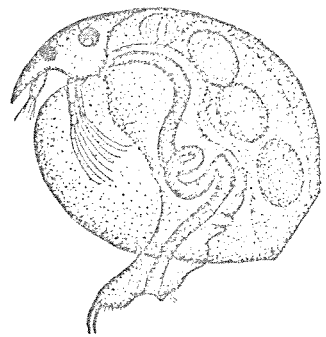


Bjornedyr
0,5 - 1,0 mm.

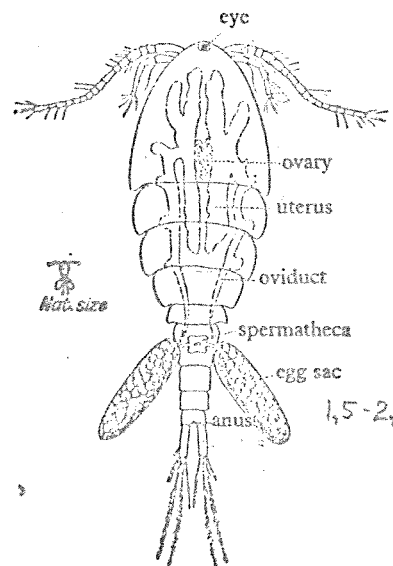


A. First nauplius of *Cyclops*
0,15 mm

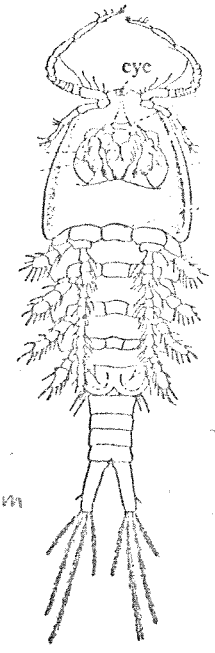
DAPHNIA sp.



Chydorus sp.



Dorsal view of ♀



Ventral view of ♂

Fig. 259. *Cyclops*. (Partly after Hartog.)

vannmasser eller svømmer langs rørveggene og spiser andre smådyr, bakterier og algerester. De kan leve i 1-2 år, og de formerer seg ofte. Deres avføring kan føre til klager over skittent vann. De er store nok til lett å bli lagt merke til av konsumentene, og døde krepsdyr som nedbrytes i ledningsnett, kan føre til vond lukt og smak på vannet. De holder seg ikke fast til rørveggene og kan fjernes ved vanlig spyling der vannhastigheten kan bli høy nok. Ellers kan de fjernes sammen med sedimentert stoff og slimbelegg ved hjelp av skrubbing med stykker av skumplast som presses gjennom hovedledningene ved hjelp av vanntrykket. Vannreservoarer bør imidlertid tilsettes pyrethrin slik at krepsdyrene blir drept og ført ut med spylevannet.

En undersøkelse som ble foretatt av Water Research Association i England - over hvilke dyr som var til stede i britiske vannforsyningsnett - viste at disse relativt store krepsdyrene var til stede i store mengder. Isopoden *Aseillus*, på norsk kalt gråslugge (engelsk: water louse), ble funnet å være det dyr som skapte de største problemene. Vanligvis er de 5-7 mm lange, men kan komme opp i lengder på 20 mm.

Selv om ledningsnett er sterkt infisert med *Aseillus*, vil de ikke ofte bli med vannet ut. De lever nemlig på rørveggene hvor de holder seg meget godt fast. De ernærer seg av dyre- og planterester som har sedimentert i rørene, og også av nydannet biologisk vekst på rørveggene. De er storeterere og kan til og med sluke vesentlige mengder rust sammen med organisk materiale. De produserer store mengder avføring, og det er denne som fører til stadige klager over skittent vann i sterkt infiserte ledningsnett. Da den holder seg så hardt festet til rørveggene (og til bunn og vegger i eventuelle reservoarer), lar den seg ikke fjerne ved spyling av ledningsnett. Den mest effektive metode til å fjerne den er funnet å være desinfeksjon med et spesielt desinfeksjonsmiddel - pyrethrin. Det blir tilsatt til en konsentrasjon på 0,01 mg pr. liter vann. Dette er tilstrekkelig til å paralysere *Aseillus* slik at den slipper taket i rørveggen. Den kan ikke svømme, og er den først kommet i de frie vannmasser, kan den spyles ut av ledningsnett på vanlig måte. Mange av de andre krepsdyrene dør også ved lengre tids opphold i denne pyrethrinkonsentrasjonen.

FIGUR 10

PHYLUM: Arthropoda

KLASSE: Crustacea

UNDERKLASSE: Malacostraca

ORDEN:

Peracarida

UNDERORDEN: Isopoda

Amphipoda

FAMILIE:

Gammaridae

GENUS: Asellus

Gammarus

Crangonyx

Gråsugge

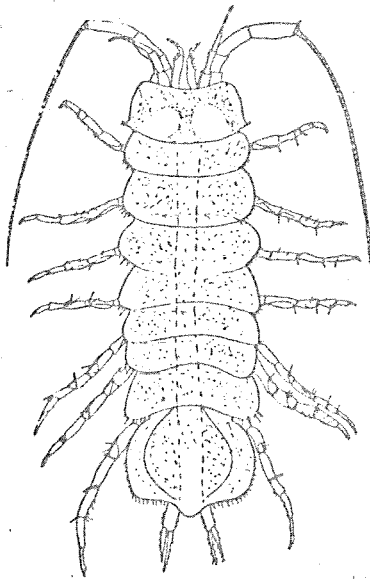
Tanglopper

Vandbænkebidder (dansk)

Tanglopper

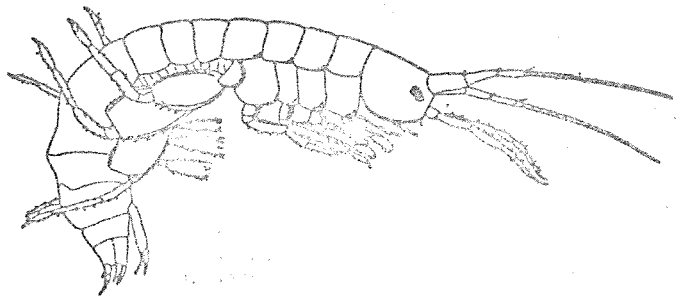
Water louse (eng.)

Freshwater shrimp

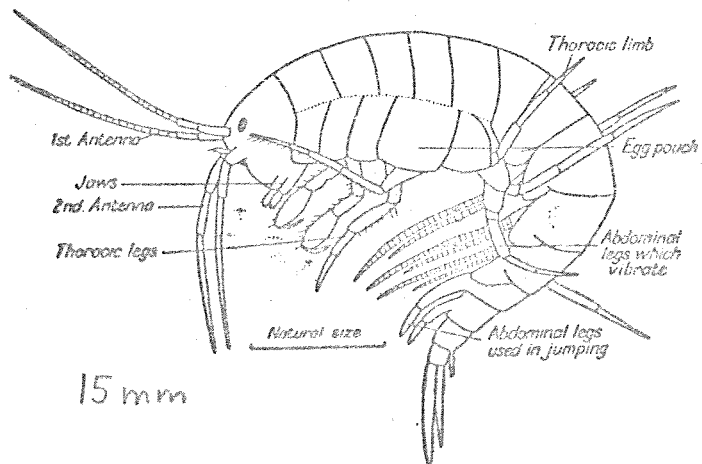


1 - 20 mm

ASELLUS AQUATICUS



CRANGONYX PSEUDOGRACILIS



15 mm

GAMMARUS PULEX

Hvis et ledningsnett er infisert med *Aseillus*, vil klagen over dyr i vannet ofte komme i perioder. Dette henger sammen med livs-syklusen for *Aseillus*. Hvert individ lever i 6-12 mdr. Hannene dør etter paringen, og hunnene dør når ungene er klekket. I månedene november til februar er det liten tendens til formering, og derfor ikke mange klager over dyr i vannet. I løpet av februar starter formeringssesongen. I april har ca. 70% av hunnene egg, og hannene, som dør, fører til mange klager i denne måned. I mai klekkes ungene, som da er ca. 1 mm lange, og hunnene dør - dvs. nye klager i mai. Hvis eggene blir fjernet fra ynglekammeret, klekkes de ikke, og de klekkes heller ikke dersom hunnen dør. Ungene vokser fort, og i juni-juli er de blitt 3 mm lange og formeringsdyktige. I september dør igjen en mengde hanner, og i oktober dør hunnene etter den andre formeringsperioden. Noen hunner med egg i ynglekammeret vil også være til stede i vinterperioden. Den beste perioden for behandling av et ledningsnett for å bli kvitt *Aseillus* er april måned. Den behandling vil da føre til at dyrene løsner og kommer ut i vannet. Selv om hovedledningene spyles, vil noen kunne finne veien til fordelingsnettene og føre til klager hos forbrukeren. Siden april likevel ville ha vært klagemåned, vil ikke konsumentene bli påført en ytterligere periode med dyr i vannet på grunn av behandlingen. Ved å sette inn behandlingen på dette tidspunkt får man også tatt knekken på årets yngel før de får spredd seg i nettet. Effektiv utspyling av endeledder er vanskelig, og dette gjelder også behandlingen med pyrethrin. Bare noen få desimeter med ubehandlet ledning kan føre til at dyrene derfra infiserer ledningsnettene på nytt. I ledningsnett med mange endeledder kan det derfor være nødvendig å desinfisere ledningsnettene hvert år.

Skall av døde krepsdyr er meget motstandsdyktige mot nedbrytning. De danner gjerne ansamlinger i assosiasjon med jern og blir av den grunn brunfarget og kan føre til klager over skittent vann.

En annen type dyr som, likesom krepsdyrene, hører til under phylum *Arthropoda*, er dipterlarver fra underklasse *Insecta*, figur 11. De kan komme inn i ledningsnettene som egg direkte med råvannet, eller

FIGUR -11

PHYLUM: Arthropoda

KLASSE: Labiata

UNDERKLASSE: Insecta

ORDEN: Diptera ←-----→ Trichoptera

UNDERORDEN: Nematocera

FAMILIE: Chironomidae

Polycentropidae

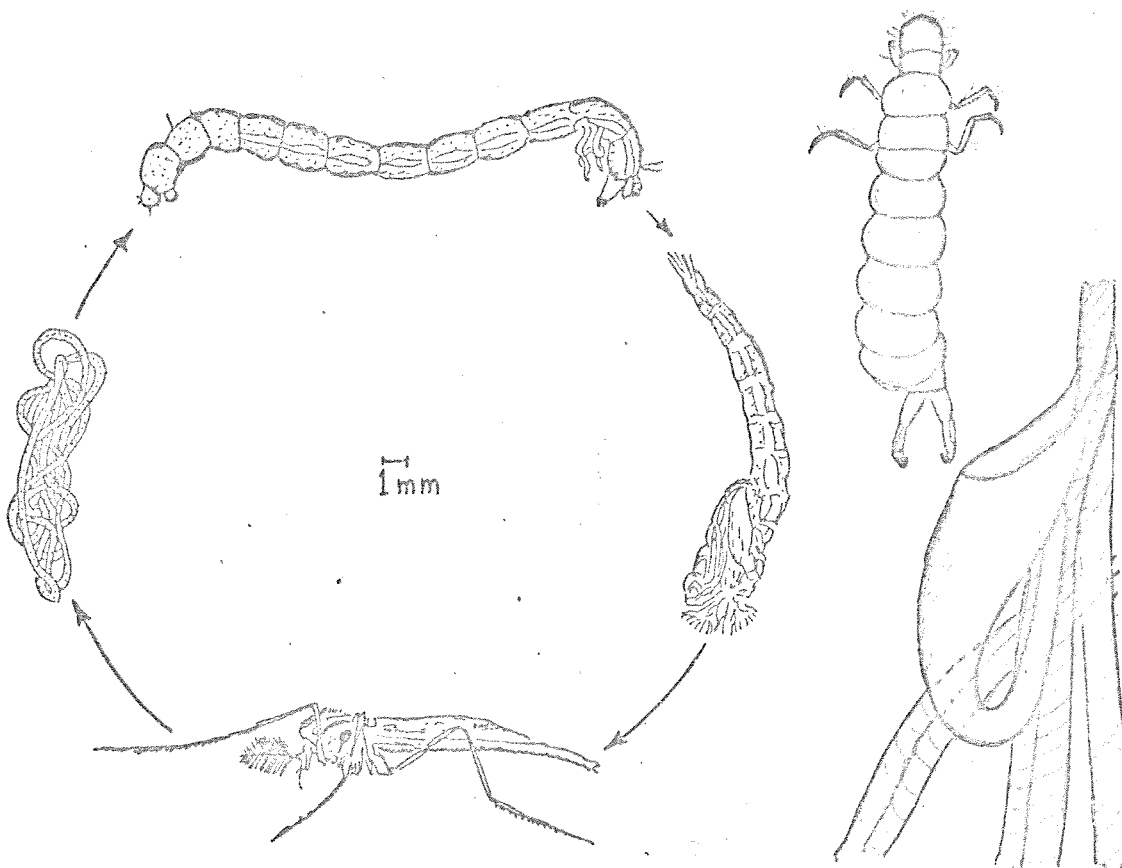
GENUS: Chironomus

Neureclipsis

Fjörmygg, larve

Vårflue, larve

Dansemyg, larve (dansk)



CHIRONOMUS sp - LIFE CYCLE

Vårfluelarve med fangst-
nett: Neureclipsis bi-
maculata

ved at voksne insekter legger sine egg i dårlig beskyttede reservoarer eller sandfiltre. Larver av fjørmygg, de såkalte chironomider, finner man ganske ofte i ledningsslam. Larvene er ofte i meget karakteristisk aktiv bevegelse og kan være røde, grønne eller hvite av farge. Et typisk eksempel er den røde *Chironomus* som kan nå opp i en lengde på 25 mm. Som mygg er den bare 5 mm lang. På engelsk kalles disse ofte på grunn av fargen for bloodworms.

Det kan også være av interesse å nevne et annet insekt som særlig skaper problemer med tilstopning og korrosjon på grovsiler, rister eller plater av jern. Det er vårfluelarven *Neureclipsis bimaculata*, som ser ut til å like seg godt på jern som står i forbindelse med strømmende vann. De kan danne store kolonier av fangstnett og derfor føre til forstopning. Larvene går over til pupper, og like før puppene klekkes, pleier det oppstå groptæring på jernflaten under kolonien. Denne korrosjon fører til at jernplatene eller ristene stadig må skiftes. Dette er et vesentlig problem i Norge, bl.a. ved Oslo Lyseverkers anlegg for overføring av vann i Hallingdal.

Dyr fra phylum *Annelida* er heller ikke sjeldne å finne i ledningsnett, figur 12. Vi har flere ganger mottatt vannprøver som inneholdt "mark" eller "orm" som er kommet ut av springen. De mest vanlige er oligochaetene - fåbørstemarkene - i familien *Naididae*. De lever stort sett av dødt organisk materiale (detritus) og bakterier, og kan bli opptil 25 mm lange. De synes å være mest aktive i perioder når vanntemperaturen generelt sett er høyest, som mai til oktober. De formerer seg oftest ved deling. Marker fra genusen *Nais* kan dele seg opptil én gang pr. tredje dag, slik at en enkelt mark kan ha formert seg til 1.000 i løpet av en måned. De er store nok til lett å bli lagt merke til i vannet, og dessuten bidrar de som matkilde for andre uønskede dyr i ledningene.

Både her og i England er det dessuten observert en oligochaet med et litt annet levevis, nemlig *Tubifex* fra familien *Tubificidae*. Den har vanligvis seksuell formering. Den kan leve på steder med lavt oksygeninnhold, og på slike steder ute i naturen kan den påtreffes i store ansamlinger. Dens tilstedeværelse i større mengder i et ledningsnett for drikkevann tyder på at større ansamlinger av organisk materiale er under

FIGUR 12

PHYLUM: Annelida

KLASSE: Clitellata

ORDEN:



UNDRERORDEN:

Rhyncobdellae

Pharyngobdellae

FAMILIE:

Naididae

Tubificidae

Glossiphoniidae

Herpobdellidae

GENUS:

Nais

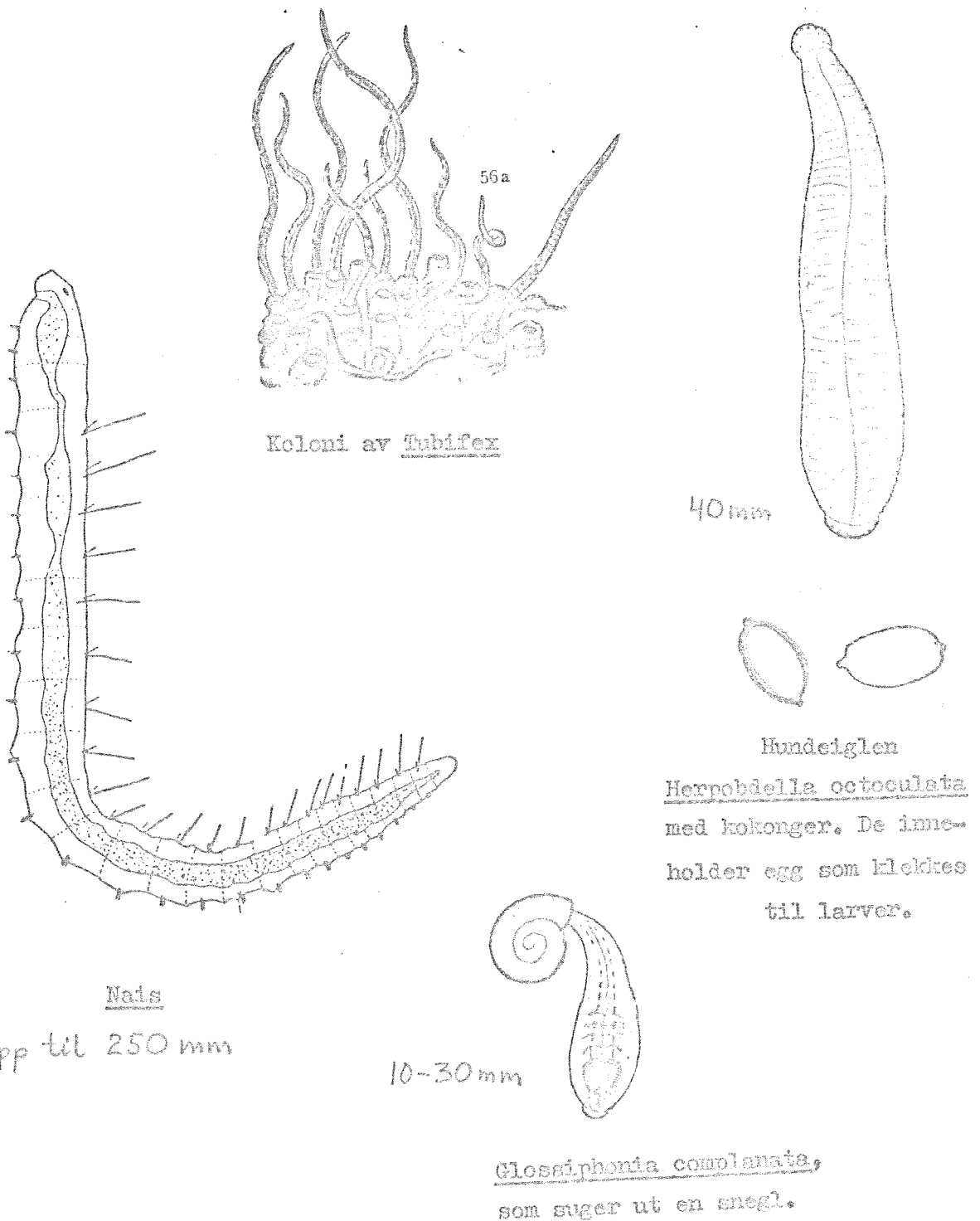
Tubifex

Glossiphonia

Herpobdella
(Erpobdella)

Fåbørstemakk

Igler



Koloni av Tubifex

Nais

Opp til 250 mm

10-30 mm

Hundeiglen
Herpobdella octoculata
med kokonger. De inneholder egg som klekkes til larver.

Glossiphonia complanata,
som suger ut en snegl.

nedbrytning, og dette kan føre til vond lukt og smak på vannet. Disse oligochaetene fjernes effektivt ved god spyling, men for å hindre reinfisering fra eksempler som ikke er blitt spylt ut, anvendes gjerne kloring med høye klordoser under og en stund etter spylingen.

Den såkalte brønntrådmarken *Haplotaxis gordioides* som ble nevnt i innledningen, er også en oligochaet. Den er meget tynn og kan bli opptil 30 cm lang. Den er rød og beveger seg som en vanlig oligochaet. Den synes helst å forekomme på lyssvake steder som i brønner og vannledninger, men lever også i myrer og elveslam. Fra Tyskland er den rapportert som vanlig organisme fra vannledninger, men da for det meste i eldre litteratur.

Igler tilhører også phylum *Annelida*, og de er heller ikke så sjeldne å finne i vannledninger. I Norge er hundeiglen *Herpobdella octoculata* (eller *Erpobdella octoculata*) ganske vanlig. Både denne og bruskgiglen *Glossiphonia complanata* fant man også i de britiske ledningsnett.

Hundeiglen sluker hele oligochaeter og chironomider samt andre smådyr, mens bruskgiglen suger kroppsvæske fra andre dyr - gjerne fra den lille damsneglen *Limnaea pereger* (*Lymnaea peregra*). Denne sneglen ble også funnet i de britiske ledningsnett. Iglene kan fjernes fra ledningsnett ved hjelp av skumplast-skrubbing og spyling, og i spesielt vanskelige tilfeller også ved bruk av høye klorkonsentrasjoner.

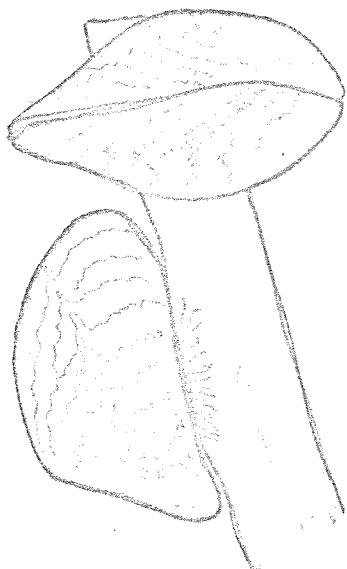
Tilstedeværelse av større mengder igler tyder på at det også er store mengder av andre dyr i ledningsnett. Den beste metoden til å forhindre masseutvikling av igler, er å hindre dem fra å kunne trenge inn i systemet.

Den foran nevnte sneglen *Limnaea pereger* er også observert i norske ledningsnett. Britene fant også hyppig en snegl som de kaller "Jenkin's spire shell", *Hydrobia jenkinsi*, (også kalt *Potamopyrgus jenkinsi*), figur 13. Disse sneglene ernærer seg av organisk detritus eller slam som er dannet i ledningene, og produserer egg som ikke behøver å befruktes. De er vanskelig å fjerne ved spyling og kan blokke ledninger, vannmålere etc. Skumplastskrubbing vil kunne fjerne de fleste.

FIGUR 13

PHYLUM: Mollusca

KLASSE:	Bivalvia	Gasteropoda (Gastropoda)	
ORDEN:	Eulamellibranchiata	Pulmonata	
UNDERORDEN:	Heterodonta	Basommatophora	
FAMILIE:	Dreissenidae	Limnaeidae	Hydrobiidae
GENUS:	Dreissena (Dreissena)	Limnaea (Lymnaea)	Potamopyrgus (Hydrobia)
ART:	D. polymorpha	Limnaea pereger Lymnaea peregra	P. jenkinsi H. jenkinsi
	Vandremusling	Liten dansnegl	
Eng.:	Zebra mussel	Wandering snail	Jenkin's spire shell



Litt forstørret, naturlig størrelse ca. 30 mm lang.
Dreissena polymorpha



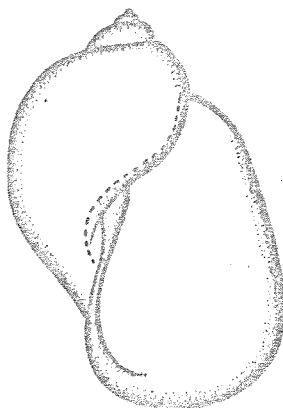
HYDROBIA JENKINSI
with keel

naturlig størrelse



HYDROBIA VENTROSA

naturlig størrelse →



L PEREGER

Limnaea peregra
(blir også kalt Limnaea ovata)

Vannledninger kan også bli begrodd med muslinger. I U.S.A. har den asiatiske *Corbicula fluminea* spredd seg meget raskt fra California til de sørøstlige deler av landet. Den var antakelig brakt til U.S.A. for bruk i akvarier. I England har de funnet vandremuslingen *Dreissena polymorpha* i vannledninger. Den kalles også "Zebra Mussel", fordi den har striper på skallet. Disse muslingene sitter godt festet til veggene også etter at de er døde. De ernærer seg av partikulært organisk stoff fra vannet, slik som mosdyr og svamper, og vil derfor som oftest være å finne i vann med relativt høyt innhold av slike stoffer, i alminnelighet i råvannsledningene. Det er blitt rapportert at en 900 mm ledning i et vannverk i England hadde fått indre diameter redusert til 200 mm på grunn av muslingvekst. Muslingskallene må fjernes ved skraping, og ny infisering ved de frittstående larver kan avverges ved å klorere vannet. Når disse molluskene dør, vil nedbrytningen av dem kunne føre til vond lukt og smak på vannet. *D. polymorpha* er den eneste ferskvannsmusling som har frittstående larver. Muslinger har også vært funnet i danske ledningsnett.

Dyr fra phylum *Aschelminthes* kan også finnes i drikkevannsledninger. I tillegg til de allerede nevnte rotifers og nematoder finner man her i landet også ganske ofte den lange, tynne taglormen fra klassen *Nematomorpha*, *Gordius aquaticus*. Dette er den i innledningen omtalte "hestehårsmark". Den er ca. $\frac{1}{2}$ mm bred og kan bli ca. 25 cm lang. Den er sort eller hvit, og har bare langsom eller ingen bevegelse. Det er lite sannsynlig at den kan leve og formere seg i et ledningsnett, derfor må den ha kommet inn med råvannet. Den har en meget spesiell livssyklus. Som voksent individ tar den ikke til seg næring, den bare legger egg i vann. Den har seksuell formering. Eggene klekkes til små larver som spises av insektlarver i vannet. Deretter borer de seg gjennom tarmen og inn i kroppshulen. De tar sannsynligvis opp næring direkte gjennom kroppsveggen. I de voksne insekter utvikler de seg til voksne individer. De forlater verten når denne kommer i kontakt med vann.

Mollusker er illustrert på figur 13, hestehårsmarken *Gordius* på figur 8.

FIGUR 14

PHYLUM: Porifera
 KLASSE: Demospongiae
 ORDEN: Monaxonida
 FAMILIE: Spongillidae (freskvanns-svamper)

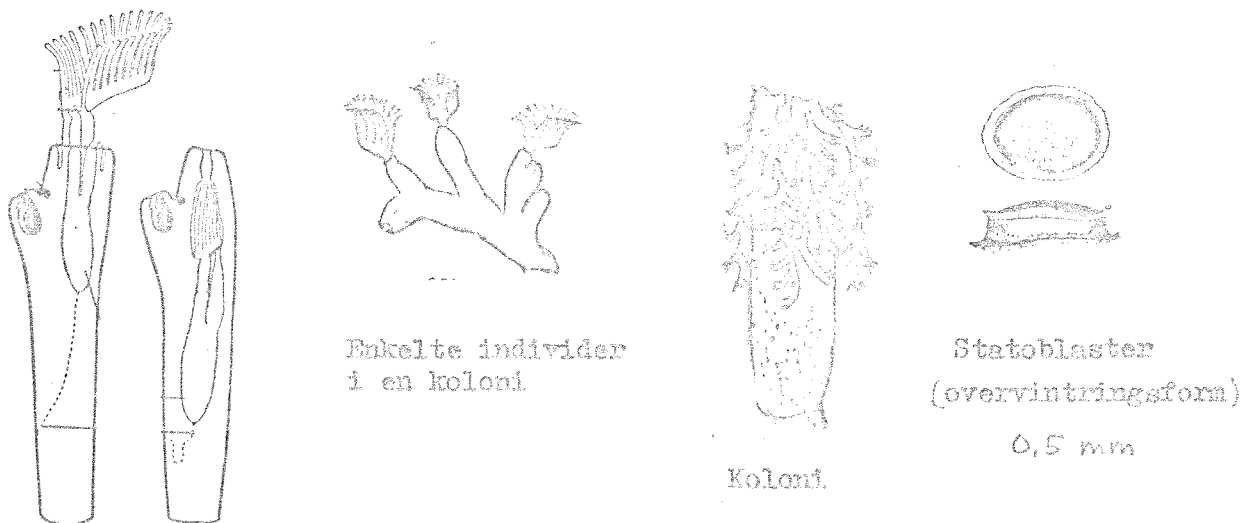
GENUS: Spongilla

Ephydatium



Svamper
 Spongilla lacustris, Ephydatia fluviatilis, gemmule (overvintringsform) 0,5 - 0,8 mm

PHYLUM: Bryozoa (Ectoprocta, Polyzoa)
 KLASSE: Lophopoda (Phylactolaemata)
 Genus: Plumatella, Cristatella



Enkelte individer i en koloni, Koloni, Statoblaster (overvintringsform) 0,5 mm

Skjematisk bilde av art tilhørende klasse Lophopoda. Til venstre med zooiden uke, til høyre med zooiden inntrukket.

Som før nevnt er det her i landet vanlig med grovsiling og lettklorering av vann som skal distribueres i ledningsnett. Derfor kan vi få vekst av slike dyr som man ellers bare finner i råvannsledninger. Ett eksempel på dette er mosdyrene - bryozoene - *Plumatella* og *Cristatella*. De kan danne tette kolonier som fører til tilstopning av rørene. I England er de funnet i grusen i dreneringsgrøfter for hurtige sandfiltre. Også svamper (*Porifera*) kan danne tette, tykke belegg i ledningene. Vi har observert belegg av ferskvannssvampene *Spongilla* og *Ephydatia*. Både svamper og mosdyr gjennomgår et hvilestadium om vinteren. Bryozoene danner brune statoblaster og svampene gemmulae. *Spongilla* har gulfargede gemmulae. Når statoblaster og gemmulae er dannet, dør resten av dyret, og i nedbrytningsperioden kan det føre til vond lukt og smak på vannet. Mosdyrenes pergamentliknende hylstre blir sittende igjen på veggene og kan bare fjernes ved kraftig skraping. Både mosdyr og svamper ernærer seg av partikulært organisk materiale i vannet. Mosdyr spiser f.eks. kiselalger og protozoer. De er et tegn på at vannet inneholder mye partikulært materiale.

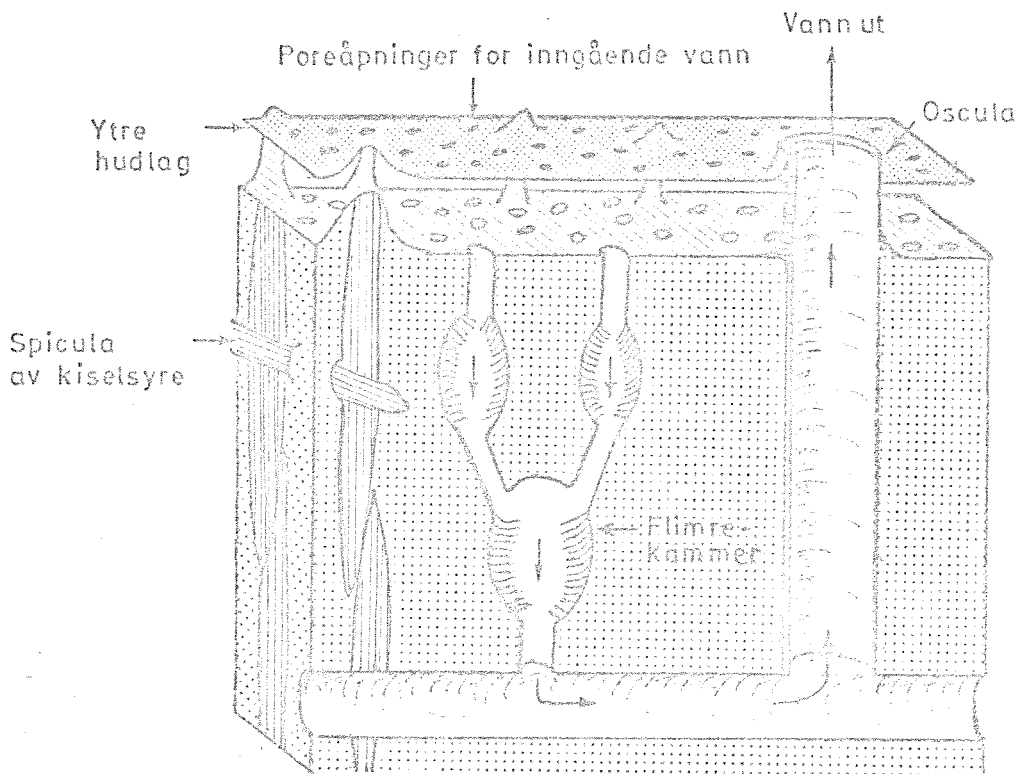
Svampene tar inn vann gjennom noen små porer på overflaten og pumper det gjennom sitt indre ved hjelp av små flimmerhår i såkalte "flimrekamre" (se skjematisk fremstilling av en svamp på figur 15). Svampene er bygd opp av et skjelett av små kiselsyre-nåler (spicula), som er holdt sammen av en kittsubstans av hornaktig karakter, spongin. Ca. 1/13 av svampens vekt kan være kiselsyre. Grunnsubstansen består av såkalte amøbocytter, som er i stand til å produsere alle de andre delene av svampen, samt å holde tilbake og fordøye partiklene som kommer inn med vannet. De danner også hudlaget, veggene i porer og kanaler, og flimmerhårene, men alle amøbocytene kan gå tilbake til felles form. Når omgivelsene av en eller annen grunn blir ugunstige, omgir amøbocytene seg med et tykt "skall"; de danner gemmulae.

Inne i svampen blir næringsstoffene fordøyd, og det som ikke kan benyttes, føres videre med vannet gjennom stadig større kanaler til det til slutt går ut gjennom de store poreåpningene som kalles oscula.

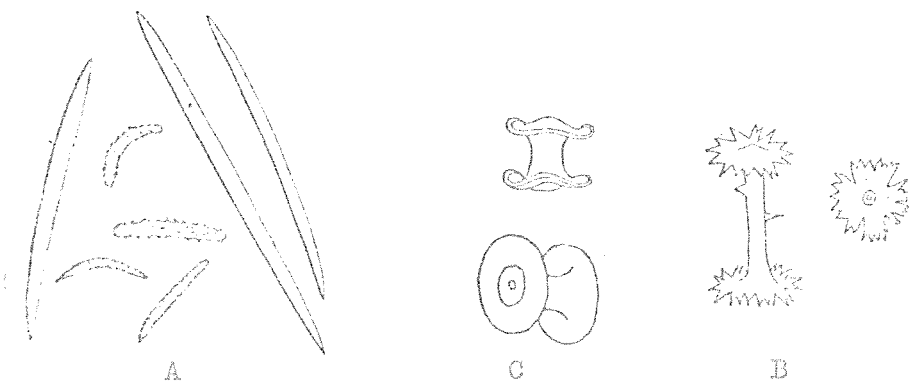
Tilstedeværelsen av mosdyr og svamper kan lett påvises ved å la vann fra springen renne gjennom et passende plankton-nett sent på høsten eller om vinteren. Hvis dyrene har vokst i ledningsnett, kan en vente å finne gemmulae og/eller statoblaster i det materiale som samles opp i nettet.

Fig. 15 SKJEMATISK FREMSTILLING AV SVAMPERS OPPBYGNING

Figuren illustrerer *Spongilla*, med ytre hudlag og oscula som hever seg over hudlaget.



Nedenfor er forskjellige svampers kiselsyre-nåler illustrert.



- A. *Spongilla lacustris* (Aut.) Nåler. De lange tilspidsede: Macroscelerer. De to nederste i Midten er Microscelerer (Kedjanke). De to øverste er Nåler, der ligger om Gennuløbe.
- B. *Ephyralia Mülleri* (Bleek.), Amphidiscer
- C. *Trochospongilla horrida*, Weltner. Amphidiscer.

I den nevnte undersøkelsen av de britiske vannledningsnett, viste det seg at av de litt over 100 arter som ble funnet i ledningsnettene, var det bare noen få som førte til klager fra konsumentene. Ingen av de artene som levde og formerte seg i ledningsnettet, ble funnet å frembringe eller overføre sykdommer til mennesker eller dyr. I tropene kan det stille deg noe annerledes, da f.eks. et krepsdyr som kalles *Cyclops*, er vertsdyr for overføring av nematoden *Dracunculus medinensis*, eller Guineaormen.

Nematoden slipper sine larver i vann, og der blir de spist av bl.a. copepoden *Cyclops* sammen med annen føde. Hvis vannet drikkes av mennesker, vil larvene som nå har utviklet seg videre inne i copepoden, vandre gjennom menneskets tarmvegg og ut i et av lemmene. Der utvikler den seg i løpet av 10-14 måneder til smertefulle byller. Hannen blir 4 cm lang, mens hunnen kan bli over 1 meter lang. Hunnen utvikler larver i kroppshulen, og når byllen kommer i kontakt med vann, slipper nematoden larvene i vannet gjennom et lite hull i byllen.

I laboratorieforsøk er det funnet at ellers ufarlige nematoder kan overføre sykdomsbakterier via sine tarmer fordi nematodene generelt tåler høyere klorkonsentrasjoner enn bakterier og derfor ikke blir drept ved klorering av vannet. Dette er ikke forsøkt testet i felten. I begge de nevnte tilfeller vil sykdommer bare overføres via individer som nylig er trengt inn med råvannet, ikke via individer som er født og oppvokst i ledningssystemet.

4. BEKJEMPELSE AV SLAMPROBLEMER

For effektivt å kunne bekjempe en slik slamdannelse i et ledningsnett bør man først prøve å finne fram til hvordan slammet er dannet. Den beste fremgangsmåte vil være å få samlet nok slam til å utføre mikroskopering, samt analyser av frafiltrerbart tørrstoff, gløderest, jern og mangan. Ved å benytte glassfiberfiltre til filtreringen kan de kjemiske analyser utføres direkte på filteret. Har man ikke mulighet til å utføre dette, kan man komme langt med å filtrere fra partikler ved hjelp av et membranfilter, for deretter å utføre testing for jern og mangan direkte på filterene. Et filter kan klippes opp i f.eks. tre biter. En bit tilsettes en blanding av kaliumferrocyanid og saltsyre. Saltsyren vil løse jernoksyd, og det tre-verdige jern danner en kompleksforbindelse med ferrocyanid-ionet. Forbindelsen er sterkt blåfarget, og hvis alle kalium-ionene byttes ut med jern, får vi en tungt løselig forbindelse som felles ut. Den kalles berlinerblått. Den andre biten kan tilsettes eller legges over på et stykke filtreringspapir fuktet med en spesiell manganreagens, kalt leukomalakittgrønt. Hvis prøven som ble tilsatt leukomalakittgrønt, inneholder MnO_2 , vil det dannes et mørkt blå-grønt fargestoff som diffunderer ut fra de brune partiklene. Metoden baserer seg på at leukoformen av fargestoffet malakittgrønt bare lar seg oksydere av sterke oksydasjonsmidler som f.eks. kromat, permanganat og MnO_2 . Av disse er bare MnO_2 til stede i naturlige vannmasser. Den tredje biten kan tørkes og plasseres på et objektglass. Ved å tilsette vanlig mikroskoperingsolje blir filteret gjennomsiktig, og de frafiltrerte partikler kan mikroskoperes direkte.

Når det grønnlige fargestoffet malakittgrønt dannes, går en del av det brune stoffet i oppløsning. Dette kan benyttes ved mikroskopering for å avgjøre i hvilken grad slam består av organisk eller uorganisk materiale. Til samme formål kan man også benytte en løsning av 5% oksalsyre i 1 N saltsyre. Da kan man lettere se eventuelle mikroorganismer i slammet fordi den brune fargen, som ofte dekker store deler av preparatet, forsvinner, slik at slammets struktur trer tydeligere frem. Disse testreaksjoner for jern og mangan kan også utføres direkte i slamprøver hvis man

Tabell 3. Nødvendige vannhastigheter for effektiv spyling.

Rørdiameter		Minimumshastighet for å suspendere løse sedimenter av partikler av størrelse tilsvarende diameter 0,2 mm					
inches	mm	Spes.vekt 3,0		Spes.vekt.2,0		Spes.vekt 1,5	
		m/sek	l/sek	m/sek	l/sek	m/sek	l/sek
2	50	1,3	3,2	0,92	1,9	0,67	1,5
3	75	1,6	7,6	1,1	5,3	0,80	3,8
4	100	1,8	15	1,3	11	0,92	7,6
5	125	2,1	26	1,5	18	1,0	13
6	150	2,3	41	1,6	28	1,2	21
8	200	2,6	83	1,8	59	1,3	42

Denne tabell er omregnet etter tabell med engelske mål i WRA Technical Paper TP. 63 1969.

har tilstrekkelig slam. Da kan farging av jernholdig materiale, manganholdig materiale og avfarging med oksalsyre-reagens også utføres direkte på objekt-glasset mens man følger prosessen i mikroskopet.

Man bør være oppmerksom på at svart slam ikke alltid betyr at det inneholder MnO_2 (brunsten). Jernsulfid dannes ofte i anaerobt slam, og det er svart av farge. Dersom et mørkfarvet slam ikke gir grønnfarge med leukomalakittgrønt, kan man tilsette saltsyre. Hvis slammet inneholder jernsulfid, vil det bli dannet jernklorid og H_2S - en gass med meget karakteristisk lukt - som råttent egg. Dersom slam fra et ledningsnett inneholder jernsulfid, betyr det at det må være anaerobe tilstander enkelte steder i nettet. Det vil igjen si at større mengder organisk stoff har gått i forråtnelse, og dette vil føre til vond lukt og smak på vannet.

Spyling av ledningsnett er i det foregående nevnt som et middel til å bli kvitt plager med dyr og slam i vannet. En forutsetning for å kunne utføre en effektiv spyling er at det kan oppnås tilstrekkelig vannhastighet også i de store hovedledningene. Tabell 3 viser hvilke vannhastigheter som er nødvendig for å suspendere og transportere større mengder av partikler på ca. 0,2 mm i diameter og med forskjellig tyngde. Hvis partikkelstørrelsen er mindre, og hvis partikkelkonsentrasjonen i vannet er lav, kan spylingen bli effektiv også ved lavere vannhastigheter. Mange dyr og andre mikroorganismer i slammet er meget små og har spesifikk vekt på ca. 1,0. Dersom det er større mengder rustpartikler eller sand i ledningsnett, kan det bli nødvendig med høyere vannhastigheter enn den som er angitt for spesifikk vekt 3,0. Teknikken med den nevnte skumplast-skrubbing av nettet er utviklet i England og er beskrevet i en rapport fra Water Research Association (WRA Technical Inquiry Report TIR 130 (26)).

På lang sikt vil den beste metode til å hindre slamdannelse i et ledningsnett være å fjerne årsaken til dens dannelse. Det kan bli nødvendig å fjerne jern og mangan ved spesielle oksydasjonsprosesser. Bakterievekst kan forsøkes forhindret ved tilsetning av desinfeksjonsmidler, men det kan være vanskelig å få desinfeksjonen til å bli vellykket. Det beste ville derfor være å fjerne så mye som mulig av det organiske stoff i vannet. Dette vil da bli et teknisk - men også ofte et økonomisk - problem.

Tabell 4. PROBLEMER MED SLAM OG DYR I DISTRIBUSJONSNETT FOR VANN. SKJEMATISK BESKRIVELSE AV ÅRSAKER OG METODER TIL BEKJEMPELSE AV PROBLEMENE.

Organisme	Næringskilde	Habitat	Problem	Fjerning av problemet/organismene i systemet	Forhindring av problemet
Ingen	-	(oppløst i vannet)	Brunt vann	-	Blekning ved oksydasjon. Koagulering (fullrensing)
Ingen	-	(utfelt fra vannet)	Brunt slam Korrosjon av ledningen	Spyling	Koagulering eller siling (humusstoffer). Fjerning av jern (rustslam). Forhindring av korrosjon ved nøytralisering av surt vann
Kiselalger Phytoplankton Grønnalger Blågrønnalger	Lys, CO ₂ , plante- næringsalter	Kan ikke leve i lukkede lednings- system, må ha kom- met inn med råvannet	Er med på å danne "sedimentert slam" i ledningene; Grønt til brunt slam	Spyling	Siling, koagulering
BACTERIER: <i>Callionella</i> <i>Leptothrix ochracea</i>	Metallisk jern el. Fe ⁺⁺ oppløst i vannet	På rørenes innside	Rustbrunt slam, korrosjon	Skumplastskrubbing, spyling	Fjerning av jern. Forhindring av korrosjon ved nøytralisering av vannet
<i>Leptothrix discophora</i> <i>Cionothrix</i> <i>Crenothrix</i>	Oppløst i vannet: Fe ⁺⁺ , Mn ⁺⁺ og små mengder organisk stoff	På rørenes innside	Rustbrunt til mørkebrunt slam	Skumplastskrubbing, spyling	Fjerning av jern og mangan
<i>Beqgiatou</i> ----- <i>Thiotrix</i>	Vannet: Redusert svovel (H ₂ S) Små mengder oppløst organisk stoff i anaerobt vann	Overflaten av reservoarer ----- På rørenes innside	Grått slam, vond lukt og smak	Skumplastskrubbing, spyling	Fjerning av H ₂ S (ved lufting) og filtrering
<i>Hiphomicrobium</i>	Lavmolekylært org. stoff i lav konsentrasjon i vannet; event. også oppløst Mn ⁺⁺	På rørenes innside	Mørke brunt slam	Skumplastskrubbing, spyling	1. Fjerne organisk stoff, enten ved fullstendig oksydasjon eller koagulering (evt. siling i sandfilter). 2. Kontinuerlig desinfisering av ledningsnettet.
<i>Caulobacter</i>	Små mengder oppløst organisk stoff i vannet	På rørenes innside	Brunt slam	Skumplastskrubbing, spyling	Fjerne mangan. Fjerne organisk stoff + kont. desinf. i tillegg.
<i>Bacillus marginicus</i>	Større mengder oppløst organisk stoff i vannet	På rørenes innside	Mørke brunt slam	Skumplastskrubbing, spyling	Fjerne organisk stoff + event. jern og mangan, og kontinuerlig desinfisering i tillegg.
<i>Bacillus- Aerobacter aerogenes</i> <i>Serratia imitica</i> <i>Serratia marcescens</i> SOPP	Større mengder oppløst organisk stoff i vannet	På rørenes innside, spesielt på pakningsmaterialet i skjøter o.l.	Brunt til grått slam	Skumplastskrubbing, spyling	Fjerne organisk stoff + event. jern og mangan, og kontinuerlig desinfisering i tillegg.

Tabell 4. (Fortsatt)

Organisme	Næringskilde	Habitat	Problem	Fjerning av problemet/organismene i systemet	Forhindring av problemet
Zooflagellater Ciliater Ejuidyr (rotifers) Tardigrader Vannlopper: <i>Daphnia</i> <i>Cyclops</i>	Sedimentert slam fra vannet. Bakterievekst på rørenes innside.	I festsittende og sedimentert slam i ledningene.	Ingen i seg selv, er ikke synlige i slamm uten forstørrelse. <i>Cyclops</i> kan være synlig uten forst.	Fjerne slamm.	Forhindre slamdannelse.
Nematoder Opp til 5 mm lange	Slam i ledningene; sedimentert og produsert.	Som ovenfor.	Kan være synlige uten forstørrelse i slammfrende vann.	Fjerne slamm. Resistent overfor klor og andre desinfeksjonsmidler.	Forhindre slamdannelse.
<i>Aseelus</i> Gråugge 5-7 mm, opptil 20 mm lange.	Slam i ledningene; sedimentert og produsert.	Lever på rørenes innvendige flater, holder seg godt fast til veggen.	Store nok til å være synlige, dyr etter formering og kommer ut med vannet. Produserer også nye ekskrementer som fører til skittent vann.	Desinfeksjon med pyrethrin. Dyrene lammes og løser seg fra veggene. Deretter spyling.	Forhindre slamdannelse.
<i>Gammarus</i> <i>Crangonyx</i> Tanglopper Opp til 15 mm	Slam i ledningene.	Frittsvømmende i ledninger og reservoarer.	Kommer ut med vannet; klager over "dyr i vannet". Dekomponerende krepsdyr fører til vond lukt og smak, skallene forårsaker ofte sammen med rust, slammfrende vann. Det samme for deres ekskrementer.	Spyling med høye vannhastigheter, da de er gode svømmere. Skumplastskrubbing og spyling kombinert med pyrethrinbehandling er effektivt.	Forhindre slamdannelse.
Oligochaeter: (Påbrøstemaker) <i>Nais</i> opp til 25 mm <i>Tubifex</i> Chironomider (Fjærrygglarver)	Slam i ledningene.	Lever i slamm.	Klager over "makker i vannet". Dekomponerte dyr fører til grusset vann.	Spyling med høye klor-doser under og en stund etter spyling.	Forhindre slamdannelse.

(forts.)

Tabell 4. (Fortsatt)

Organisme	Næringskilde	Habitat	Problem	Fjerning av problemet/organismene i systemet	Forhindring av problemet
Snegler: <i>Limnaea pereger</i> (15 mm) <i>Potamopyrgus</i> (<i>Hydrobia</i>)/ <i>fenkinsi</i>	Slam i ledningene.	Sitter fast eller vandrer langs veggene.	Dekomponerende mollusker fører til vond lukt og smak. Tilstopping av ledninger og vannmålere.	Skumplastskrubbing, spyling.	Forhindre slamdannelse
Igler: Rundigle (40 mm) <i>Herpessella</i> <i>octoculata</i> Bruskgigle: (30 mm) <i>Glossiphonia</i> <i>complexata</i>	Sluker smådyr som makker, larver, krepsdyr. Bruskgiglen suger sjerne kroppssaft av snegler, f.eks. <i>Limnaea</i> .	Stillestående til langsomt flytende vann. Vannledning ikke naturlig som tilholdsted, da iglene lever av smådyr som ikke burde finnes der.	Klager over "dyr i vannet".	Spyling med skumplastskrubbing og høye klorosener.	Forhindre små dyr fra å kunne leve i ledningsnettene (slamdannelse). Forhindre inntrengning av igler i ledningsnettene.
Muslinger: <i>Dreissena</i> <i>polymorpha</i> (30 mm) Vandremusling Zebra mussel	Slam i ledningene.	Sitter fast eller vandrer langs veggene.	Vond lukt og smak. Tilstopping av ledninger.	Kan fjernes bare ved kraftig skraping. Reintisering forhindres ved klorering av vannet	Fjerne partikulært organisk stoff fra vannet.
Mosdyr: <i>Filumatella</i> <i>Cristatella</i> Svamper: <i>Spongilla</i> <i>Ephydatia</i>	Partikulært, organisk stoff i vannet, f.eks. kiselalger, protozoer.	Sitter fast på veggene.	Dekomponerende organismer fører til vond lukt og smak. Tilstopping av ledninger.	Mosdyrhylietre sitter godt fast selv når dyret dør, og kan fjernes bare ved kraftig skraping. Svampe-rester kan muligens fjernes ved skumplastskrubbing og spyling (ikke prøvd).	Fjerne partikulært organisk stoff fra vannet.

Noen litteraturhenvisninger angående mangan- og jern-oksyderende mikroorganismer

E.G. Pringsheim (Göttingen, BRD):

The Filamentous Bacteria *Sphaerotilus*, *Leptothrix*, *Cladothrix*, and their Relation to Iron and Manganese.

Phil. Trans. Roy. Soc. (London) Ser. B. 233: 453 - 482, 1949.

R. Schweisfurth und R. Mertes (Hamburg/Saar, BRD):

Mikrobiologische und chemische Untersuchungen über Bildung und Bekämpfung von Mangan-Schlamm-Ablagerungen in einer Druckleitung für Talsperrenwasser.

Archiv für Hygiene und Bacteriologie 146, (6) 1962.

R. Schweisfurth:

Mikrobiologische Untersuchungen an mangan-oxydierenden Mikroorganismen aus schwarzen Schlämmen.

Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Sonderheft 1963.

R. Schweisfurth:

Untersuchungen über mangan-oxydierende og -reduzierende Mikroorganismen.

Mitt. Internat. Verein. Limnol. 14, 179 - 186, 1968.

H. Brantner (Graz, Østerrike):

Zur Ökologie manganverwertender Bakterien.

gwf Wasser - Abwasser 107 (44) Nov. 1966.

H. Hanert (Hamburg, BRD):

Untersuchungen zur Isolierung, Stoffwechsel-physiologie und Morphologie von *Gallionella ferruginea* Ehrenberg.

Archiv für Mikrobiologie 60, 348 - 376, 1968.

E.G. Mulder and W.L. van Veen (Nederland):

Investigations on the *Sphaerotilus-Leptothrix* Group.

Antonie van Leeuwenhoek J. Microb. Ser. 29, no. 2, 121 - 153.

√ E. Olsen and Waclaw Szybalski (Danmarks tekn. høyskole):

Aerobic Microbiological Corrosion of Water Pipes.

Acta Chemica Scand. 3 1949.

J.G. Ormerod (NIVA, Oslo):

A Simple Method for the Detection of Manganese in Particles on Membrane Filters.

Limnol. Oceanogr. 11 no. 4, 1966.

P.A. Tyler and K.C. Marshall (Hobart, Tasmania):

Microbial oxidation of manganese in hydro-electric pipelines.

Antonie van Leeuwenhoek J. Microb. Ser. 33 (1967) No. 2, 171 - 183.

P.A. Tyler and K.C. Marshall

Form and Function in Manganese-Oxidizing Bacteria.

Archiv für Mikrobiologie 56, 344 - 353, 1967.

G.A. Zavarzin (USSR):

Budding Bacteria.

Mikrobiologiya 30 (Eng. trans.) no. 5, 1961.

Y. Hardman and A.T. Henrici (Univ. Minnesota, U.S.A.):

Studies of Fresh water Bacteria: V. The Distribution of *Siderocapsa treubii* in some Lakes and Streams.

J. Bact. 37, no 1, 1939.

R.L. Starkey (Rutgers Univ. U.S.A.):

Transformations of Iron by Bacteria in Water.

J. Am. Wat. Works Ass. 37, no. 10, 1945.

S. Kucera and R.S. Wolfe (Univ. Illinois, U.S.A.):

A Selective Enrichment Method for *Gallionella ferruginea*.

J. Bact. 74, no 3, 1957.

R.S. Wolfe:

Microbial Concentration of Iron and Manganese in Water with low Concentrations of these Elements.

J. Am. Wat. Works Ass. 52, no. 10, 1960.

P. Hirsch (Yale Univ., U.S.A.):

Biology of Budding Bacteria.

Archiv für Mikrobiologie 60, 1968.

Bøker og hefter

- ✓ Quality Aspects of Water Distribution Systems
Proceedings: Fifth Sanitary Engineering Conference; University of
Illinois Engineering Experiment Station Circular No. 81, 1963.
- ✓ Beger, Herbert:
Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie.
Schriftenreihe des Vereins für Wasser- Boden- und Lufthygiene Berlin -
Dahlem, No. 5, 1952, samt

2. überarbeitete und ergänzte Auflage von Dr. J. Gerloff und
Dr. D. Lüdemann. 1966.
- Cholodny, N.:
Die Eisenbakterien. Beiträge zu einer Monographie.
Pflanzenforschung, Heft 4, Verlag Gustav Fischer, Jena, 1926.
- Dorff, Paul:
Die Eisenorganismen. Systematik und Morphologie.
Pflanzenforschung, Heft 16, Verlag Gustav Fischer, Jena 1934.
- ✓ Meddelande från Kungl. väg- och vattenbyggnadsstyrelsen, Nr. VA 7 1962:
Spolning och desinfektion av vattenledningar.
- ✓ Water Research Association; 1966:
Technical Inquiry Report TIR. 130:
Mains cleaning using foam swabs.

Noen litteraturhenvisninger angående dyr som kan forekomme i drikkevannsledninger.

✓ The Control of Animals in Water Mains.

The Water Research Association Technical Paper TP. 63, 1969,
by J.R. Sands.

✓ Living Organisms in Public Water Mains.

By K.M. Hart, Journal of the Institution of Municipal Engineers,
Vol. 83, No. 10, April 1957, 324 - 333.

A Key to the British Fresh - and Brackish - Water Gastropods.

Freshwater Biological Association Scientific Publication No. 13, 1960,
T.T. Macan, ill. by Douglas Cooper.

A Guide to Freshwater Invertebrate Animals.

T.T. Macan, 1964.

Dyreliv i vann og vassdrag.

Hj. Munthe-Kaas Lund. Ill. av Henning Anthon. 2. utg. Cappelen, 1964.

Ferskvannsfauunaens overvintring.

Kåre Elgmork, NATUREN nr. 1, 1960.

The Invertebrata.

4th Ed. A revision by G.A. Kerkut. Borrodaile, Eastham, Potts, Saunders.

Norges Dyr. Bind 6, 1972.

Red. R. Frislid, A. Semb-Johansson.

Djurens Värld.

Red. Bertil Hanström, Malmö 1963.

Ferskvannsfauunaen. Biologisk belyst.

Invertebrata, 1937. C. Wesenberg-Lund.

✓ The Infestation of Waterworks by *Dreissenia polymorpha*, a Freshwater Mussel.

Clarke, K.B., 1952. Journ. Instn. Wat. Engrs. 1962, 6, pp. 370-379.

SLAM I DRIKKEVANN

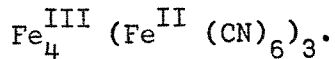
I "Spot-test"-reagenser for oksydert jern og mangan:

For Fe^{III}: a) Kaliumferrocyanid, også kalt gult blodlutsalt,



b) Syre, f.eks. 10% HCl (2,5 N syre).

Syren løser de tre-verdige jernoksyder, som da reagerer med gult blodlutsalt, og danner fargestoffet Berlinerblått:



For MnO₂: Leucomalachite green (pp'-tetramethyl-triphenyl methane, G.T. Gurr ltd., London S.W.6.).
0,1% av dette i 0,1 N HCl.

II Reagens til å fjerne den brune fargen i jern- og manganholdig slam, slik at mikroorganismer kommer tydeligere fram ved mikroskopering:

5% oksalsyre i 1 N HCl.

III Til Farging av protoplasma:

1% erythrosin i 5% fenol (i vann).

IV Farging av preparat under mikroskoperingen:

Teknikken kan med hell benyttes sammen med oksalsyre- og test-reagens for jern.

En dråpe reagens legges tett inntil den ene side av dekk-glasset, og trekkes gjennom preparatet ved hjelp av et papirstykke på den motstående side.

FARGING AV JERNHOLDIG MATERIALE UNDER MIKROSKOP

Man lager først til et vanlig preparat av materialet, og tilsetter en dråpe saltsyre (f.eks. 10%) eller svovelsyre, samt en dråpe 0,1% kaliumferrocyanid-løsning til objektglasset like ved en ene siden av dekkglasset. Man lager så kontakt mellom denne løsningen og væsken under dekkglasset, og ved den motsatte side av dekkglasset plasseres en papirstrimmel som da trekker løsningen gjennom preparatet.

Etter ca. 1-2 minutter begynner jernholdig materiale å bli blåfarget.

Det kan være nødvendig å tilsette mer reagens så preparatet ikke blir tørt. Saltsyren løser opp jernet som vil forsvinne ut av preparatet dersom der ikke raskt felles av kaliumferrocyaniden, så det er viktig å tilsette syre og ferrocyanid i blanding, ikke hver for seg.

Hvis materialet er kornet og lite sammenhengende, vil det gjerne forsvinne ut med testreagensen. Man må da fiksere preparatet før det tilsettes testreagens.

FARGING MED ERYTHROSIN

Sies å være spesifikt for protoplasma. Preparatet tørkes (i luften eller over svak varme), fikseres ved å holde objektglasset et øyeblikk over en flamme. En dråpe erythrosin tilsettes og skylles av med vann etter ca. 1 minutt.

Hvis man ønsker å undersøke preparatet i olje, må det nå tørkes på nytt. Ellers kan man mikroskopere direkte med dekkglass over det vanlige preparat.

Farging av jernholdig materiale kan i sistnevnte tilfelle foregå som for ikke farget materiale.

- o -