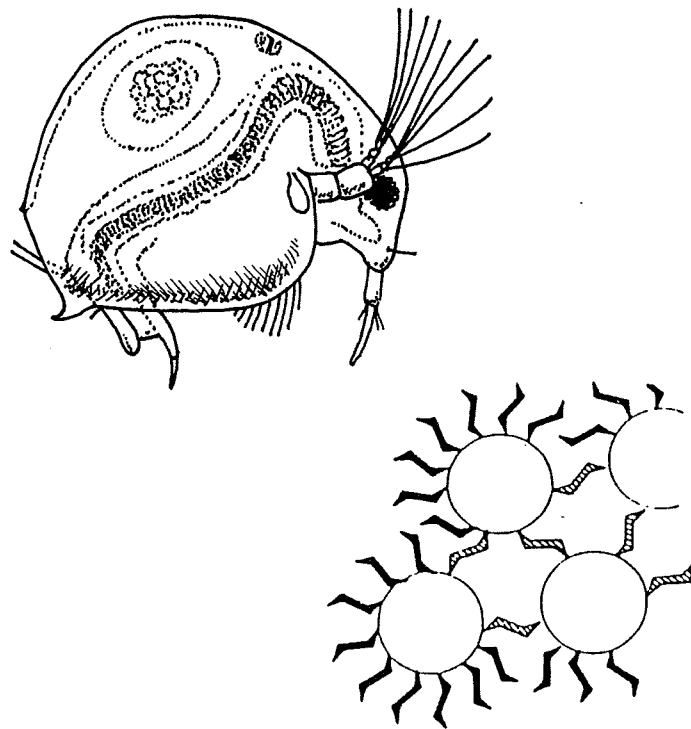


RAPPORT LNR 4574-2002

Forekomst av krepsdyr og partikler i drikke- vannet i Oslo



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Forekomst av krepsdyr og partikler i drikkevannet i Oslo	Løpenr. (for bestilling) 4574-2002	Dato 10.10.2002
	Prosjektnr. Undernr. O-22072	Sider Pris 14
Forfatter(e) Olav Skulberg Henning Mohn	Fagområde Mikrobiologi	Distribusjon
	Geografisk område Oslo	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Oslo kommune, VAV	Oppdragsreferanse 7394-o
---------------------------------------	-----------------------------

Sammendrag

Undersøkelsen viste at krepsdyret *Bosmina longispina* (Cladocera) på forsommeren 2002 hadde sporadisk forekomst i Oset vannrenseanlegg og i ledningsnett. *Bosmina longispina* er en naturlig planktonorganisme i Maridalsvatnet. Eksemplarene som ble funnet var av størrelsesorden 0,3-0,6 mm. Krepsdyrene kan ha kommet med råvannet, klart å passere mikrosilanlegget og tålt påkjenningen med kloreringen. Et annet alternativ er at hvile-egg er transportert med vannmassene, blitt avsatt i stilleflytende avsnitt og utviklet seg lokalt.

Resultatene viser at det er mulighet for opp-podning av distribusjonsnett med eventuelle organismer som kan gjøre skade for vannforsyningen. Forekomsten av disse organismene må sees i sammenheng med resten av den mikrobiologiske økologien i distribusjonsnett. Tiltak mot organismene vil kunne være av både teknisk og kjemisk art. Dominerende partikkelstørrelse øker signifikant fra råvannet til første basseng. Dette kan skyldes aggregering av små kolloider (fra under 500 nm til over 4 µm) pga. klortilsats. Kolloidene i de uttatte prøver har negativ ladning, noe som indikerer innbyrdes frastøtende krefter mellom kolloidene. Tross dette skjer det en aggregering av partikler tidlig i vannbehandlings-prosessen. Dette kan henge sammen med effekter forårsaket av kjemisk oksidasjon vha klor.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Drikkevannsnett 2. Vannkvalitet 3. Krepsdyr 4. Partikler 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Distribution network 2. Water quality 3. Crustacea 4. Particles
---	--


Henning Mohn
Prosjektleder


Harsha Ratnaweera
Forskningsleder


Nils Roar Sælthun
Forsknings sjef

**Forekomst av krepsdyr og partikler
i drikkevannet i Oslo**

Forord

NIVA ved seniorforsker Olav Skulberg og undertegnede er blitt engasjert av Vann og Avløpsetaten i Oslo kommune til å foreta en karakterisering av høyerestående organismer og partikler på distribusjonsnettet for drikkevann. Organismene ble først påvist av i forbindelse med VAVs rutinekontroller av drikkevannet i Oslo.

Organismene er identifisert og beskrevet vha tradisjonelle teknikker, mens partiklene er karakterisert vha zetapotensialmålinger og partikkelstørrelsemåling vha elektroforese.

Vi takker VAV for oppdraget.

Oslo, 25.09.2002

Henning Mohn

Innhold

Sammendrag	5
1. Krepsdyr i drikkevannet	6
1.1 Konklusjoner	6
1.2 Bakgrunn	7
1.3 Problemstilling	7
1.4 Gjennomføring	7
1.5 Krepsdyrforekomst	7
1.6 Andre relevante forhold	8
1.7 Kommentar	9
2. Karakterisering av partikler i drikkevannsystemet.	10
2.1 Konklusjoner.	10
2.2 Strategi for karakterisering	10
2.3 Prøvebeskrivelse.	10
2.4 Bestemmelse av zetapotensial.	11
2.4.1 Metodikk.	11
2.4.2 Resultater.	11
2.5 Bestemmelse av partikkelstørrelsesfordeling.	12
2.5.1 Metodikk:	12
2.5.2 Resultater.	12
3. Henvisninger	14

Sammendrag

Undersøkelsen viste at krepsdyret *Bosmina longispina* (Cladocera) på forsommeren 2002 hadde sporadisk forekomst i systemet for vannberedning ved Oset vannrenseanlegg og i ledningsnett. *Bosmina longispina* er en naturlig planktonorganisme i Maridalsvatnet med komplisert livssyklus. Eksemplarene som ble funnet var av størrelsesorden 0,3-0,6 mm.

Årsakene til forekomsten av *B. longispina* i vannsystemet ved Oset renseanlegg er ikke avklart. Det ble notert problemer med feste av silduken i mikrosilanlegget, og dessuten hull i silduk. Krepsdyrene kan ha kommet med råvannet, klart å passere mikrosilanlegget og tålt påkjenningen med kloreringen. Et annet alternativ er at hvile-egg er transportert med vannmassene, blitt avsatt i stilleflytende avsnitt og utviklet seg lokalt.

Resultatene viser at det er mulighet for opp-podning av distribusjonsnett med eventuelle organismer som kan gjøre skade for vannforsyningen. Uheldige langtidsvirkninger via infisering av distribusjonsnett til vannforsyningen kan bli en konsekvens. Forekomsten av disse organismene må sees i sammenheng med resten av den mikrobiologiske økologien i distribusjonsnett. Tiltak mot organismene vil kunne være av både teknisk og kjemisk art.

Dominerende partikkelstørrelse øker signifikant fra råvannet til første basseng. Dette kan skyldes aggregering av små kolloider (fra under 500 nm til over 4 µm) pga. klortilsats.

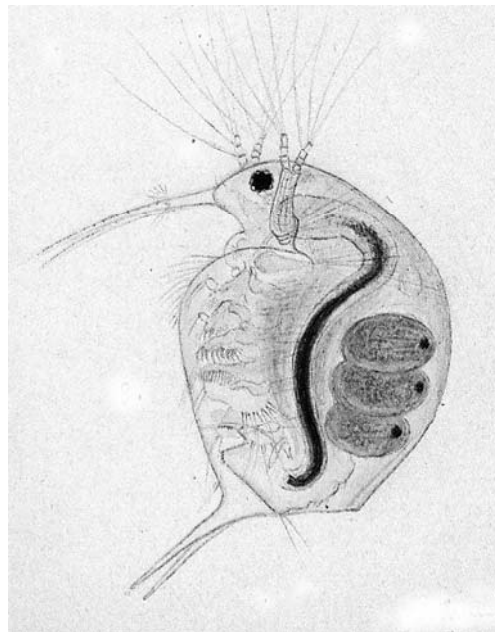
Størrelsen av kolloidenens zetapotensiale ligger i det normale området for naturlige partikler. Kolloidene i de uttatte prøver har negativ ladning, noe som indikerer innbyrdes frastøtende krefter mellom kolloidene. Tross dette skjer det en aggregering av partikler tidlig i vannbehandlingsprosessen. Dette har vi ikke en fullgod forklaring på, men kjemisk oksidasjon vha klor kan virke inn.

På bakgrunn av de utførte analyser er det i dag vanskelig å uttale seg sikkert om trender i vannkvaliteten fremover, bortsett fra at situasjonen virker labil og utsatt for ytre påvirkninger. En stabil situasjon i nettet mhp partikler vil neppe kunne etableres i distribusjonsnett med dagens vannrenseprosess på Oset v.v.

1. Krepssdyr i drikkevannet

1.1 Konklusjoner

- Undersøkelsen viste at krepssdyret *Bosmina longispina* (Cladocera) på forsommeren 2002 hadde forekomst i systemet for vannberedning ved Oset vannrenseanlegg og i ledningsnettet. Bare sporadiske eksemplarer ble påvist.
- *Bosmina longispina* er en naturlig planktonorganisme i Maridalsvatnet med komplisert livssyklus (egg - naupliestadier - partenogenetiske stadier og kjønnete stadier). Eksemplarene som ble funnet var av størrelsesorden 0,3-0,6 mm.
- Årsakene til forekomsten av *B. longispina* i vannsystemet ved Oset renseanlegg er ikke avklart. Det ble notert problemer med feste av silduken i mikrosilanlegget, og dessuten hull i silduk. Krepssdyrene kan ha kommet med råvannet, klart å passere mikrosilanlegget og tålt påkjenningen med kloreringen. Et annet alternativ er at hvile-egg er transportert med vannmassene, blitt avsatt i stilleflytende avsnitt og utviklet seg lokalt.
- Resultatene viser at det er mulighet for opp-podning av distribusjonsnettet med eventuelle organismer som kan gjøre skade for vannforsyningen. Uheldige langtidsvirkninger via infisering av distribusjonsnettet til vannforsyningen kan bli en konsekvens.
- De rådende forhold tilsier behov for rask sanering av defekter ved utstyr/vannbehandling ved Oset renseanlegg. Både tekniske og kjemiske tiltak vil være aktuelle og trenger praktisk vurdering for utførelse.



Figur 1: Illustrasjon av *Bosmina longispina* (G.O. Sars 1861/1993)

1.2 Bakgrunn

Vann- og avløpsetaten, Oslo kommune, gjennomfører en kontinuerlig overvåking av vannkvalitet og prosessene i anlegget for vannbehandling ved Oset, Maridalsvatnet. Forsommeren 2002 ble det registrert en uvanlig forekomst av krepsdyr i luftebassenger og bassenger knyttet til mikrosilanlegget. En undersøkelse for å avklare forholdene ble iverksatt etter et drøftelsesmøte med Vann- og avløpsetaten, 21. juni 2002.

1.3 Problemstilling

Forekomst og utvikling av dyr i drikkevannsforsyninger kan medføre både praktiske og hygieniske vanskeligheter (Beger 1952, Holden 1970). Organismer av flere systematiske grupper er rapportert som problemskapere i behandlingsanlegg og distribusjonsnett for drikkevann (Ormerod 1974). Krepsdyr tilhører en kategori som kan lage ulemper for renseanlegg og medføre kolonisering av bassenger og rørledninger.

For å begrense problemer med dyr i drikkevannsforsyninger, er det viktig å gripe inn med tiltak så raskt som mulig når det foreligger holdepunkter for en mulig situasjon med infisering av vannforsyningen.

Denne undersøkelsen ble satt i verk for å klarlegge karakteren av det observerte tilfellet, vurdere årsaker og hendelsesforløp, eventuelt å gi holdepunkter om aktuelle praktiske forholdsregler.

1.4 Gjennomføring

Vann- og avløpsetaten stilte til rådighet foreliggende observasjoner og måledata i perioden da forekomsten av krepsdyr ble registrert. Spesielt viktig var materialet med sestonfiltre (Skulberg 1978) som var innsamlet. En serie med prøver ble dessuten tatt på Oset vannrenseanlegg 9. juli 2002. Prøver til kjemiske og biologiske analyser ble sikret. Samtidig ble mikrosilanlegget inspisert. Metodene ved bearbeidingen av materialet og analysene var de rutinemessige for denne type hydrobiologiske undersøkelser (NIVA 1998, Sanni et al. 1984).

1.5 Krepsdyrforekomst

Den mikroskopiske analysen av sestonfiltre innsamlet 21. juni 2002 av Vann- og avløpsetaten dokumenterte at krepsdyr hadde forekomst i vannsystemet til renseanlegget:

Prøve, Oset 21/6-02 – råvann Oset (100 ml)

<i>Bosmina longispina</i>	4 eksemplar
Nauplier	6 eksemplar

Prøver, Oset 21/6-02 – etter kloreringsbasseng I (100 ml)

<i>B. longispina</i>	2 eksemplar
Nauplier	3 eksemplar

Sestonfilter-prøver (100 ml) innsamlet av Vann- og avløpsetaten i Herslebsgt. 5, Oslo, i perioden 18.06-21.06.2002 er blitt bearbeidet:

Prøve, Kran H5 – 18/6-02

B. longispina 2 eksemplar

Prøve, Kran H5 – 19/6-02

Ingen *B. longispina* funnet

Prøve, Kran H5 – 20/6-02

Ingen *B. longispina* funnet
Nauplier 1 eksemplar

Prøve, Kran H5 – 21/6-02

Carapax av *Bosmina* sp. 1 eksemplar Carapax): ryggskjold

Bosmina longispina er en krepsdyrart i gruppen cladocerer som utgjør en viktig komponent av zooplankton i Maridalsvatnet. Også ved prøvetakingen 9. juli 2002 ble *B. longispina* påvist ved bearbeidingen av sestonfiltre, men bare i råvannsprøve og prøve fra lufteanlegg (før kloreringspunkt 2). Spylevannet fra mikrosilanlegget hadde da betydelig innhold av *B. longispina* og nauplier.

1.6 Andre relevante forhold

Organismeinnhold. Det var moderat forekomst av organismer i råvannet ved prøvetakingene henholdsvis 14. juni, 21. juni og 9. juli. Fremtredende arter var.

Mikroalger

Aulacoseira ambigua
Tabellaria flocculosa
Fragilaria ulna
Cyclotella cf. comta
Mallomonas cf. caudata
Kephyrion rubri-claustri
Kephyrion ovale
Anabaena lemmermannii

Invertebrater

Bosmina longispina
Kellicottia longispina
Keratella quadrata

Kiselalger og flagellater preget planteplanktonet, mens krepsdyr og hjuldyr var hovedkomponenter i zooplanktonet. Det var påfallende høyt innhold av pennate diatoméer av benthisk natur i prøvene av råvannet (bl.a. arter av slektene *Achnanthes*, *Pinnularia* og *Stauroneis*). Gullalgeflagellatene av slekten *Kephyrion* er et særpreget trekk ved organismelivet i de fri vannmasser i Maridalsvatnet (Skulberg 1964, NIVA 1964).

Observasjoner i bassenger. Vannprøver innsamlet 9. juli fra luftebasseng (før kloreringspunkt 2) og etterkloreringsbasseng ble bearbeidet. I begge prøvene var det beskjeden forekomst av mikroalger/detritus. Fragmenter av invertebrater var sjeldne. Det ble funnet deler av carapax av planktonkrepsdyr. Humuspartikler med utfelt jern var vanlig i de to prøvene.

Mikrosilanlegget/silduk. Silkurver med påspent silduk ble synfart. Partikler i vannet oppfanges på innsiden av duken som har poreåpninger ca 5 µm. Spylevann fra utsiden fjerner det frafiltrerte materialet. Det er vanskelig å opprettholde et godt feste av silduken - uten glipper - i kantene av silkurvene. Det ble påvist små hull i silduken. Disse kan eventuelt være laget av invertebrater. I prøven av spylevannet ble det bl.a. funnet larver av insekter.

1.7 Kommentar

Krepsdyret *Bosmina longispina* tilhører ordenen Cladocera av underklassen Phyllopoða. Dette er en organisme som naturlig hører til i Maridalsvatnet, og som tidlig ble beskrevet i faunaen der (Sars 1861). *B. longispina* er småvokste krepsdyr som ikke overstiger 1 mm i lengde. Eksemplarene som ble funnet ved denne undersøkelsen var av størrelsesorden 0,3-0,6 mm. Det er utpreget forskjeller mellom hannlige og hunnlige individer. Arten har en komplisert livssyklus (egg - naupliestadier - partenogenetiske stadier - kjønnede stadier). Det gjør seg dessuten gjeldende morfologiske temporalvariasjoner, med f.eks. utvikling av sommerformer og vinterformer (Wesenberg-Lund 1937).

B. longispina er en vanlig utbredt art. Den kan finnes i plankton i mange typer vannsamlinger, men er særlig knyttet til større innsjøer. Av overvintrende egg (hvile-egg) klekkes hunner. Disse forplanter seg partenogenetisk (subitanegg) gjennom sommeren. Det er vanlig med 1-4 egg hos individene. Sommerens siste partenogenetiske generasjon legger egg som gir opphav til både hanner og hunner. Hunnene legger hvile-egg som befruktes av hannene. *B. longispina* betegnes som en robust pelagisk cladocer. Hvile-egg kan overleve lange perioder i sedimenter - flere tiårs varighet - og en eggbank kan bygges opp på lokaliteten (Nilssen & Wærvågen 2002).

Undersøkelsen viste at *B. longispina* på forsommeren 2002 hadde forekomst i systemet for vannberedning ved Oset vannrenseanlegg, og krepsdyret ble også påvist i ledningsnett (Herslebsgt. 5, Oslo, 18.06.2002). Bare sporadiske eksemplarer ble funnet, noe som indikerer en beskjeden tilstedeværelse.

Årsaken til forekomsten av *B. longispina* i vannsystemet ved Oset renseanlegg er ikke avklart. Noen tanker kan imidlertid fremsettes. Krepsdyrene kan ha kommet med råvannet, klart å passere mikrosilanlegget og har tålt påkjenningen med kloreringen. Et alternativ er at hvile-egg er transportert med vannmassene, blitt avsatt i stilleflytende avsnitt og utviklet seg lokalt. Begge muligheter forutsetter at det har vært svikt med den tekniske/kjemiske behandlingen i vannberedningssystemet ved Oset renseanlegg.

Det er en akutt situasjon når krepsdyr bryter igjennom rensinnretninger og føres til distribusjonsnett med rentvannet. Når så store dyr som i dette tilfellet (0,3-0,6 mm) kan passere, viser det at mulighet foreligger for opp-podning av distribusjonsnett også med andre eventuelle organismer som kan gjøre skade for vannforsyningen (Souci & Quentin 1969, Ormerod 1974). I dette ligger en sannsynlig konsekvens for uheldige langtidsvirkninger via en infisering av distribusjonsnett til vannforsyningen. Det er f.eks. beskrevet tilfeller med direkte etablering av krepsdyrpopulasjoner i rørsystemer for drikkevann (Beger 1952).

De rådende forhold tilsier behov for rask sanering av defekter ved utstyr/vannbehandling ved Oset renseanlegg. Både tekniske og kjemiske tiltak vil være aktuelle og trenger praktisk vurdering for utførelse.

2. Karakterisering av partikler i drikkevannsystemet.

2.1 Konklusjoner.

- Kolloidene i de uttatte prøver har negativ ladning. Størrelsen av kolloidenens zetapotensiale ligger i det normale området for naturlige partikler.
- Zetapotensialet har negativ ladning gjennom hele vannbehandlingsprosessen og lednings-nettet, noe som indikerer innbyrdes frastøtende krefter mellom kolloidene.
- Det observeres enn liten økning i absolutt verdi for zetapotensialet fra råvann til bassenget før silene. Dette kan skyldes påvirkning av klor på kolloidene.
- Dominerende partikkelstørrelse økes signifikant fra råvannet til første basseng. Dette kan skyldes aggregering av små kolloider (under 500 nm) pga. klortilsats.
- Selv om det i dag foregår en aggregering av partikler tidlig i vannbehandlings-prosessen, har kolloidene i vannet fremdeles et potensiale for å danne ytterligere partikler. Videre aggregering hindres i dag av at kolloidene i distribusjonsnettet har en tydelig negativ ladning, men en evt endring i kjemisk miljø vil kunne endre dette.
- På bakgrunn av de utførte analyser er det i dag vanskelig å uttale seg sikkert om trender i vannkvaliteten fremover, bortsett fra at situasjonen virker labil og utsatt for ytre påvirkninger. En stabil situasjon i nettet mhp partikler vil neppe kunne etableres i distribusjonsnettet med dagens vannrensningssprosess på Oset v.v.

2.2 Strategi for karakterisering

Denne undersøkelsen ble utført for å avdekke eventuelle endringer i dominerende kolloideladning (bestemt som zetapotensiale) og kolloidestørrelse i drikkevannet på dets vei fra Maridalsvannet til forbruker. Ideen bak undersøkelsen er at en påtvunget endring av kolloidenes ladning/zetapotensial vil kunne forårsake aggregering av små kolloider og dannelse av større partikler i vannet. Undersøkelsen bygger på uttak av 11 vannprøver fra ulike lokaliteter på Oset vannverk og i tilhørende distribusjons-nett.

2.3 Prøvebeskrivelse.

Prøvene ble uttatt 26.06.02 av H. Mohn (Oset v.v.) og Jan F. Kristiansen (distribusjonsnettet). Analysene ble utført 27.06.02 av H. Mohn, NIVA. Følgende 11 prøver ble uttatt:

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| - Råvann | - 1 Esso Kaldbakken |
| - Basseng før siler | - 13 VAV Herslebg |
| - Utløp sil 2 | - 14 Renholdsetaten |
| - Utløp sil 3 | - 17 VAV Disen vanntårn |
| - Nydalen hovedledn. | - 18 VAV Vækerø |
| - Grefsen hovedledn | |

Alle prøvene ble uttatt på 100 ml sterile glassflasker, og lagret kjølig inntil analyse.

2.4 Bestemmelse av zetapotensial.

En kolloides zetapotensial beskriver dens ladningsmessige influensområde. Zetapotensialet er et mål på ladningsforskjellen mellom en kolloides overflate og det punktet fra kolloiden der dens ladning ikke lenger gir elektrokjemisk påvirkning. Naturlige kolloider er normalt negativt ladete, og dermed har de et negativt zetapotensiale. Jo større absoluttverdien av zetapotensialet er, jo sterkere er kolloidens ladning og jo sterkere vil kolloider av lik ladningstype frastøte hverandre. Kolloider med sterk innbyrdes frastøtningskraft vil vanskeligere aggregere til større partikler. Kolloideladning kan manipuleres bla ved endring av elektrolytten (vannets) ledningsevne.

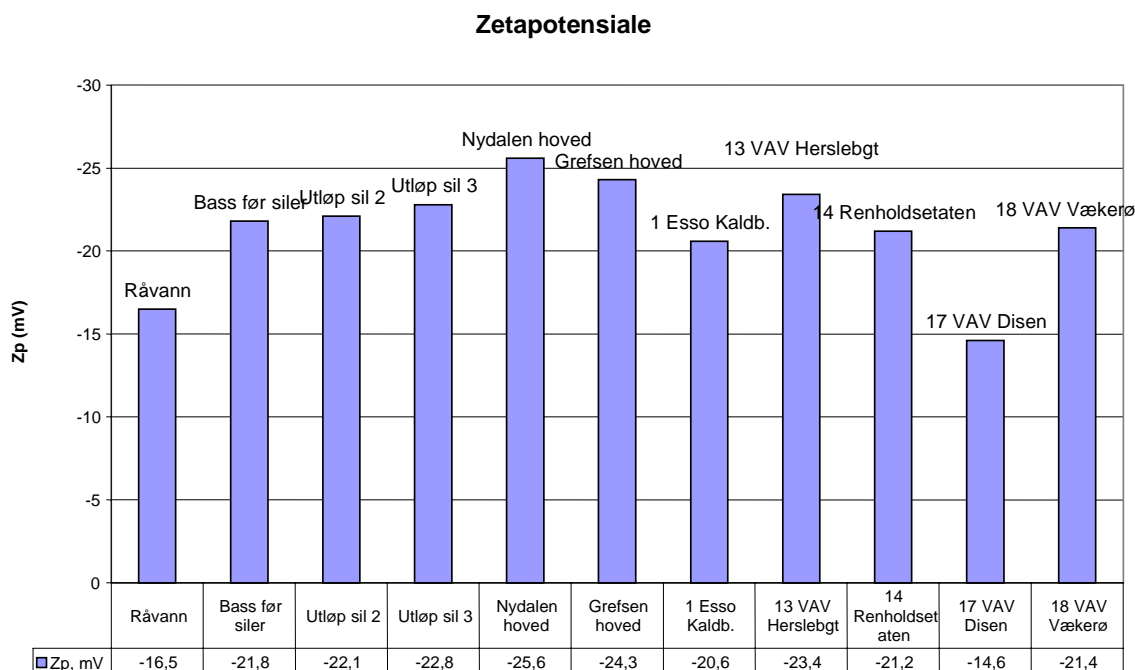
2.4.1 Metodikk.

Analysene ble utført på ufiltrert prøve med Zetamaster S fra Malvern Instruments Ltd. Metoden er basert på elektroforese utført ved påtvunget partikkelbevegelse i et svingende elektrisk felt, og registrering vha laser. Metoden er godt beskrevet, men mest benyttet innen industrielle applikasjoner.

2.4.2 Resultater.

Resultatene er presentert i figur 1. Disse viser at alle prøvene er dominert av negativt ladete kolloider, med et relativt identisk zetapotensial. Dette betyr normalt at kolloidene innbyrdes frastøter hverandre og vil holde seg i løsning uten å aggregere. Vi ser en antydning til at zetapotensialet har lavere absoluttverdi i råvannet enn i klorert vann, noe som indikerer at kloreringen påvirker kolloidenes ladningsegenskaper.

Zetapotensial-målingene viser imidlertid ikke en entydig trend utover i distribusjonsnettet, en prognose for utviklingen er dermed vanskelig å gi. Isolert sett indikerer zetapotensial-målingene at kolloidene ikke ønsker å aggregere pga innbyrdes frastøtende krefter. Disse målingene må imidlertid sees i sammenheng med partikkelstørrelsesmålingene, og en samlet vurdering er gitt sist i dette kapitlet.



Figur 2. Fremstilling av prøvenes zetapotensiale. Alle prøvene har negativ ladning, og zetapotensialet varierer ikke signifikant fra prøve til prøve.

2.5 Bestemmelse av partikkelstørrelsesfordeling.

2.5.1 Metodikk:

De uttatte prøvene ble analysert for partikkelstørrelsesfordeling vha elektroforeseteknikk (Zetamaster fra Malvern Instruments Ltd.). Teknikken er godt egnet for bestemmelse av partikkelstørrelse i området 1 til 4000 nm. Ved metoden bestemmes den relative innbyrdes størrelsesfordelingen, ikke det absolute antall partikler av ulike størrelser.

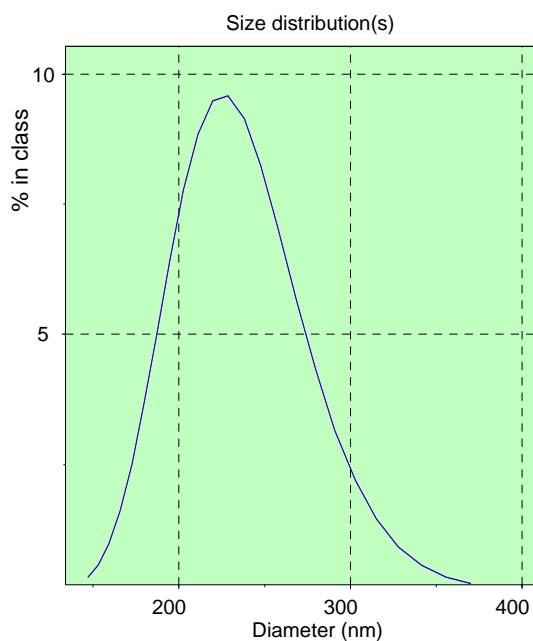
2.5.2 Resultater.

Samtlige 11 prøver ble analysert mhp partikkelstørrelsesfordeling. Det var imidlertid bare råvannanalysene som ga eksakte resultater, da dominerende partikkelstørrelse i de øvrige prøver lå høyere enn metodens øvre eksakte bestemmelsesgrense (4 µm).

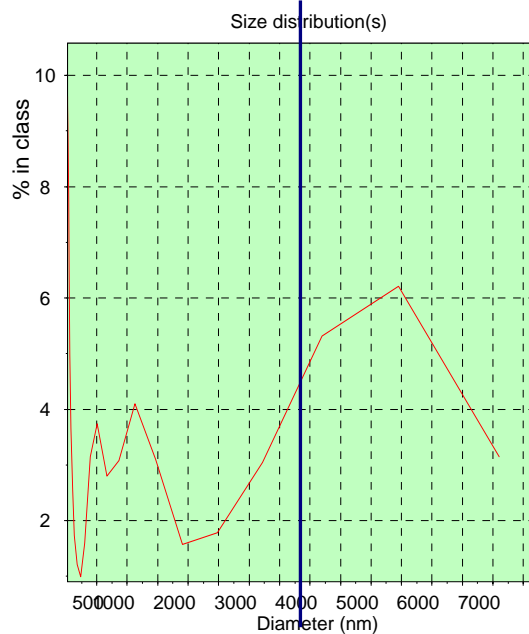
Dette indikerer at de små kolloidene aggregerer i løpet av vannbehandlingsprosessen, og dermed danner større partikler. Dette kan forklares med fenomener som oppstår ved klorering av humusholdig vann, men det kan også skyldes andre årsaker.

Råvann:

Råvannsprøven ble analysert to ganger, først etter lett omrysting og så etter kraftig omrysting. Resultatene er gjengitt i følgende to figurer.



Figur 3: Størrelsesfordeling av råvannprøve etter lett omrysting. Resultatene viser at vannet domineres av partikler i størrelsesorden 220 nm

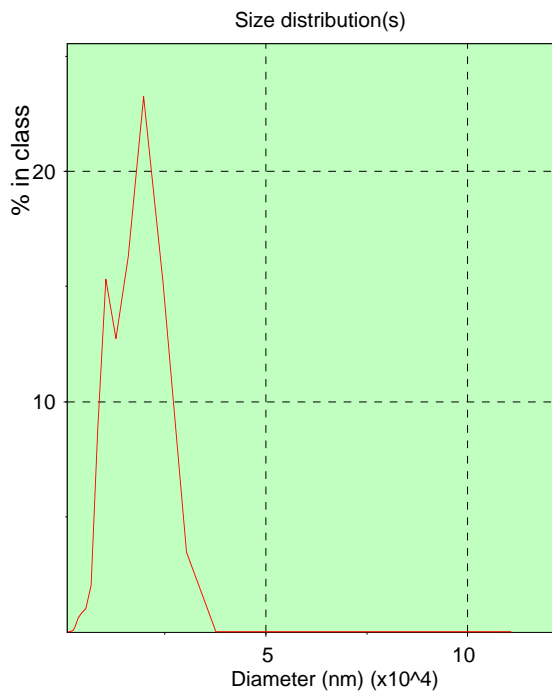


Figur 4: Størrelsesfordeling av råvannprøve etter kraftig omrysting. Resultatene viser at prøven har et høyt innhold av partikler under 3000 nm, men også et signifikant innhold av partikler mellom 5000 nm og 20000 nm. Den loddrette linjen markerer øvre aksepterte bestemmelsesgrense for partikkelstørrelse.

Øvrige vannprøver:

Samtlige andre vannprøver ble analysert mhp. partikkelstørrelse. Det ble i liten grad påvist partikler i det målbare området under disse analysene (metoden er velegnet for måling i området 1-4000 nm). Resultatene indikerer at vannets dominerende partikkelstørrelser økes betydelig fra og med første kloreringstrinn. Det kan virke som om kloreringen gir endret overflateladning på de små kolloidene som var tilstede i råvannet, noe som igjen har gitt aggregering til større partikler. I litteraturen rapporteres det om tilsvarende fenomener forårsaket av ozonering av vann. De foretatte zetapotensialmålingene kan ikke alene forklare dette fenomenet.

NIVAs instrument for bestemmelse av partikkelstørrelser større enn 1 μm er dessverre defekt, så eksakte uttalelser om partikkelstørrelsesfordeling i området større enn 4 μm kan vi ikke gi nå. Det anvendte instrument (Malvern Zetamaster) gir bare indikative resultater for størrelser over 4 μm . I figur 3 er resultatet fra partikkelstørrelsebestemmelse av de øvrige prøvene. Analysene indikerer at dominerende partikkelstørrelse ligger rundt 20 μm , og at innholdet av mindre kolloider er neglisjerbart. Men som sagt, det er en god del usikkerhet beheftet med bestemmelse av partikler større enn 4 μm .



Figur 5: Typisk diagram for de øvrige vannprøvene. Resultatene kan kun brukes som en indikasjon, da partiklene er større enn målemetodens best egnede måleområde. Resultatene indikerer at andelen av små partikler som var tilstede i råvannet er blitt kraftig redusert, og at tyngden av partiklene etter siling ligger i størrelsesorden 20 μm ($2 \cdot 10^4 \text{ nm}$).

3. Henvisninger

- Beger, H. (1952): Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie. Piscator Verlag, Stuttgart, 328 pp.
- Holden, W.S. (1970): Water treatment and examination. J. & A. Churchill, London. 513 pp.
- Nilssen, J.P. & Wærvågen, S.B. (2002): Recent re-establishment of the key species *Daphnia longispina* and cladoceran community changes following chemical recovery in a strongly acid-stressed region in southern Norway. Arch. Hydrobiol. 153 (4). pp. 557-580.
- Norsk institutt for vannforskning (1964): En undersøkelse av Maridalsvannet som drikkevannskilde, 1959-60. J. Chr. Gundersen, Oslo. 110 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1998): Anvendelse og prinsipp for de kjemiske analysemetodene som benyttes ved NIVA. ISBN 82-577-2360-6. 40 pp.
- Ormerod, K. (1974): Problemer med slam og dyr i distribusjonsnett for vann. Temarapport. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. 57 pp.
- Sanni, S.; Hongve, D. & Skogheim, O.K. (1984): Seston og sedimenter. I: Vassdragsundersøkelser - en metodebok i limnologi. Red. K. Vennerød. Norsk Limnologforening, Universitetsforlaget, Oslo. pp. 225-243.
- Sars, G.O. (1993): On the freshwater crustaceans occurring in the vicinity of Christiania. John Grieg Produksjon A/S, Bergen. ISBN 82-992492-1-2. 197 pp.
- Skulberg, O.M. (1964): Algal problems related to the eutrophication of European water supplies, and a bio-assay method to assess fertilizing influence of pollution on inland waters. Algae and Man, ed. by Daniel F. Jackson, New York, Plenum Press, pp. 262-299.
- Skulberg, O.M. (1978): Sestonobservasjoner ved vassdragsundersøkelser. Fauna 31: pp. 48-54.
- Souci, S.W. & Quentin, K.E. (1969): Wasser und Boden. Handbuch der Lebensmittelchemie, Band VIII/Teil 2. Springer Verlag. Berlin. pp. 1130-1139.
- Wesenberg-Lund, C. (1937): Ferskvandsfaunaen biologisk belyst. Invertebrata. Andet Bind. Gyldendalske Boghandel, København. pp. 414-833.