

Drikkevann i Oslo, behandling og tilsatser

Av Jan F. Kristiansen og Per A. Hallberg

Jan F. Kristiansen har eksamen fra NKI's tekniske skole 1967 og er ingeniør ved kjemiseksjonen.

Per A. Hallberg er siv.ing. fra NTH, kjemi 1960 og leder av kjemiseksjonen, Oslo vann- og kloakkvesen.

Foredrag holdt på kollokvium i Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene 6. september 1976.

1. Generelt

Vannforsyningen i Oslo er basert på overflatevann fra Nordmarka, Lillomarka og Østmarka. Ved servitutter i nedbørfeltene har Oslo kommune og tidligere Aker kommune fra år tilbake søkt å sikre drikkevannet mot forurensning.

Nedbørfeltene går ut over kommunegrensene, og en del av de servituttbelagte arealer ligger i nabokommunene.

Bestemmelsene som skal sikre mot forurensning er avpasset etter avstand fra inntaksvannet. Fiske, leirslagning og bading er således ikke tillatt i vannene nærmest inntakene, mens dette tillates i vann lenger opp i vassdragene. For fast bosetting gjelder strenge bestemmelser. Av denne grunn er befolkningstettheten lav, ca. 4 personer pr. 1000 dekar eller godt under det halve for landet som helhet, 12 p/1000 da. (1974). I

Nordmarka består berggrunnen vesentlig av syenittiske bergarter, såkalt Nordmarkitt, mens Østmarka har grunnfjell av typen gneis. Dette er tungt løselige og sure bergarter, noe som setter sitt preg på vannet. Den marine grense går ved 212 m.o. h., og dette betyr at marine sedimenter påvirker vannet i de nedre deler av nerbørfeltene. Særlig gjelder dette Maridalsvann. Områdene i nedslagsfeltene er ellers preget av skog og myrområder. Den ervervsmessige aktivitet i området er stort sett knyttet til skogsdrift.

2. Vanninntakene, vannbehandling og vannkvalitet.

I dag forsynes Oslo med vann fra Langlia i vest, Maridalsvann og Alunsjøen i nord og Nøklevann og Elvåga via Skullerud i øst.

2.1. Langlidammen fanger opp vann fra et 53 km² stort felt fra Krok-skogen i vest via en rekke større vann i vassdraget, Storflåtan, Vesleflåtan og Svarten. Demningen er den høyeste i Oslo, hele 38 m. Vann tas

inn på 12 meters dyp og føres til Kjelsås anlegg som består av vertikale silduker med effektiv maskeåpning på under 0,5 mm. Vannet tilsettes klor i ett punkt. Dosen er avpasset for å gi en klorrest på 0,02—0,10 ppm Cl₂, målt med ortotolidin metoden og avlest etter 5 minutter. Tilsatsen av klorgass som varierer mellom 0,40 og 0,55 ppm Cl₂, er uavhengig av strømtilførsel og skjer proporsjonalt med vannforbruket. Kapa-

siteten for anlegget er 12 mill. m³/år og er begrenset, ikke av tilførsel, men av utgående ledning.

Vannkvaliteten fremgår av nedenstående tabell. Vannet er surt, meget bløtt og fargetallet og likeledes innholdet av oksyderbare stoffer uttrykt ved dikromattall, permanganatforbruk og total organisk karbon er relativt høyt. Nivået for disse parametre er høyere enn for noe annet vann i Oslo.

Vannkvalitet — Langlia vanninntak 1973—1975.

		<i>Middel- verdi</i>	<i>Minimum- verdi</i>	<i>Maksimum- verdi</i>
Temperatur	°C	6,4	1,5	16,8
Surhetsgrad	pH	6,43	6,24	6,72
Spes. ledn.evne v. 20 °C	µS/cm	30	24	33
Turbiditet	N.T.U.	0,33	0,19	0,51
Farge	mg Pt/l	20	11	30
Klorrest	µg Cl ₂ /l	25	10	60
Oppløst oksygen	% metn.	81	63	93
Alkalitet (m-verdi)	mval/l	0,075	0,055	0,095
Aciditet (p-verdi)	mval/l	0,100	0,060	0,140
Fri karbondioksyd	mg CO ₂ /l	4,4	2,6	6,2
Tørrestoff	mg/l	36,0	28,0	47,5
Total hårdhet	mg CaO/l	6,0	5,0	6,8
Dikromattall	mg O ₂ /l	11	6	17
Fritt og bundet ammonium	µg N/l	120	10	240
Nitrat + nitrit	µg N/l	130	20	280
Orto fosfat	µg P/l	2	<2	2
Total fosfor	µg P/l	8	4	12
Fluorid	µg F/l	60	55	70
Klorid	mg Cl/l	1,6	1,3	2,0
Sulfat	mg SO ₄ /l	6,0	4,0	8,9
Kalium	mg K/l	0,4	0,2	0,8
Jern	µg Fe/l	80	25	162
Mangan	µg Mn/l	25	10	40
Total organisk karbon	mg C/l	4,00	2,45	5,00

I forhold til verdier fastsatt av Sosialdepartementet ligger fargetall og permanganatverdier (ikke oppført) og tidvis temperaturen for høyt, mens pH-verdien er for lav. Ellers må vannet karakteriseres som fattig både på næringsemner som nitrogen, fosfor og kalium og øvrige uorganiske forbindelser. Ved slutten av stagnasjonsperioder kommer oksygenmetningen ned i 60—70 %, men nivået er normalt høyere.

Tallmaterialet i denne og de følgende tabeller er basert på et stort antall prøver og analyser gjennom tre år, 1973—1975. Maksimum og minimumverdier angir grenseverdi for enkeltprøver i dette tidsrommet.

2.2. Alunsjøen eller Grorūdvasdraget har nedbørfelt på 11 km² og gir med sin kapasitet på 5 mill. m³/år det minste bidraget til den totale vannforsyning. Inntaket ligger på 5 meters dyp, og anlegget er også her begrenset til grove vertikale silduker og mengdeproporsjonal klortilsats. Temperaturen på vannet varierer for mye p.g.a. det grunne inntaksdyp, men bortsett fra det er vannet kvalitetsmessig sett det beste i Oslo. Vannets pH-verdi går tidvis over pH 7 og nivået for alkaliteten er tilsvarende høyt, likeledes innholdet av salter. Ledningsevnen er 45—55 μ S/cm ved 20 °C. Fargetallet ligger på 5—7 mg Pt/l som sann farge. Viktige parametre som permanganattall, organisk karbon, jern og mangan ligger likeledes lavt. Det samme gjelder næringssalter. Hårdheten er i Oslo-sammenheng høy, 10—13 mg Ca 0/l og vannet inneholder noe fluorid 0,20—0,24 mg F/l. Dette avspeiler de geologiske forhold i berggrunnen som er

noe mindre «sur» enn i de øvrige felter.

Oksygenforholdene er jevnt over gode med 85—90 % metning.

2.3. Nøklevann. Nedbørfeltet her er ca. 10 km² og kapasiteten ligger på ca. 7 mill. m³/år. Også her ligger inntaket grunt, på 5 meters dyp, og behandlingen er begrenset til grovsiling og klortilsats. Temperaturen pendler følgelig mye med maksimaltemperaturer på 16—17 °C. Ellers er vannet som de øvrige, meget bløtt, saltfattig, noe surt, pH 6,20—6,70, noe farget, p.g.a. humuskomponenter. Innholdet av jern og mangan er akseptabelt, 50—60 μ g Fe og 10—20 μ g Mn pr. liter.

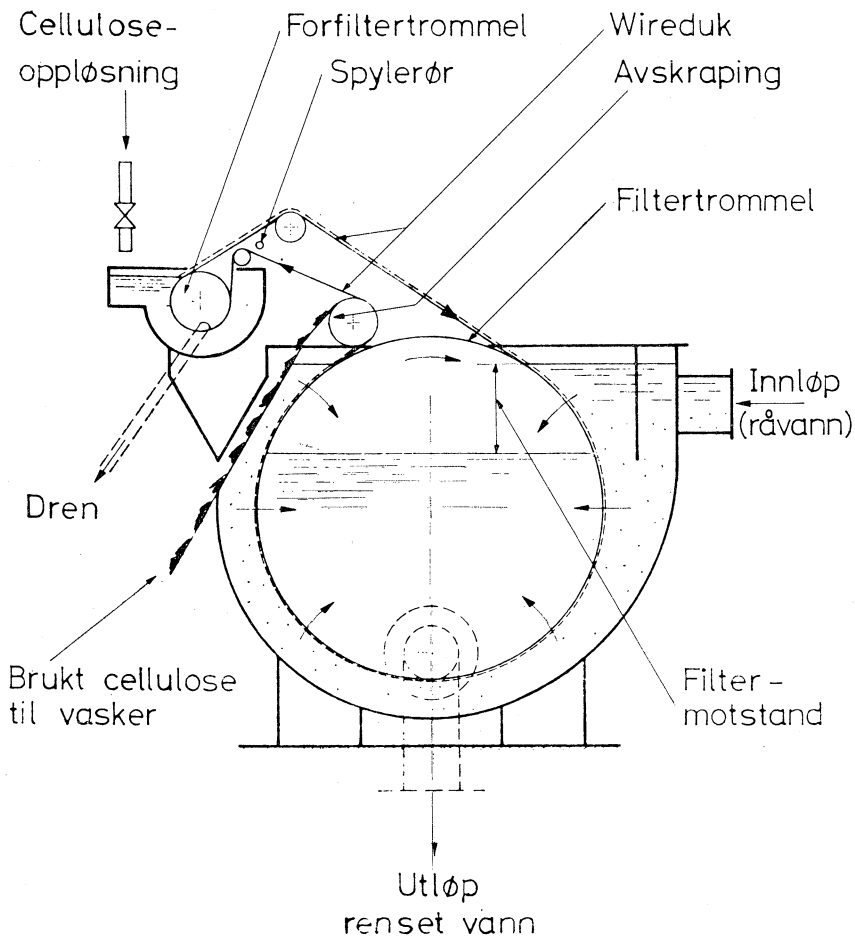
Klorldosen ligger noe over det vanlige for Oslo-vann, ca. 0,35—0,85 ppm Cl₂ p.g.a. høyere tall for koliforme bakterier. Vi regner at det skyldes friluftsliv og almen ferdsel i nedbørfeltet. Oksygenforholdene er tilfredsstillende med metningsprosenten på 75—95 %.

2.4. Elvåga—Skullerud. Nedbørfeltets areal er på ca. 20 km². Anlegget på Skullerud tør regnes til de mer moderne anlegg, og det har kapasitet på ca. 14 mill. m³/år. Vanninntaket ligger på 16,5 meters dyp og vannet føres over en strekning på 3,5 km i tunnel og ledning til Skullerud.

Her finnes tre siltromler med silduk av rustfritt stål med lysåpning på 50 μ m, såkalte Waco-filtre. Innen råvannet ledes inn på filtrene forklores vannet med ca. 0,3—0,8 ppm Cl₂. Vannstrømmen reguleres med fløttørstyrte ventiler, ledes gjennom to kamre og fordeles på de tre filtre

Fig. 1

Waco - filter



etterat oppslemmet cellulose er lagt på som det egentlige filtermedium.

Filterduken, fig. 1, er et endeløst bånd på 4 meters bredde som ved hjelp av valser ledes mellom tilsats-
trauget for cellulose, gjennom et kammer der vannfiltreringen skjer, via avskraping av brukt cellulose, spyling og tilbake til tilsats-
trauget. Brukt cellulose vaskes og tas delvis i retur. Hastigheten på filterdukene er 2—5 mm/min. og kapasiteten kan således reguleres noe.

Celluloseforbruket er ca. 3 kg pr. filter og døgn. Vannet føres videre gjennom horisontale metallsilduker, etterkloreres med ca. 0,05—0,12 ppm Cl_2 , passerer utjevningssjø og føres ut på bynettet direkte til lavtrykkssone eller via høytrykkpumpe-stasjon og basseng til soner med høyt trykk. Etterkloreringen er nødvendig, da klor tilsatt foran filteret forbrukes på dette.

Kvaliteten for rensset vann fremgår av tabellen nedenfor.

		<i>Middel- verdi</i>	<i>Minimum- verdi</i>	<i>Maksimum- verdi</i>
Temperatur	°C	5,8	2,5	10,7
Surhetsgrad	pH	6,21	5,83	6,58
Spes. ledn.evne v. 20 °C	$\mu\text{S/cm}$	35	29	51
Turbiditet	N.T.U.	0,30	0,17	0,65
Farge	mg Pt/l	13	8	19
Klorrest	$\mu\text{g Cl}_2/\text{l}$	35	10	150
Oppløst oksygen	% metn.	79	67	86
Alkalitet (m-verdi)	mval/l	0,065	0,035	0,055
Aciditet (p-verdi)	mval/l	0,110	0,055	0,155
Fri karbondioksyd	mg CO_2/l	4,8	2,4	6,8
Tørrstoff	mg/l	39,5	27,0	48,5
Total hårdhet	mg CaO/l	7,5	6,0	10,9
Dikromattall	mg O_2/l	11	8	17
Fritt og bundet ammonium	$\mu\text{g N/l}$	150	10	360
Nitrit + nitrat	$\mu\text{g N/l}$	140	40	180
Orto fosfat	$\mu\text{g P/l}$	2	<2	4
Total fosfor	$\mu\text{g P/l}$	8	2	10
Fluorid	$\mu\text{g F/l}$	60	50	60
Klorid	mg Cl/l	3,0	2,9	3,8
Sulfat	mg SO_4/l	8,0	6,0	9,5
Kalium	mg K/l	0,7	0,6	1,0
Jern	$\mu\text{g Fe/l}$	50	30	72
Mangan	$\mu\text{g Mn/l}$	15	10	30
Total organisk karbon	mg C/l	3,40	2,09	4,00

Vannet er surt, det sureste i Oslo. Verdi ned i pH 5,83 er målt. Dette får i første rekke tilskrives nedbrytningen av organisk materiale med bl.a. dannelse av karbondioksyd. Surheten er størst i slutten av stagnasjonsperiodene da også oksygenmetningen går ned mot 65—70 %, mot ca. 80—85 % ellers. Temperaturen får regnes som bra lav over hele året. Fargen tilfredsstillende norske krav, likeledes innholdet av jern og mangan. Vannet inneholder mer nitrogen enn de øvrige vann i Oslo. Anlegget gir målbar reduksjon i turbiditet, farge og tørrstoff. Skullerudanlegget forsyner byområdene Lambertseter, Bøler, Skøyenåsen og Oppsal.

2.5. Oset rense- og pumpestasjon.

Ved Maridalsøset er nedbørfeltet på ca. 252 km², og de tilhørende vassdrag er hovedkildene til Oslo's vannforsyning. Feltet har et midlere avløp på ca. 6 000 l/s hvorav 3 950 l/s er regulerbart i dag: 3 250 l/s for vannforsyning og det øvrige 700 l/s går som parkvann i Akerselva. Hele anlegget ligger i fjell, og er bygd for en kapasitet på 180 mill. m³/år mens leveransen nå er på ca. 83 mill. m³/år (1975). Vanninntaket ligger på 30 meters dyp. Fra hovedinntaket i Maridalsvannet strømmer vannet i rør og tunnel til et inntakskammer ved råvannspumpestasjoner. I et lukehus på inntakstunnelen gis vannet en forkloring (kloreringspunkt 1). Råvannspumpestasjonen løfter vannet opp i kanaler hvor det strømmer videre gjennom lufteanlegget, forbi kloreringspunkt 2 til oppholds-bassengene for råvann (klorkontakt-bassenger). Deretter passerer vannet

silanlegget, kloreringspunkt 3 (etterkloring) og venturimetre før det strømmer ut i rentvannsmagasinet (etterkloreringsbassengene), (fig. 2).

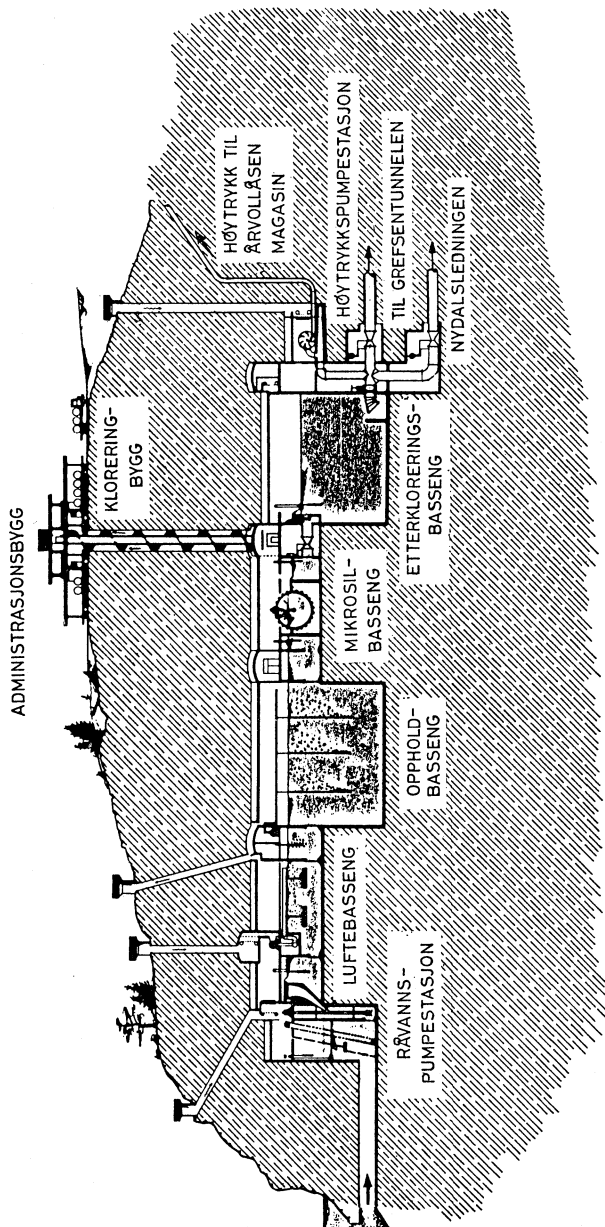
Rentvannsmagasinet er tilknyttet et fordelingsrør som mater to gravitasjonsledninger, Grefsentunnelen og Nydalsledningen, samt høytrykks-pumpestasjonen, som forsyner et magasin i Årvollåsen. Alle utgående ledninger er forsynt med venturimetre. Anlegget omfatter videre følgende hovedenheter: Kloreringsanlegg, ventilasjonsanlegg, transformatorstasjoner, anlegg for reserve strømforsyning, kontrollrom, administrasjonsbygg med laboratorium, samt adkomstveier og adkomsttunneler.

I luftebassengene drives fri karbondioksyd av. Samtidig heves oksygenmetningen i gjennomsnitt fra 81—82 % til 95—96 % mens pH-verdien øker 0,09 pH-enhet, og ca. 0,17 pH-enheter over hele anlegget. Dette betyr at når det gjelder oksygeneringen yter anlegget ved nåværende kapasitet mer enn kravet: 60 % dekning av metningsunderskuddet.

Av kloreringspunktene nyttes kun punktene 2 og 3, idet forkloring i punkt 1 medførte at fisk i inntakstunnelen døde og kunne gi en viss forurensning.

Klordosene varierer noe over året, men ligger jevnt over på 0,10—0,15 og 0,15—0,25 ppm Cl₂ for de to tilsatsstedene. Ved vannføring på 3 m³/s får vi klorkontakttid på 2¼ time mellom kloreringspunkt 2 og 3 og 2¼ time etter siste punkt, ialt 5 timer før vannet går ut på nettet eller føres til Årvoll magasin.

Fig.2 Prinsippet for vannbehandling på Oset



Kloreringsanlegget er det eneste som sammen med administrasjonsrom og laboratoriet ligger ute i dagen.

Klorlageret er todelt og rommer i alt 80 stk. 500 kg's klorfat. Av klor-doseringsapparater finnes 8 stk. som hver kan påkobles to klorfat. Apparatene er automatiske og styres via vakuumsignaler og omformere av venturimetre. Doseringen som er mengdeproporsjonal kan styres fra alle 4 målere i anlegget. Klorapparatene er avhengig av høytrykksvann, men ved stopp tar egne klorvannspumper over. Røropplegget for

klorvann er slik at selv om halve klorstasjonen er ute av drift, kan det likevel kloreres i samtlige punkter.

Mikrosilene, 30 stk. i to haller gir reduksjon av partikulært materiale. Effekten måles best ved analyse av spylevannet fra silene. På årsbasis fjernes ca. 10 tonn materiale. Dette er ikke så meget, men så er da også råvannet meget bra. Silene har nylonduk med maskeåpning på 5 μ m, variabel kapasitet og automatisk spyling som krever ca. 1,5—2 % av kapasiteten i anlegget. Vannkvaliteten for rensed vann fremgår av tabellen nedenfor.

Vannkvalitet — Oset pumpe- og renseanlegg 1973—1975.

		<i>Middel-</i> <i>verdi</i>	<i>Minimum-</i> <i>verdi</i>	<i>Maksimum-</i> <i>verdi</i>
Temperatur	°C	4,9	2,7	8,9
Surhetsgrad	pH	6,45	6,26	6,71
Spes. ledn.evne v. 20 °C	μ S/cm	31	29	34
Turbiditet	N.T.U.	0,35	0,19	0,66
Farge	mg Pt/l	9	5	18
Klorrest	μ g Cl ₂ /l	25	10	60
Oppløst oksygen	% metn.	96	88	100
Alkalitet (m-verdi)	mval/l	0,055	0,045	0,070
Aciditet (p-verdi)	mval/l	0,070	0,040	0,090
Fri karbondioksyd	mg CO ₂ /l	3,1	1,8	4,0
Tørrestoff	mg/l	31,0	22,5	49,0
Total hårdhet	mg CaO/l	6,0	5,0	7,0
Dikromattall	mg O ₂ /l	8	3	20
Fritt og bundet ammonium	μ g N/l	110	40	260
Nitrit + nitrat	μ g N/l	200	130	280
Orto fosfat	μ g P/l	2	<2	2
Total fosfor	μ g P/l	4	2	10
Fluorid	μ g F/l	80	65	90
Klorid	mg Cl/l	2,2	1,8	3,2
Sulfat	mg SO ₄ /l	7,5	5,0	9,0
Kalium	mg K/l	0,5	0,2	0,7
Jern	μ g FE/l	22	10	48
Mangan	μ g Mn/l	15	10	15
Total organisk karbon	mg C/l	2,55	1,90	3,45

Takket være inntak på stort dyp holder temperaturen seg jevn og lav. Svingninger i oksygenmetning er heller små, også på råvann, og indikerer at vannet er rent og omsetningene av organisk stoff sparsomme. Vannet har likevel en viss farge fra humusstoffer og disse er med og gir bl.a. vannet dets sure karakter med pH 6,5 som det vanligste. For øvrig må vannet karakteriseres som godt med f.eks. lave verdier for jern og mangan samt næringssalter.

3. Vann fra ledningsnettet.

Siden januar 1975 er prøver fra nettet blitt tatt regelmessig. Analysene viser at med få unntak finnes en liten, men stabil klorrest i vannet, 0,05—0,10 ppm Cl₂. Oksygennivåene er lite forskjellige fra nivåene i vann fra inntakene. Størst variasjon er det i turbiditet og konsentrasjon av jern og mangan:

<i>Middelverdier fra 1975</i>		<i>Oset</i>	<i>Nettprøver, opprinnelig Oset</i>				
			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Turbiditet,	NTU	0,37	0,36	0,41	0,36	0,35	0,36
Jern	µg Fe/l	28	78	54	40	32	45
Mangan	µg Mn/l	11	20	20	30	20	11

Dette viser at vannet undergår visse endringer ved transport og kontakt med rørgodset. I visse lokale avsnitt av ledningsnettet, oftest i endeledninger eller ledninger med lav vannhastighet, er slike endringer mer markerte, og vi får klager på grumset/farget vann. Når det gjelder tungmetaller, viste en undersøkelse fra 1973, foretatt i SIFF's regi, i samarbeid med Oslo Helseråd og Oslo Vann og Kloakkvesen at vann fra anleggene og vann fra nettet inneholdt lite av disse. Høyere innhold fantes i kranprøver. Dette viser at vannet er noe korrosivt og at utluting fra rør og armatur kan gi uheldige effekter.

4. Fremtidig vannbehandling.

Oslovannet er surt og bløtt og noe farget av humuskomponenter. Farge, høy temperatur og surhet kan gi helsemessige problemer, indirekte

p.g.a. tungmetallutløsning ved korrosjon, foruten at dette også gir økonomiske og tekniske problemer. Korroderte varmtvannsberedere er således et stort problem for mange husiere i vår by. Våre analyser viser at korrosjonen også tærer på hovedledningene. Vannet trenger alkalisering. Forsøk utført ved Oset-vann i ca. 1½ år, viser at alkalisering neppe vil gi større utfellinger i anlegget på Oset, men noe i magasiner og ledningsnett. Forsøket som ble satt opp av NIVA og gjennomført med analysebistand fra O.V.&K.s laboratorium viste at kalking ga mest slam, lut noe mindre enn vann uten alkalier. Endelig standpunkt til alkalisering vil ikke bli tatt før vi vet mer om slamforhold på nettet i dag, og likeledes hva kostnadene vil bli for alternative anlegg.