

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

O-98/71

FORSØK MED MANGANFJERNING VED OPPEGÅRD VANNVERK

Saksbehandler: Ing. Lasse Berglind

Medarbeidere : Cand.real. J.E. Samdal
Cand.real. Olav Skulberg

Rapporten avsluttet: 25. april 1972.

INNHALDSFORTEGNELSE

	side
1. INNLEDNING	3
2. ULEMPER MED MANGAN I DRIKKEVANN	3
3. INNLEDENDE LABORATORIEFORSØK	4
4. FORSØK I VANNVERKET	5
5. FORSØK MED TILSATS AV PERMANGANAT KOMBINERT MED LUFTING AV RÅVANN	6
6. VIRKNINGEN PÅ FILTRENES DRIFTSTIDER VED PERMANGANATDOSERING	7
7. FJERNING AV MANGAN MED PERMANGANAT OG KALK. LABORATORIEFORSØK	7
8. DISKUSJON	8
9. KONKLUSJON	9
10. LITTERATURHENVISNING	10

TABELLFORTEGNELSE

1. Fjerning av mangan i vann fra Oppegård vannverk. Laboratorieforsøk utført 31/8-71.	11
2. Manganfjerningsforsøk i Oppegård vannverk 31/8-1/9-1971. Kjemisk-fysiske analyseresultater.	12
3. Manganfjerningsforsøk i Oppegård vannverk 30/8-9/9-1971. Kjemisk-fysiske analyseresultater.	13-16
4. Fjerning av mangan i Oppegård vannverk. Laboratorieforsøk utført 16/11-71.	17

FIGURFORTEGNELSE

1. Fjerning av mangan i råvann fra Oppegård vannverk Laboratorieforsøk utført 31/8-71.	18
2. Manganfjerningsforsøk i Oppegård vannverk 31/8-8/9-1971. Manganinnhold i råvann og filtrert vann.	19

1. INNLEDNING

1.1 Forsøk med manganfjerning har tidligere vært forsøkt ved Oppegård vannverk ved brunstensbelegning av sandfiltrene. Dette forsøk ga god manganfjerning, men hadde den effekt at filtermotstanden øket raskere enn normalt. Forbruket av kaliumpermanganat, KMnO_4 , var også høyt. Denne fremgangsmåte for fjerning av mangan ble derfor stilt i bero.

1.2 På et møte den 13/8-1970 angående praktiske tiltak ved Oppegård vannverk ble det foreslått å oksydere det oppløste toverdige mangan ved tilsats av kaliumpermanganat til råvannet i inntaket ved Gjersjøen. (Møterapport av 14/8-70). Toverdig mangan, Mn^{2+} , vil da bli oksydert av permanganatet til MnO_2 , brunsten, i råvannsledningen opp til vannverket. Organisk stoff i vannet vil også redusere KMnO_4 til MnO_2 som katalyserer oksydasjonen av Mn^{2+} til MnO_2 . Brunstenen vil bli felt ut i renseanlegget og holdt tilbake i sedimenteringstanken. I vårt brev av 2. oktober 1970 ble det redegjort for innledende laboratorieforsøk som ble gjort ved NIVA med henblikk på en slik fremgangsmåte.

1.3 Denne rapport behandler de videre forsøk basert på kaliumpermanganattilsats til råvann, som ble gjort i forbindelse med manganfjerning ved Oppegård vannverk i tidsrommet 27/8 til 16/11-1971. Disse forsøk er dels foretatt i NIVA's laboratorium, dels i full skala i Oppegård vannverk.

2. ULEMPER MED MANGAN I DRIKKEVANN

2.1 I norske, upåvirkede innsjøer er mangankonsentrasjonen stort sett lavere enn 0,05 mg/l. Tidligere analyser av vann fra Gjersjøen, som ble tatt før forurensningene begynte å gjøre seg gjeldende, viste også lave mangankonsentrasjoner.

2.2 I forurensede innsjøer vil man gjerne finne høyere mangan-konsentrasjoner. Årsaken til dette er at under visse tider av året vil anaerobe forhold i bunnsjiktet skape et reduktivt miljø som reduserer fireverdig utfelt mangan i bunnslammet til toverdige mangan. Mangan går da i løsning og blandes inn i innsjøens vannmasser ved vår- og høstsirkulasjonen. Toverdig mangan blir igjen oksydert til fireverdig mangan av oppløst oksygen i vannmassene, og vil da bunnfelles igjen, men oksydasjonen går langsomt når pH er lavere enn 9,0. Hvis oppløst mangan skal kunne fjernes i kjemiske renseanlegg, må manganet først oksyderes til brunsten slik at det kan fjernes ved felling.

2.3 Oppløst mangan i drikkevannet kan bli felt ut i ledningene ved at bakterier omdanner toverdige mangan til fireverdig mangan, brunsten. Restklor i vannet vil også kunne oksydere toverdige mangan til brunsten. Denne reaksjon vil kunne akselereres hvis renvannet kalkes til pH 8 eller høyere før det går ut på ledningsnettet.

2.4 Ulempene med manganutfelling i vannledningene er dels at dette øker vannets farge og turbiditet, dels at det gir avsetninger i ledningene som skaper driftstekniske problemer. En vanlig klage fra konsumentene er at mangan i vannet gir brune flekker på tøyet ved vask. Særlig skjer dette ved vask i moderne vaskemaskiner med sentrifuge. Manganholdig vann vil også gi brune avsetninger på sanitærporselen. Manganavsetninger i vannledninger vil kunne redusere rørtverrsnittet slik at motstanden øker. Likeledes vil manganavsetninger i vannmålere gi ukorrekte målinger. Manganholdig vann kan også være korrosivt i forbindelse med mikrobiologisk aktivitet.

3. INNLEDENDE LABORATORIEFORSØK

3.1 Laboratorieforsøk med fjerning av mangan i vann fra Gjersjøen er tidligere utført ved NIVA. (Vårt brev av 2. oktober 1970). Imidlertid var manganhalten i råvannet nå 0,22 ppm mot 0,12 ppm ved forsøkene i oktober 1970, og det ble derfor besluttet å gjenta laboratorieforsøkene for å bestemme optimal permanganatdose.

3.2 Forsøkene er utført i vår laboratorieflokkulator på samme måte som ved tidligere forsøk. Permanganatet er tilsatt som 0,1 % løsning. Av resultatene, som er oppført i tabell 1, vil det fremgå at optimal permanganatdose var ca. 0,75 mg/l. Med denne dose ble manganhalten redusert fra 0,22 til 0,06 mg/l d.v.s. 73 % fjerning. Forholdet permanganatdose/manganfjerning er forøvrig illustrert i fig. 1. Det ble forøvrig observert at ved høyere permanganatdoser ble fnokkene noe større enn i prøver hvor dosen var lav, og dette synes å indikere at permanganat kanskje kan ha en viss effekt også som hjelpekoagulant.

4. FORSØK I VANNVERKET

4.1 Ved dette forsøket ble det i tidsrommet 31/8 til 8/9-1971 tilsatt permanganat til råvannet i pumpestasjonens inntakskum. Permanganatdosen varierte fra 0,75 til 1,0 ppm. Under forsøksperioden var kapasiteten ved vannverket 460 m^3 pr. time. Alumdosen var ca. 35 ppm i forsøksperioden.

4.2 Permanganatet ble tilsatt som 5 % løsning og ble tillaget i en plastbeholder utstyrt med røreverk. En vanlig peristaltisk pumpe ble benyttet til dosering. Permanganatet som ble benyttet var av teknisk kvalitet med en oppgitt renhet på 99 %. I større partier koster kaliumpermanganat av teknisk kvalitet mellom 4 og 5 kroner pr. kilo + moms.

4.3 Permanganatdoseringen i vannverket ble foretatt i en innledende periode fra den 31/8-71 kl. 16.45 og til den 1/9-71 kl. 12.00. Hensikten med det innledende forsøk var å fastslå om manganinnholdet i vannet virkelig ble redusert i vannverket slik som laboratorieforsøkene viste. Permanganatdosen var 0,75 ppm. Det vil fremgå av tabell 2 at etter ca. 7 timers dosering begynte manganinnholdet i sedimentert vann å minske. Den 1/9 kl. 0700, d.v.s. etter 17 timer, var mangankonsentrasjonen gått ned til 0,11 mg/l.

4.4 Neste dag den 2/9-71, ble det kl. 14.00 igangsatt et forsøk med permanganatdosering som varte frem til den 8/9-71 kl. 19.00.

Permanganatdosen var 0,75 ppm frem til den 5/9-71. Deretter var dosen 1 ppm resten av forsøket. Det vil sees av tabell 3 at under denne periode var mangankonsentrasjonen i råvannet i gjennomsnitt 0,23 ppm, mens konsentrasjonen i rensset vann var 0,07 ppm. Dette er en manganreduksjon på 69 % som er nær det resultat som ble oppnådd under laboratorieforsøkene. Økningen av permanganatdosen fra 0,75 til 1 ppm fra den 5/9 ga ingen ytterligere bedring av manganreduksjonen.

5. FORSØK MED TILSATS AV PERMANGANAT KOMBINERT MED LUFTING AV RÅVANN

5.1 Etter ønske fra A/S Hjellnes & Co. ble det også gjort et forsøk med å lufte råvannet samtidig med permanganatdosering. Dette ble gjort ved at luft ble blåst inn i råvannsledningen umiddelbart før innblandingskummen for alum. Kompressorkapasiteten var 14 m^3 luft pr. min., men på grunn av tekniske vanskeligheter ble denne kapasitet ikke fullt utnyttet. Forsøket ble foretatt 8/9 fra kl. 0700 til kl. 19.00 samme dag. Luftingen økte oksygeninnholdet i sedimentert vann fra 4,2 til 7,6 mg/l, men som det fremgår av resultatene i tabell 3 ga dette ikke noen ytterligere manganreduksjon. Årsaken var antakelig at pH var for lav og luftetiden for kort til at dette skulle ha noen manganreduserende effekt. Det kan i denne forbindelse nevnes at også tidligere laboratorieforsøk med lufting av vann fra Gjersjøen ved $\text{pH} < 7,0$ har gitt liten manganreduksjon. Lufting ved $\text{pH} 8,2 - 9,5$ ga noe bedre resultat, men manganfjerningen var likevel forholdsvis lav. (Vår rapport av 28/3-66).

5.2 Doseringen av permanganat ble avsluttet den 8/9 kl. 19.00. Som det sees av resultatene begynte etter dette mangankonsentrasjonen i filtrert vann igjen å stige til det samme konsentrasjonsnivå som før tilsatsen av permanganat begynte. Variasjonene av manganinnhold i råvann og filtrert vann er forøvrig vist i fig. 2.

6. VIRKNINGEN PÅ FILTRENES DRIFTSTIDER VED PERMANGANATDOSERING

6.1 Tidligere forsøk i vannverket med permanganatdosering før filterne, hadde som bieffekt at filtermotstanden økte raskere enn normalt. Det er mulig at dette kan ha sammenheng med "Black Sand"-dannelsen. Dette innebærer at det dannes et lag med brunsten rundt sandkornene slik at korndiameteren øker. Unormal økning av filtermotstanden ble imidlertid ikke erfart ved dette forsøket. Forklaringen var antakelig at permanganatet var redusert før vannet passerte filterne. Mesteparten av det utfelte mangan ble holdt tilbake i sedimenteringstanken og den resterende del av manganet som må antas å ha bestått av løst toverdige mangan og brunsten, MnO_2 , har ikke skapt vansker ved filtreringen.

7. FJERNING AV MANGAN MED PERMANGANAT OG KALK. LABORATORIEFORSØK

7.1 Vanligvis er det mest fordelaktig å oksydere oppløst mangan i råvannet med permanganat i svakt alkalisk miljø. Oksydasjonen av mangan blir da mer fullstendig og følgelig blir da også manganfjerningen mer effektiv.

Ifølge Høll ¹⁾ bør pH ligge i området 7,8 til 8 ved oksydasjonen og ikke underskride 7,5. I basisk miljø virker permanganat dessuten mer selektivt oksyderende ovenfor mangan slik at forbruket av permanganat reduseres. (Adams ²⁾, Griffin ³⁾).

7.2 I vannverk med surt eller nøytralt råvann bør følgelig råvannet kalkes før tilsats av permanganat. Rekkefølgen for tilsats av kjemikalier blir således kalk, permanganat, alum og eventuelt hjelpekoagulant. Mellom permanganat- og alumtilsatsen må vannet ha en viss oppholdstid for at toverdige mangan skal rekke å bli oksydert til koagulerbare brunstenskolloider. Ved gunstig pH skjer denne reaksjon ved en oppholdstid på under 5 min. ²⁾

7.3 Under forsøkene i Oppegård vannverk har det ikke vært praktisk mulig å forkalke råvannet da utstyr for kalking ikke finnes i pumpestasjonen. Manganfjerningsforsøk med kalk og permanganat har derfor foreløpig vært foretatt i laboratoriet. Resultatene er gjengitt i tabell 4. Resultatene indikerer at kalking av vannet før

permanganattilsats gir en ytterligere reduksjon av manganinnholdet. Ved kalking til pH 8,3 før tilsats av 0,75 ppm permanganat ble manganinnholdet redusert fra 0,17 til 0,03 mg mangan pr. liter, d.v.s. en manganreduksjon på 82 %. Dette er en prosentvis høyere reduksjon av mangan enn det som har vært oppnådd ved tidligere forsøk uten kalktilsats.

7.4 Det vil videre kunne sees av forsøk 4 i tabell 4 at ved forkalking av råvannet til pH 8,3 så går pH ned til 6,8 etter tilsats av 40 ppm alum. En alumdose på 40 ppm er omtrent det normale som brukes ved vannverket. pH 6,8 kan ansees å ligge innen det optimale området for felling av kolloider med aluminiumsulfat, og noen ytterligere tilsats av syre for pH-regulering synes derfor ikke nødvendig.

8. DISKUSJON

8.1 Ved forsøkene hittil har manganinnholdet i råvannet ligget i området 0,12 til 0,25 mg mangan pr. l. Optimal permanganatdose har ligget i området 0,5 til 0,75 mg/l. Ved oksydasjon i nøytralt og svakt surt miljø, har manganreduksjonen i gjennomsnitt ligget på ca. 70 %. Tidligere analyser av råvannet viser at manganinnholdet vanligvis varierer i løpet av året. Det vil derfor med passende mellomrom være nødvendig å foreta fellingsforsøk i laboratoriet for å fastslå de optimale fellingsbetingelser for fjerning av mangan. I enkelte perioder av året vil manganinnholdet i råvannet erfaringsmessig være så lavt at permanganatdosering ikke er nødvendig.

8.2 Ved manganfjerningsforsøket som ble foretatt i vannverket, ble manganinnholdet redusert fra 0,22 mg/l til ca. 0,07 mg. Selv om dette er en ganske god manganreduksjon, er et manganinnhold på 0,07 mg Mn/l noe høyere enn det som vanlige kvalitetskrav for drikkevann tilsier. Etter vanlige krav til drikkevann bør manganinnholdet ikke overskride 0,05 mg/l. I U.S.A. har det vært foreslått å sette denne grense ned til 0,02-0,03 mg Mn/l ³⁾. Når det gjelder vann til industribruk, kan kravet være enda strengere. I papir- og tekstilindustrien er det ikke uvanlig at det forlanges helt manganfritt vann.

8.3 Laboratorieforsøkene med kalk og permanganattilsats for fjerning av mangan, synes å indikere at manganinnholdet i vannet fra Oppegård vannverk kan reduseres ytterligere i forhold til det som kan oppnåes ved tilsats av permanganat alene. Nødvendigheten av å dosere også kalk i pumpestasjonen, bør imidlertid sees i sammenheng med den fremtidige utvikling av vannkvaliteten i Gjersjøen. Hvis kalk skal benyttes bør den tilsettes råvannet før permanganatet.

8.4 Ved utenlandske vannverk, hvor permanganat blir tilsatt for å fjerne mangan, har man erfart at permanganattilsats til vannet også har den fordel at vannet smaksmessig kan forbedres. Likeledes kan permanganattilsats redusere klorbehovet slik at det tilsatte klor forblir aktivt i lengre tid i ledningsvannet. Under forsøksperioden i Oppegård vannverk, var det imidlertid ingen påviselig smak i vannet. Det var således ikke mulig å få fastslått hvorvidt permanganattilsatsen hadde noen gunstig effekt på vannets smak.

De daglige målingene av restklor i renvannet i forsøksperioden viste at restklorinnholdet steg fra 0,06 til ca. 0,1 ppm Cl_2 under permanganatdoseringen. Klordosen var konstant 0,26 ppm. Dette synes å vise at permanganatet har oksydert stoffer i vannet som normalt blir oksydert av klor.

Som det fremgår av analyseresultatene i tabell 2 og 3, hadde permanganattilsatsen ellers tilsynelatende ingen vesentlig innvirkning på renvannets kjemisk/fysiske egenskaper utenom det at manganinnholdet ble redusert. I prøver som ble tatt før permanganatdoseringen begynte var jerninnholdet i filtrert vann lavt i forhold til innholdet i råvannet. Dette viser at jernet forelå i utfelt kolloidal tilstand.

9. KONKLUSJON

9.1 Forsøkene har vist at ca. 70 % av manganet i råvannet kan fjernes i vannverket med tilsats av kaliumpermanganat til råvannet i pumpestasjonen.

9.2 Forsøk i vannverket med å lufte råvannet samtidig som permanganat ble tilsatt, forbedret ikke manganfjerningen.

9.3 Laboratorieforsøk har vist at forkalking av råvannet til pH ca. 7,5 - 8 før permanganattilsatt, kan gi enda bedre manganfjerning enn når permanganat tilsettes uten noen form for pH-justering.

9.4 Tilsatt av permanganat til råvannet påvirket ikke filtrenes driftstider.

9.5 Etersom manganinnholdet i råvannet endrer seg i løpet av året, bør det med jevne mellomrom foretaes laboratoriefellingsforsøk for å bestemme optimale fellingsbetingelser.

10. LITTERATURHENVISNING

1. Karl Höll: "Wasser". Vierte Auflage
Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin.
2. Reginald B. Adams: "Manganese Removal by Oxidation with Potassium Permanganate". Jour. AWWA Feb 1960.
3. Attmore E. Griffin: "Significance and Removal of Manganese in Water Supplies".
Jour. AWWA Oct 1960.

Tabell 1. Fjerning av mangan i vann fra Oppegård vannverk. Laboratorieforsøk utført 21/8-71.

Forsøk	Målt på filtrert vann											Tid for dannelse av første synlige fnokker - min.
	Alum mg/l	Vannfri Na ₂ CO ₃ mg/l	Temp. oC	KMnO ₄ mg/l	pH	Farge mg Pt/l	Turb. J.T.U.	Permanga- nattall mg O/l	Mangan µg Mn/l	Fnokk- størrelse mm		
1	30	10	11	-	6,7	2	0,30	2,6	220	ca. 3-4	2-3	
2	30	10	11	0,25	6,8	2	0,32	2,6	210	ca. 3-4	2-3	
3	30	10	11	0,50	6,8	2	0,45	2,5	110	ca. 3-4	2-3	
4	30	10	11	0,75	6,8	2	0,42	2,4	60	ca. 4	2-3	
5	30	10	11	1,0	6,7	4	0,41	2,4	80	ca. 4-5	2-3	
6	30	10	11	1,5	6,8	4	0,46	3,0	80	ca. 4-5	2-3	

pH	Farge mg Pt/l	Turb. J.T.U.	Permanga- nattall mg O/l	Mangan µg Mn/l	Jern µg Fe/l
6,67	43	1,9	4,9	220	180

1. Forsøkene er gjort med råvann hentet 30/8-71 fra vannverkets ^{øvre} ~~per~~inntak (15 m)
2. Aluminiumsulfatet er tilsatt etter 10 min. omrøring med KMnO₄ ved 200 rpm.
3. Etter en times flokkulering fikk prøvene sedimentere i en time. Deretter ble prøvene filtrert gjennom foldefilter Schleicher & Schüll nr. 597½ for analyse.

Tabell 2. Manganjerningsforsøk i Oppegård vannverk 31/8 - 1/9 - 1971.

Dato	Klokke-slett	Prøve	pH	Farge mg Pt/l	Turb. J.T.U.	Permangan-nattall mg O/l	Mangan µg Mn/l	Jern µg Fe/l	Anmerkninger
31/8	0700	Råvann	6,83	132	8,3	4,6	250	260	
"	"	Sedimentert vann	6,26	52	5,4	< 0,5	240		
"	"	Renvann	8,57	10	0,42	1,0	220	40	
"	1400								
"	1845	Sedimentert vann					250		
"	"	Renvann					220		
"	1945	Sedimentert vann					200		
"	"	Renvann					210		
"	2045	Sedimentert vann					150		
"	"	Renvann					200		
"	2145	Sedimentert vann	6,22	14	1,4	1,4	130	70	
"	"	Renvann	8,36	7	0,46	1,2	180	40	
1/9	0700	Sedimentert vann	6,32	15	1,7	1,6	110	20	
"	"	Renvann	7,22	7	0,51	0,9	160	60	

KMnO₄-dosering igang-settes. Dose 0,75 ppm

KMnO₄-dosering avsluttet 1/9 kl. 1200

Ann.: Øvre råvannsinntak ble benyttet (15 m dyp).

Tabell 3. Manganfjerningsforsøk i Oppegård vannverk 30/8 - 9/9 - 1971. Kjemisk-fysiske analyseresultater.

Dato	Prøve	KMnO ₄ dose ppm	pH	Farge mg Pt/l	Turb. J.T.U.	Permanga- nattall mg O/l	Temp. °C	Oksygen- innhold mg O/l	% Oksygen- metning mg O/l	Jern µg Fe/l	Mangan µg Mn/l	% Mangan- fjerning regnet ut fra innhold i råvann	Anmerk.
30/8	Råvann		6,67	43	1,9	4,9	13,2	0,6	5,9	180	220		
"	Sedimentert vann		6,30	13	0,62	1,8				20	215		
"	Renvann		7,82	3	0,40	1,4				30	200	9,1	
31/8	Råvann		6,83	132	8,3	4,6				260	250		
"	Sedimentert vann		6,26	52	5,4	< 0,5				260	240		
"	Renvann		8,57	10	0,42	1,0				40	220	12,0	
3/9	Råvann	0,75	6,75	44	3,1	5,7	14,0	0,6	6,0	200	185		
"	Sedimentert vann		6,12	14	1,8					30	120		
"	Filtret vann		7,82	4	0,57	1,2				10	95	48,6	
"	Renvann									20	135		
4/9	Råvann	0,75	6,77	52	3,5	5,9				340	225		
"	Sedimentert vann		6,13	18	2,2	2,1				40	125		
"	Filtret vann									20	70	68,9	
"	Renvann		7,77	6	0,64	1,5				20	90		

Tabell 3. (forts.) Manganfjerningsforsøk i Oppegård vannverk 30/8 - 9/9 - 1971. Kjemisk-fysiske analyseresultater.

Dato	Prøve	KMnO ₄ dose ppm	pH	Farge mg Pt/l	Turb. J.T.U.	Permanganatall mg O/l	Temp. °C	Oksygeninnhold mg O/l	% Oksygenmetning mg O/l	Jern: µg Fe/l	Mangan µg Mn/l	% Manganfjerning regnet ut fra innhold i råvann	Anmerk.
5/9	Råvann	1,0	6,70	50	3,30	5,5	13,7	0,6	6,0	210	215		
"	Sedimentert vann		6,20	13	0,79	2,2				20	85		
"	Filtret vann									20	70	67,4	
"	Renvann		8,30	13	0,65	1,6				30	80		
6/9	Råvann	1,0	6,71	43	2,4	5,9				260	250		
"	Sedimentert vann		6,16	7	1,25	1,7				20	90		
"	Filtret vann									50	70	72,0	
"	Renvann		7,86	2	0,58	1,3				30	85		
7/9	Råvann	1,0	6,74	41	2,7	5,9	13,3	0,6	7,0	200	220		
"	Sedimentert vann			14	2,0					20	110		
"	Filtret vann									40	80	63,6	
"	Renvann		9,05	4	0,58	1,7				30	75		

Tabell 3. (forts.) Manganfjerningsforsøk i Oppgård vannverk 30/8 - 9/9 - 1971. Kjemisk-fysiske analyseresultater.

Dato	Prøve	KMnO ₄ dose ppm	pH	Farge mg Pt/l	Turb. J.T.U.	Permanga- nattall mg O/l	Temp. °C	Oksygen- innhold mg O/l	% Oksygen- metning mg O/l	Jern µg Fe/l	Mangan µg Mn/l	% Mangan- fjerning regnet ut fra innhold i råvann	Anmerk.
8/9	Råvann	1,0	6,68	56	4,4	5,9				310	270		Prøvene tatt om morgenen kl. 0700 like før igangsetting av lufting
"	Sedimentert vann		6,13	15	2,2					30	120		
"	Filtrert vann									< 20	70	74,1	
"	Renvann		8,73	4	0,37	1,5				10	80		
8/9	Sedimentert vann		6,18	14	2,0					30	120		Prøvene tatt kl. 1200 under lufting av råvannet
"	Filtrert vann									20	90	66,6	
"	Renvann		8,58	4	0,45	1,7				30	75		
8/9	Sedimentert vann		6,33	16	2,5					30	120		Prøvene tatt kl. 1900 like før manganfjerningsforsøket ble avsluttet
"	Filtrert vann									20	80	70,3	
"	Renvann		7,01	2	0,35	1,6				30	90		

Tabell 3. (forts.) Manganfjerningsforsøk i Oppegård vannverk 30/8 - 9/9 - 1971. Kjemisk-fysiske analyseresultater.

Dato	Prøve	KMnO ₄ -dose ppm	pH	Farge mg Pt/l	Turb. J.T.U.	Permanganatall mg O/l	Temp. °C	Oksygeninnhold mg O/l	% Oksygenmetning mg O/l	Jern µg Fe/l	Mangan µg Mn/l	% Manganfjerning regnet ut fra innhold i råvann	Anmerk.
9/9	Råvann		6,66	41	2,20	6,0	12,2	0,6	5,8	180	265		
"	Sedimentert vann		6,22	17	1,75					30	215		
"	Filtret vann									20	210	20,7	
"	Renvann		8,85	4	1,0	1,6				30	130		

Midlere manganinnhold i råvannet for tidsrommet 30/8-9/9-71 = 233 µg Mn/l

Midlere manganinnhold i filtret vann f.o.m. 4/9 t.o.m. 8/9-71 = 72 µg Mn/l

Midlere prosent manganfjerning i filtret vann f.o.m. 4/9 t.o.m. 8/9-71 = 69,2 %

Ann.: Øvre råvannsinntak ble benyttet (15 m dyp).

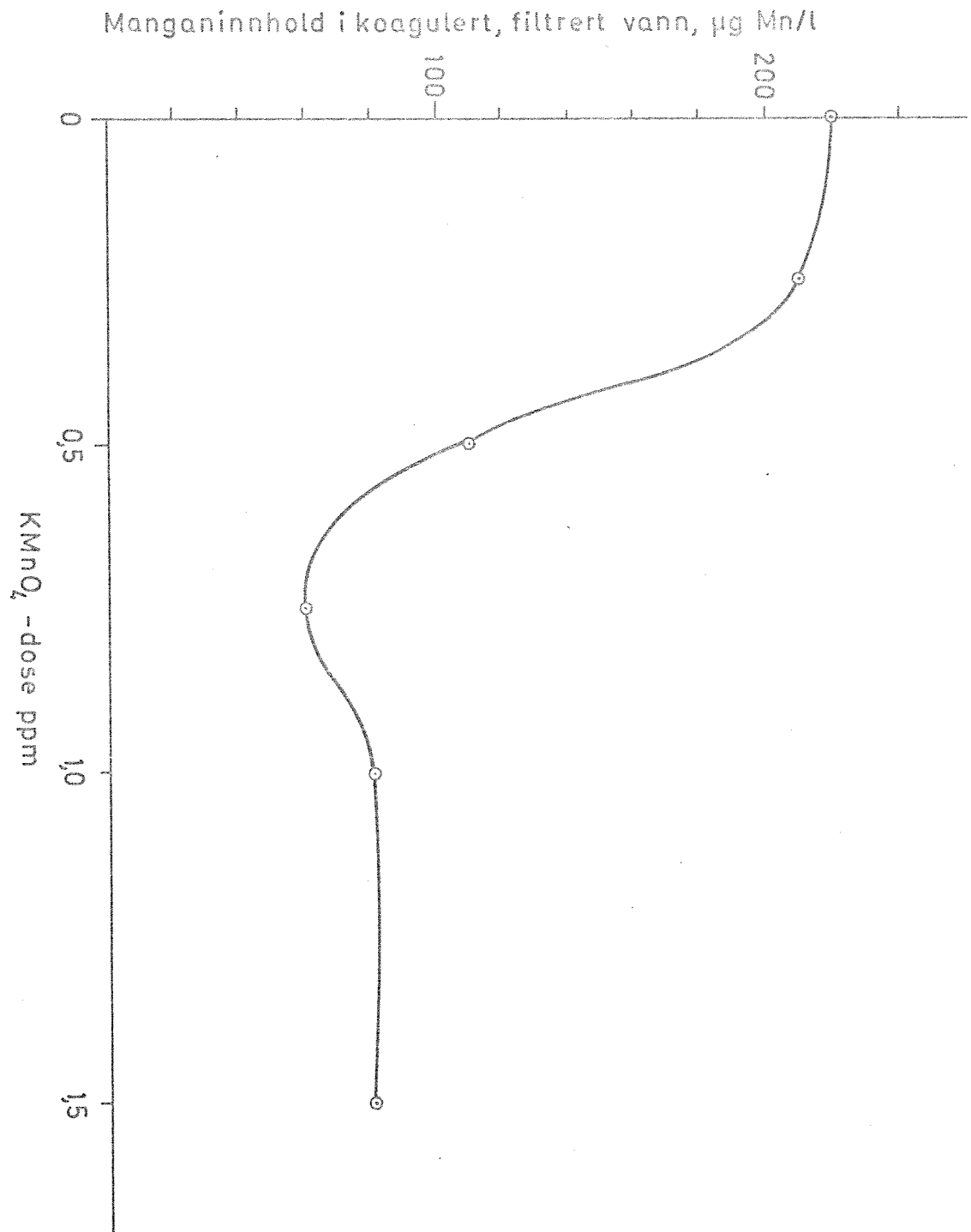
Tabell 4. Fjerning av mangan i Oppegård vannverk.
Laboratorieforsøk utført 16/11-1971.

Forsøk	Alum mg/l	Kalk mg Ca(OH) ₂ /l	KMnO ₄ mg/l	pH etter omrøring med KMnO ₄	pH etter felling	Mn-innhold etter fell. og filt. µg/l	Mn-reduksjon %
1	40		0,75	6,6	5,9	80	
2	40	5	0,75	6,95	6,3	40	
3	40	10	0,75	7,5	6,6	40	
4	40	13	0,75	8,3	6,8	30	82

1. Forsøkene er gjort med råvann hentet 15/11-71 fra vannverkets øvre inntak (15 m dyp). Mn-innhold = 170 µg/l.
2. Prøvene er først tilsatt kalkvann og deretter KMnO₄ i 0,1 % løsning.
3. Prøvene ble omrørt etter KMnO₄ tilsats i 10 min. ved 200 rpm før alumtilsats.
4. Prøvene ble etter flokkulering og sedimentering filtrert gjennom foldefilter Schleicher og Schüll nr. 587¹/₂ for analyse.

Anm.: Manganinnholdet i råvann hentet 15/11-71 var litt lavere enn i råvannet i perioden 31/8-8/9-1971. Årsaken til dette var antakelig at fullsirkulasjonen i Gjersjøen var begynt.

Fig. 1 Fjerning av mangan i råvann fra Oppgård vannverk
Laboratorieforsök utfört 31/8-71



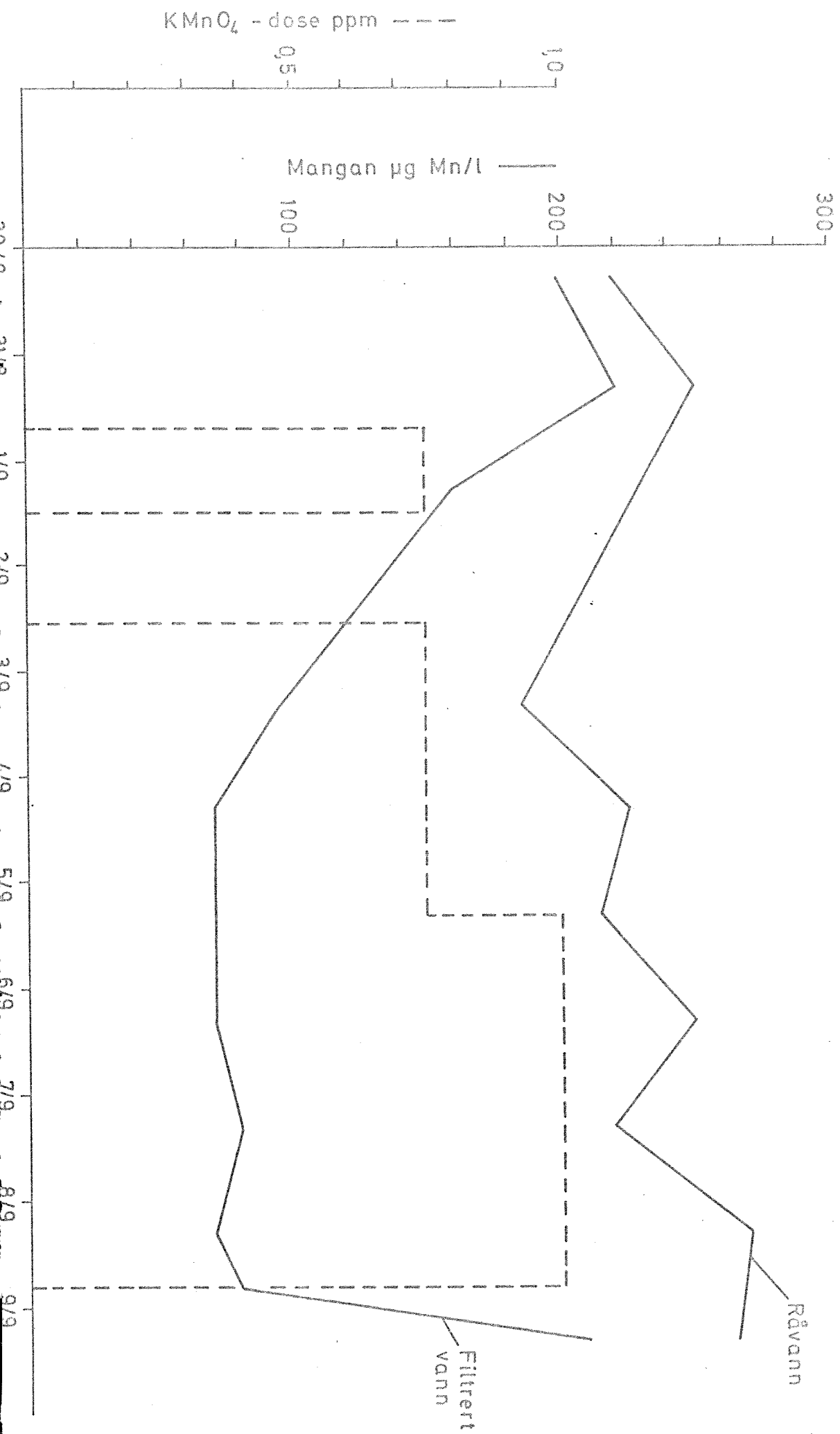


Fig 2 Manganfjerningsforsøk i Oppgård vannverk 31/8 - 8/9 - 1971
Manganinnhold i råvann og filtrert vann