

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

O - 119/64

Fellingsforsøk med vann
fra Gjersjøen

Saksbehandler: Cand.real. J.E. Samdal.
Rapporten avsluttet 28. mars 1966.

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E :		Side:
1.	INNLEDNING	4
2.	PROBLEMSTILLING OG MÅLSETTING	4
3.	ARBEIDSMETODIKK	4
4.	RESULTATER	5
4.1	Felling av vann tatt på 30 m dyp den 25/11 1964	5
4.2	Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 8/1 1965	6
4.3	Sedimenteringsforsøk etter felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 8/1 1965	7
4.4	Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 2/2 1965	7
4.5	Sedimenteringsforsøk etter felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 2/2 1965	7
4.6	Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 22/3 1965	7
4.7	Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 3/5 1965	8
4.8	Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 31/5 1965	8
4.9	Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 5/7 1965	9
4.10	Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 16/8 1965	9
4.11	Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 27/9 1965	10
4.12	Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 11/10 1965	10
4.13	Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 22/11 1965	11
4.14	Felling av vann tatt på 30 m dyp den 8/3 1966	11
5.	KONKLUSJON	12

	T A B E L L F O R T E G N E L S E:	Side:
Tabell	1. Enheter for analyseresultatene	13
"	2. Felling av vann tatt på 30 m dyp den 25/11 1964	14
"	3. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 8/1 1965	17
"	4. Sedimenteringsforsøk etter felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 8/1 1965	18
"	5. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 2/2 1965	19
"	6. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 22/3 1965	20
"	7. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 3/5 1965	21
"	8. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 31/5 1965	22
"	9. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 5/7 1965	23
"	10. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 16/8 1965	24
"	11. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 27/9 1965	25
"	12. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 11/10 1965	26
"	13. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 22/11 1965	27
"	14. Felling av vann tatt på 30 m dyp den 8/3 1966	28

F I G U R F O R T E G N E L S E:

Figur 1.	Sedimenteringen illustrert ved farge og turbiditet etter henstand. 35 mg alum/l og 3 mg kalk/l.	29
----------	--	----

1. INNLEDNING.

Denne rapporten redegjør for resultatene av endel fellingsforsøk som er utført på forskjellige tidspunkter i tiden 25/11 1964 til 8/3 1965 på råvannsporsjoner fra Gjersjøen. Fellingsforsøkene er utført som oppdrag for Oppegård kommune som for tiden har et fellingsanlegg under bygging ved vannverket som forsynes fra Gjersjøen. Oppdraget er kommet i stand på henvendelse fra K. Hjellnes - Polytek A/S, som prosjekterer fellingsanlegget for Oppegård kommune.

En foreløpig rapport om resultatene av fellingsforsøk med vann fra Gjersjøen ble avsluttet den 26. januar 1965 (0-119/64 "Foreløpige resultater fra fellingsforsøk med vann fra Gjersjøen"), men denne rapporten inneholdt bare resultatene av fellingsforsøkene på råvannsprøver tatt i Gjersjøen den 25/11 1964 og den 8/1 1965. I den foreliggende rapport har vi også tatt med resultatene som står omtalt i vår tidligere rapport av 26. januar 1965.

2. PROBLEMSTILLING OG MÅLSETTING.

Gjersjøen er en forurenset innsjø og eutrofieringen har vist stigende tendens i de senere år. Vannkvaliteten i Gjersjøen ved vannverkets inntak på 5 m og 30 m dyp, vil derfor variere gjennom året, og vil være forskjellig på disse to dyp alt etter årstiden. Råvannskvaliteten vil få betydning for vannverkets drift og hensikten med fellingsforsøkene var derfor å få en forhåndsoversikt over koagulerings- og flokkuleringsforholdene med vannet fra 5 m og 30 m dyp.

3. ARBEIDSMETODIKK.

Fellingsforsøkene ble utført i en laboratorieflokkulator med mulighet for utførelse av ialt 12 forsøk samtidig. Koagulerings- og blandhastigheten var 200 omdr./min. og flokkuleringshastigheten var 20 omdr./min. Diameteren på omrørerens propeller var 5 cm og koaguleringstiden var 3 min. mens flokkuleringstiden var 57 min. Forsøkene ble utført i runde begerglass (1 l). Omstillingen fra koagulerings- til flokkuleringshastighet foregikk momentant. Kalkhydrat ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ble tilsatt før alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16 - 18 \text{H}_2\text{O}$) i alle forsøk. I forsøk med dosering av aktivert silica ble denne koagulant tilsatt etter alum. Tiden mellom hver koagulanttilsetting var maksimalt 1 min. Når ikke annet er angitt er doseringen oppgitt i mg/l. Tilsetting av koagulantene foregikk momentant og samtidig til alle begerglassene i en forsøksserie. Etter

flokkuleringen ble vannet i begerglassene filtrert gjennom Schleicher und Schüll foldefilter av papir nr. 597 $\frac{1}{2}$ og analysene ble utført etter våre standardforskrifter. Sedimenteringsforsøkene ble utført ved at en glasshevert (innvendig diameter ca. 7 mm) ble stukket ned i begerglassene ca. 5 eller 10 cm under vannets overflate, slik at prøver kunne uttaes for nærmere undersøkelser.

Råvannsporsjoner ble tatt på 5 m og 30 m dyp nær vannverkets inntakssted (ca. 100 m fra land) i Gjersjøen og slike råvannsporsjoner ble transportert i plastbeholdere til vårt laboratorium hvor fellingsforsøkene ble utført.

4. RESULTATER.

Enhetene for analyseresultatene står oppført i tabell 1.

4.1. Felling av vann tatt på 30 m dyp den 25/11 1964.

Råvannets kvalitet kan sammenstilles slik:

Temp.	5,0
pH	7,14
Turbiditet	2,7
Farge	41

Resultatene av fellingsforsøkene står oppført i tabell 2.

En sammenfatning av resultatene for filtrert vann kan oppstilles på følgende måte:

Forsøks nr.	Dosering mg/l			Temp. område	Filtrat			Dannelses-tid for fnokkene, min.
	alum	kalk	akt. silica		pH	Farge	Turb.	
1.1-1.6	25-30	4-7	ingen	12,4-16,1	6,85-7,13	4-6	ingen-0,06	6 - 11
2.1-2.2	25-40	5-8	"	12,6-15,9	6,61-6,90	0-3	ingen-0,31	6 - 7
3.1-3.6	35	0-8	"	8,6-13,2	6,11-7,10	2-6	ingen-0,31	3
4.1-4.6	40	0-5	"	9,8-14,2	5,83-6,66	2-4	0,10-0,16	3
5.1-5.6	30	0-5	"	13,5-16,2	6,30-6,72	3-4	ingen-0,06	6 - 8
6.1-6.6	25-30	0-8	"	13,6-16,7	6,50-7,02	3-6	ingen-0,06	3
7.1-7.6	35	1-5	1-5	8,0-12,6	6,22-6,85	3	ingen	3

Tabellen på side 5 viser at selv 25 mg alum/l uten kalktilsetting ga god kvalitet på filtratene. Fnokktypen var imidlertid noe større med 30 - 35 mg alum/l og kalktilsetting. Fellingen syntes å kunne foregå i et relativt vidt pH-område i overensstemmelse med at vannet i Gjersjøen inneholder endel alkalitet, og tiden for fnokkdannelse i alle forsøk lå i området 3 - 11 min. Dosering av aktivert silica så ut til å ha en gunstig innvirkning på fnokktypen.

4.2. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 8/1-65.

Råvannets kvalitet kan sammenstilles slik:

Analysekomponenter	5 m	30 m
Temperatur	6,2	6,9
Oksygen	12,5	12,0
Oksygen metning	104	102
pH	6,92	6,90
Spesifikk ledningsevne	93,0	94,2
Farge,ufiltrert prøve	50	46
" filtrert prøve	43	41
Turbiditet	4,0	2,6
Sedimenterbare stoffer	<0,1	<0,1
Permanganattall	6,2	5,7
Alkalitet	5,0	5,0
Hårdhet	19,7	19,3
Jern	0,12	0,08
Mangan	0,08	0,08
Silikater	3,6	3,4

Vannet på 5 m og 30 m hadde omtrent samme kvalitet; et forhold som viser at vinterstagnasjonen ikke var skikkelig etablert.

Med utgangspunkt i fellingsresultatene fra prøvetagningen på 30 m dyp den 25/11 1964 ble det utført fellingsforsøk med doseringskombinasjonene 35 mg alum og 3 mg kalk pr.l slik at pH var 6,5, mens vannets temperatur under fellingen lå nær opp til råvannsporsjonens temperatur under prøvetagningen.

Resultater av disse forsøkene står i tabell 3.

Filtratene fra 5 m dyp og 30 m dyp hadde omtrent samme kvalitet, og dannelses tiden var i begge tilfeller 4 min.

4.3. Sedimenteringsforsøk etter felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 8/1 1965.

Sedimenteringsforsøkene ble utført på vann med doseringskombinasjonene 35 mg alum og 3 mg kalk/l ved 6,2 - 6,9°C (tabell 4).

I vannporsjonen tatt på 5 m dyp var sedimenteringen avsluttet først etter 60 min., mens i vannporsjonen tatt på 30 m dyp var sedimenteringen avsluttet etter 30 min. Det er vanskelig å forklare denne forskjell i sedimenteringshastighet for de to vannprøvene, og det er rimelig å anta at forskjellen skyldes undersøkelsesforholdene.

4.4. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 2/2 1965.

Analyseresultatene står i tabell 5. Med doseringskombinasjonen 35 mg alum/l og 3 mg kalk/l foregikk fellingen i pH-området fra 6,35 - 6,62, og vannets innhold av farge og turbiditet var lavt etter filtrering.

4.5. Sedimenteringsforsøk etter felling med vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 2/2 1965.

Sedimenteringsevnen av utfnokkede partikler ved dosering av 35 mg alum/l og 3 mg kalk/l er illustrert ved farge- og turbiditetsverdier i fig. 1. Verdiene for farge lå stort sett i området 15-20 mg/l etter 20-40 min. henstandstid. Utpipeterte prøver 10 cm under overflaten i begerglassene viste gjennomgående litt høyere farge enn prøver som var utpipetert 5 cm under overflaten i overensstemmelse med at sedimenteringen er først gjennomført i vannets overflate. Kurvene for turbiditet viser stort sett overensstemmelse med kurvene for farge, og var i alle 4 forsøk under 2 mg/l etter 30 min. henstandstid.

4.6. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 22/3 1965.

Analyseresultatene står i tabell 6.

På prøvetagningsdagen var det liten temperaturforskjell mellom vannet på 5 m og vannet på 30 m dyp. Oksygenmetningen var relativt

lav på begge dyp, og den var lavest på 30 m i overensstemmelse med langt fremskreden vinterstagnasjon. Fargen, turbiditeten og innhold av jern og mangan var imidlertid tildels lavere enn den 2/2 1965.

Ved doseringskombinasjonene 30, 35 og 40 mg alum/l og 3 mg kalk/l var fargen og turbiditeten på filtrert vann lav samtidig som innhold av rest-aluminium var lite. Reduksjonen av vannets permanganattall var betydelig, og første fnokkdannelse inntrådte etter 4 min.

4.7. Felling med vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 3/5 1965.

Analyseresultatene står i tabell 7.

Råvannets temperatur og oksygeninnhold (5 m) var steget noe i forhold til prøvetagningen den 22/3-65. Vannets turbiditet både på 5 m og 30 m var relativt høy.

Med dosering 30, 35 og 40 mg alum/l sammen med 3 mg kalk/l foregikk fellingen i pH-området 6,22 til 6,55. Fargen, turbiditeten, permanganattallet og innholdet av restaluminium var lavt på filtrert vann i alle forsøk.

4.8 Felling med vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 31/5 1965.

Analyseresultatene står i tabell 8.

Overflatevannet var blitt varmere og inneholdt mer oksygen enn på forrige prøvetagning, og etableringen av sommerstagnasjonen var igang. Fargen og turbiditeten på prøven fra 5 m dyp og prøven fra 30 m dyp var høy. Det er bemerkelsesverdig at manganinnholdet i begge prøver var høyere enn jerninnholdet. Vi har tidligere (første gang den 29/3-62, se vår rapport av 25/4-62) i våre kontrollundersøkelser av Gjersjøen funnet betydelige mengder mangan. Med doseringer av 25, 30 og 35 mg alum og 3 mg kalk/l i pH-området fra 6,41 - 6,75 ble oppnådd 3 min. dannelses-tid for fnokkene og farge, turbiditet og permanganattallene var lave på filtrert vann samtidig som innholdet av restaluminium var lite.

4.9. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 5/7 1965.

Analyseresultatene står i tabell 9.

Resultatene av temperaturmålingene viste tilstedeværelse av et vel etablert sprangsjikt, men vi har tidligere ikke funnet så høy temperatur på 30 m dyp i Gjersjøen. Det var stor forskjell mellom oksygenmetningen på 5 m og oksygenmetningen på 30 m dyp. Fargen og turbiditeten var høy for begge prøver, og det ble funnet betydelige mengder mangan i prøven fra 30 m dyp.

Med doseringskombinasjonene 25, 30 og 35 mg alum/l og 3 mg kalk/l. foregikk fellingen i pH-området 6,39 til 6,84 og det ble funnet lave tall for farge, turbiditet og permanganatforbruk på filtrert vann samtidig som rest-aluminiuminnholdet var lavt.

4.10. Felling med vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 16/8 1965.

Analyseresultatene står i tabell 10.

Analyseresultatene for råvannet viste at det i overflaten forelå oksygenovermetning med høy pH som følge av fotosyntese, mens det i dyp-lagene var relativt lav oksygenmetning p.g.a. dekomponering. Farge, turbiditet og permanganattallene var relativt høye for begge prøver. Prøven fra 30 m dyp inneholdt noe mer jern og mangan enn prøven fra 5 m dyp.

P.g.a. råvannets høye pH **ga doseringene** 25,30 og 35 mg alum/l sammen med 3 mg kalk/l på prøven fra 5 m dyp en høyere fellings-pH (6,93 - 7,26) enn det som tidligere var fastslått som optimal fellings-pH (ca. 6,5). Fellingen foregikk m.a.o. utenfor det optimale området, og resultatene m.h.t. farge, turbiditet og permanganattall på filtrert vann var derfor ikke tilfredsstillende i enkelte forsøk. Resultatene av fellingsforsøkene med alum-dosering i området 20 - 45 mg/l uten kalktilsetning viste at det er nødvendig med i alle fall 30 mg alum/l for å oppnå tilstrekkelig reduksjon av vannets farge og turbiditet.

Fellingsresultatene på vannporsjonen fra 30 m dyp viste tilfredsstillende reduksjon av vannets farge, turbiditet, jerninnhold og permanganatforbruk, mens nevneverdig fjerning av mangan ikke fant sted.

4.11. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 27/9 1965.

Analyseresultatene står i tabell 11.

Analyseresultatene viste fortsatt sommerstagnasjon med stor forskjell i oksygenmetning mellom prøven fra 5 m og prøven fra 30 m dyp. For begge prøver var farge-turbiditets og permanganattallene høye. Ved denne prøvetagningen var det også relativt meget mangan tilstede i prøven fra 5 m dyp.

På vannporsjonen fra 5 m dyp var det bare doseringskombinasjonene 30 og 35 mg alum/l sammen med 3 mg kalk/l som viste helt tilfredsstillende farge og turbiditet på filtrert vann etter felling ved pH 6,48 - 6,75. Fellingen med 25 mg alum/l og 3 mg kalk/l foregikk øyensynlig ved for høy pH (pH 6,75), idet farge,-turbiditets- og permanganattallene på filtrert vann var relativt høye samtidig som en betydelig rest-aluminiumsmenge var tilstede i vannet etter filtrering. For alle tre alumdoseringer var det effektiv fjerning av mangan.

Vannporsjonen fra 30 m dyp viste god reduksjon av farge og turbiditet ved dosering av 25,30 og 35 mg alum/l med 3 mg kalk/l og felling i pH-området 6,34 til 6,58. En tilfredsstillende fjerning av jern ble også oppnådd, men fjerningen av mangan var ikke tilstrekkelig god.

4.12. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 11/10 1965.

Analyseresultatene står i tabell 12.

Analyseresultatene for råvannet viste at sommerstagnasjonen fremdeles gjorde seg gjeldende.

I likhet med prøvetagningen den 27/9 1965 ble det funnet en betydelig mengde mangan på 5 m dyp, og verdiene for farge, turbiditet og permanganatforbruk var høye.

Fellingsresultatene for vannet tatt på 5m dyp viste tilfredsstillende kvalitet på filtrert vann med dosering 30 og 35 mg alum/l og 3 mg kalk/l, mens doseringskombinasjonen 25 mg alum/l og 3 mg kalk/l ga litt for høy fellings-pH (pH 6,81) slik som illustrert ved tallene for farge, turbiditet og rest-aluminium. For alle

tre alumdoseringer var det effektiv fjerning av mangan.

På vannporsjonen fra 30 m dyp var det særlig doseringene 30 og 35 mg alum/l sammen med 3 mg kalk/l som ga god vannkvalitet på filtrert vann med hensynt til farge, turbiditet og permanganatforbruk, samtidig som innhold av rest-aluminium var lavt for disse doseringskombinasjonene. Innhold av mangan ble ikke fjernet i tilstrekkelig stor grad, mens reduksjonen av råvannets jerninnhold var tilfredsstillende.

4.13. Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 22/11 1965.

Analyseresultatene står i tabell 13.

Vannets temperatur var omtrent den samme på 5 m og på 30 m dyp, og høstsirkulasjonen var i gang. Farge,- turbiditets og permanganattall for prøven fra 5 m og prøven fra 30 m var høye. Manganinnholdet i overflaten og i dyplagene var betydelig.

Doseringskombinasjonene 25, 30 og 35 mg alum/l og 3 mg kalk/l ga for prøven fra 5 m dyp fellings-pH i området 6,16 til 6,60 og lave farge- turbiditets- og permanganattall sammen med en effektiv reduksjon av vannets jerninnhold samtidig som innhold av rest-aluminium var lavt. I likhet med det vi fant for tidligere prøvetagninger på 30 m dyp ble imidlertid mangan ikke fjernet i nevneverdig grad.

Likeså ga doseringskombinasjonene 25, 30 og 35 mg alum/l med 3 mg kalk/l på vannporsjonen fra 30 m dyp tilfredsstillende og god reduksjon av vannets farge,- turbiditet* og permanganattall i pH-området 6,40 til 6,57, mens innhold av rest-aluminium var lavt på filtrert vann. Vannets innhold av mangan ble ikke fjernet i særlig stor utstrekning.

4.14. Felling av vann tatt på 30 m dyp den 8/3 1966.

Analyseresultatene står i tabell 14.

Fellingen foregikk i et lavere pH-område enn det som tidligere var ansett som optimalt. Likevel var fargen og turbiditeten lav

på filtrert vann med dosering av 35 og 40 mg alum/l. En viss mengde mangan ble fjernet, men der var fremdeles en betydelig mengde tilstede i vannet etter for- og etterluftning med kalktilsetning opptil pH 9.50.

5. KONKLUSJON.

- 5.1. Vannet i Gjersjøen er sterkt forurenset, og både på 5 m og 30 m dyp er vannkvaliteten gjennomgående dårlig i kjemisk henseende over hele året. Det er særlig vannets innhold av farge, svevepartikler, jern og mangan som har betydning.
- 5.2. Forsøksfelling i laboratorieskala med aluminiumssulfat og kalk som koagulerter viste at man oppnådde god kvalitet på filtrert vann med hensyn til farge, turbiditet, permanganattall og jerninnhold når fellingen foregikk i det optimale pH-område (pH ca. 6,5) med dosering av 30 - 35 mg alum/l og 3 mg kalk/l. Restaluminiumsmengden i filtrert vann var lav når fellingen foregikk i det optimale pH-område. I noen forsøk ble det påvist en forbedring av fnokktypen ved dosering av aktivert silica.

Ved drift av det fremtidige renseanlegg vil vi anbefale at det legges vekt på innkjøring av renseanlegget i forhold til råvannskvaliteten. Forholdene i Gjersjøen i overflaten og i dyplagene varierer så meget over året at det vil være nødvendig med driftskontroll for å oppnå tilfredsstillende renvannskvalitet.

- 5.3. På råvannsporsjoner fra 30 m dyp og i ett tilfelle også på en råvannsporsjon fra 5 m dyp (høstsirkulasjonen 65), oppnådde vi ikke tilstrekkelig fjerning av mangan i det optimale fellingsområde på tross av luftning og pH-justering opptil 9,5.

Hvorledes mangan skal fjernes fra vannet i de perioder dette er ønskelig bør bli utført ved spesialundersøkelser.

Tabell 1

Enheter for analyseresultatene

<u>Analysekomponent:</u>	<u>Enhet:</u>
Temperatur	°C
Oksygen	mg O ₂ /l
Oksygen	% metning
Surhetsgrad	pH
Spesifikk ledningsevne v/20° C.	.10 ⁻⁶ ohm ⁻¹ . cm ⁻¹
Farge	mg Pt/l
Turbiditet	mg SiO ₂ /l
Sedimenterbare stoffer	ml/l
Permanganattall (KMnO ₄ -tall)	mgO ₂ /l
Alkalitet	ml N/10 HCl/l
Hårdhet	mg CaO/l
Jern	γ Fe/l
Mangan	mg Mn/l
Silisium	mg SiO ₂ /l
Aluminium	mg Al/l

Tabell 2

Felling av vavn tatt på 30 m dyp den 25/11 1964

Dato 1964	Forsøk nr.	Doserings			Temp		Filtrat			Dannelsestid for fnokkene min.	Anmerkninger
		Alum	Kalk	Akt. silica	Start	Slutt	pH	Farge	Turb.		
10/12	1.1	0	0		12,4	16,1	7,06	34	1,04	-	
	1.2	25	4		12,4	16,1	6,90	6	0,06	9	
	1.3	25	5		12,4	16,1	7,01	4	0,06	10	
	1.4	25	6		12,4	16,1	7,13	6	0,06	11	
	1.5	30	5		12,4	16,1	6,85	4	0	6	beste fnokker
	1.6	30	7		12,4	16,1	7,00	5	0,06	7	beste fnokker
11/12	2.1	35	5		12,6	15,9	6,70	1	ingen	6	fine fnokker
	2.2	35	6		12,6	15,9	6,76	2	ingen	6	fine fnokker
	2.3	35	7		12,6	15,9	6,90	ingen	0,06	7	fine fnokker
	2.4	40	6		12,6	15,9	6,61	3	0,31	6	fine fnokker
	2.5	40	7		12,6	15,9	6,76	ingen	ingen	7	fine fnokker
	2.6	40	8		12,6	15,9	6,85	2	0,06	7	fine fnokker
	3.1	35	0		8,6	13,2	6,11	2	0,14	3	fine fnokker
	3.2	35	1		8,6	13,2	6,25	6	0,31	3	fine fnokker
3.3	35	2		8,6	13,2	6,34	2	0,14	3	fine fnokker	
3.4	35	3		8,6	13,2	6,37	3	ingen	3	fine fnokker	

Tabell 2 (forts)

Felling av vann tatt på 30 m dyp den 25/11 1964

Dato	Forsøk nr.	Dosering			Temp.		Filtrat			Dannelsesetid for fnokkene min.	Anmerkninger
		Alum	Kalk	Akt. silica	Start	Slutt	pH	Farge	Turb.		
11/12	3.5	35	4		8,6	13,2	6,54	4	0,14	3	fine fnokker
	3.6	35	8		8,6	13,2	7,10	4	ingen	3	fine fnokker
	4.1	40	0		9,8	14,2	5,83	2	0,10	3	Ganske fine fnokker
	4.2	40	1		9,8	14,2	6,00	2	0,16	3	Ganske fine fnokker
	4.3	40	2		9,8	14,2	6,25	3	0,10	3	Ganske fine fnokker
	4.4	40	3		9,8	14,2	6,25	3	0,10	3	Ganske fine fnokker
	4.5	40	4		9,8	14,2	6,29	4	0,12	3	Ganske fine fnokker
	4.6	40	5		9,8	14,2	6,66	4	0,10	3	Ganske fine fnokker
	5.1	30	0		13,5	16,2	6,30	3	ingen	6	Fine fnokker
	5.2	30	1		13,5	16,2	6,34	3	ingen	6	Fine fnokker
	5.3	30	2		13,5	16,2	6,40	3	ingen	6	Fine fnokker
	5.4	30	3		13,5	16,2	6,51	3	ingen	7	Fine fnokker
	5.5	30	4		13,5	16,2	6,68	4	ingen	7	Fine fnokker
	5.5	30	5		13,5	16,2	6,72	4	0,06	8	Fine fnokker
	6.1	25	0		13,6	16,7	6,50	3	ingen	3	Små fnokker

Tabell 2 (forts)

Felling av vann tatt på 30 m dyp den 25/11 1964

Dato 1964	Forsøk nr.	Doserings			Temp.		Filtrat			Dannelsestid for fnokkene min.	Anmerkninger
		Alum	Kalk	Akt. silica	Start	Slutt	pH	Farge	Turb.		
11/12	5.2	25	1		13,6	16,7	6,50	5	0,06	3	Små fnokker
	5.3	25	2		13,6	16,7	6,66	5	0,06	3	Små fnokker
	5.4	25	3		13,6	16,7	6,70	6	0,06	3	Små fnokker
	5.5	30	8		13,6	16,7	7,02	6	0,06	3	Små fnokker
	5.6	0	0		13,6	16,7	7,02	34	1,0	3	
	15/12	7.1	0	0	0	8,0	12,6	6,85	34	1,1	3
7.2		35	1	1	8,0	12,6	6,22	3	ingen	3	Fine fnokker
7.3		35	2	2	8,0	12,6	6,31	3	ingen	3	Fine fnokker
7.4		35	3	3	8,0	12,6	6,42	3	ingen	3	Fine store fnokker
7.5		35	4	4	8,0	12,6	6,50	3	ingen	3	Fine store fnokker
7.6		35	5	5	8,0	12,6	6,60	3	ingen	3	Fine store fnokker

Tabell 3

Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 8/1 1965

13/1-65

Meter dyp	Forsøk nr.	Doserings		Temp.		Filtrat				Dannelsestid for fnokkene min
		alum	kalk	Start	Slutt	pH	Farge	Turb.	Restalu- minium	
5	8.1	0	0	6,5	6,5	7,02	40	2,6	0,05	
5	8.2	35	3	6,5	6,5	6,45	2	0,06	0,05	4
5	8.3	35	3	6,5	6,5	6,45	2	0,06	0,05	4
30	8.4	0	0	6,5	6,5	7,00	36	2,1	0,05	
30	8.5	35	3	6,5	6,5	6,43	2	0,06	0,05	4
30	8.6	35	3	6,5	6,5	6,42	2	0,14	0,05	4

Tabell 4

Sedimenteringsforsøk etter felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 8/1 1965

Dato	Forsøk nr.	Doserings		Temp.		Etter henstand		Dannelses- tid for fnokker min.	Henstandstid min. før utpipe- ttering
		Alum	Kalk	Start	Slutt	pH	Farge Turb.		
1965	9.1	35	3	6,2	6,6	6,40	105	14,4	0
	9.2	35	3	6,2	6,6	6,40	22	3,2	10
	9.3	35	3	6,2	6,6	6,40	15	1,7	20
	9.4	35	3	6,2	6,6	6,40	11	1,5	30
	9.5	35	3	6,2	6,6	6,40	15	1,8	40
	9.6	35	3	6,2	6,6	6,40	4	0,31	60
30 m	10.1	35	3	6,9	6,9	6,40	100	12,7	0
	10.2	35	3	6,9	6,9	6,40	9	1,4	10
	10.3	35	3	6,9	6,9	6,40	11	1,5	20
	10.4	35	3	6,9	6,9	6,40	8	1,1	30
	10.5	35	3	6,9	6,9	6,40	8	1,1	40
	10.6	35	3	6,9	6,9	6,40	8	1,1	60

Sedimenteringslengde: 10 cm.

Tabell 5

Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 2/2 1965

Bestemmelse av:	Råvann		Etter koagulering og filtrering	
			5 m	30 m
			Dosering alum/kalk	Dosering alum/kalk
	5 m	30 m	35	35
			3	3
Temperatur	-	-		
Oksygen	-	-		
Oksygen metning	-	-		
pH	7,40	7,15	6,35	6,62
Spesifikk ledn.evne	101	95	109	108
Farge	42	49	4	8
Turbiditet	3,1	3,3	0,40	0,14
Sediment. stoff	<0,1	<0,1		
Perm.tall	5,7	5,8	2,1	2,0
Alkalitet	4,4	4,4		
Hårdhet	19,2	19,4		
Jern	60	100	50	50
Mangan	0,08	0,14	< 0,05	0,09
Silisium	2,5	2,3		
Aluminium	<0,05	<0,05	< 0,05	< 0,05

Første fnokkdannelse etter 5 min. på alle prøver.

Tabell 6

Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 22/3 1965

Bestemmelse av:		Etter koagulering og filtrering								
		Råvann			5 m			30 m		
					Dosering alum/kalk			Dosering alum/kalk		
		5 m	30 m	30	35	40	30	35	40	
Temperatur	3,3	3,8								
Oksygen	8,6	7,4								
Oksygen metn.	66,6	57,8								
pH	6,95	6,90	6,58	6,47	6,47	6,54	6,41	6,52		
Sp. ledn. evne	92,0	92,0	105	107	112	105	112			
Farge	35	36	3	2	4	4	3	3		
Turbiditet	1,9	1,8	0,06	0,06	0,06	0,14	0,14	0,14		
Sed.stoffer	0,1	< 0,1								
Perm. tall	5,7	5,7	2,0	1,8	1,9	2,1	1,8	1,9		
Alkalitet	4,9	4,9								
Hårdhet	19,2	19,2								
Jern	80	90								
Mangan	0,05	< 0,05								
Silisium	3,8	3,5								
Aluminium			< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05		

Koagulert ved ca. 8° C

Første fnokkdannelse etter 4 min. på alle prøver.

Tabell 7

Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 3/5 1965

Bestemmelse av:		Etter koagulering og filtrering						
		5 m			30 m			
		Dosering alum/kalk			Dosering alum/kalk			
Råvann		30	35	40	30	35	40	
		5 m	30 m	3	3	3	3	3
Temperatur	5,3	4,1						
Oksygen	7,5	8,6						
Oksygen metn.	60,9	68,3						
pH	6,94	7,05	6,55	6,34	6,22	6,52	6,48	6,27
Sp.ledn.evne	93,8	93,4	107	107	108	106	107	109
Farge	49	50	4	3	4	3	4	3
Turbiditet	4,2	4,7	0,14	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Sed.stoffer	< 0,1	< 0,1						
Perm.tall	5,9	5,7	2,2	2,0	1,8	2,0	2,0	1,9
Alkalitet	5,6	5,2						
Hårdhet	18,6	19,0						
Jern	100	100						
Mangan	0,07	0,09						
Silisium	3,8	3,7						
Aluminium			<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	0,06

Koagulert ved ca. 5° C.

Første fnokker etter 3 min. på alle prøver.

Tabell 8

Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 31/5 1965

Bestemmelse av:	Råvann		Etter koagulering og filtrering					
			5 m			30 m		
			Dosering alum/kalk			Dosering alum/kalk		
	5 m	30 m	25	30	35	25	30	35
		3	3	3	3	3	3	
Temperatur	10,5	7,2						
Oksygen	8,2	7,3						
Oksygen metn.	75,8	62,4						
pH	7,05	6,80	6,74	6,75	6,43	6,68	6,50	6,41
Sp.ledn.evne	91,9	95,0						
Farge	59	45	6	5	4	5	7	3
Turbiditet	5,9	10,2	0,31	0,23	0,14	0,23	0,23	0,06
Sed.stoffer	<0,1	<0,1						
Perm.tall	4,8	5,1		1,5	1,7	1,7	1,9	1,7
Alkalitet	5,0	5,3						/
Hårdhet	17,9	18,1						
Jern	45	125						
Mangan	0,19	0,54						
Silisium	3,8	4,5						
Aluminium	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Koagulert ved ca. 12° C

Første fnokkdannelse etter 3 min. på alle prøver.

Tabell 9

Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 5/7 1965

Bestemmelse av:		Etter koagulering og filtrering							
		5 m			30 m				
		Dosering alum/kalk			Dosering alum/kalk				
		Råvann		25	30	35	25	30	35
		5 m	30 m	3	3	3	3	3	3
Temperatur	14,5	9,0							
Oksygen	9,2	5,9							
Oksygen metn.	92,8	52,3							
pH	7,48	6,90	6,84	6,70	6,62	6,65	6,45	6,39	
Sp.ledn.evne	94,0	97,0	108	105	105	106	108	101	
Farge	53	42	5	4	3	4	3	3	
Turbiditet	7,8	3,1	0,48	0,31	0,14	0,23	0,23	0,14	
Sed.stoffer	<0,1	<0,1							
Perm.tall	5,1	5,2	2,7	1,9	2,0	2,2	1,9	1,9	
Alkalitet	4,9	4,6							
Hårdhet	1,8	1,9							
Jern	85	91							
Mangan	ikke påvist	0,26							
Silisium	0,96	3,7							
Aluminium			0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	

Koagulert ved 14,7° C

Første fnokkdannelse etter 3 min. på alle prøver.

Tabell 10

Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 16/8 1965

		Etter koagulering og filtrering								
		5 m			30 m					
		Dosering alum/kalk			Dosering alum/kalk					
Bestemmelse av:	Råvann		25	25	30	30	35	25	30	35
	5 m	30 m	3	3	3	3	3	3	3	3
Temperatur	16,0	10,0								
Oksygen	10,0	6,8								
Oksygen metn.	104	61,9								
pH	9,28	7,00	7,26	7,18	7,07	7,04	6,93	6,75	6,60	6,44
Sp.ledn.evne	95,5	98,0								
Farge	49	34	7	22	6	15	3	4	3	4
Turbiditet	6,0	2,2	1,8		0,80		ingen	0,23	0,23	0,14
Sed.stoffer	<0,1	<0,1								
Perm.tall	5,2	4,7	3,2	4,2	2,1	2,7	1,6	1,6	1,6	1,7
Jern	67	106	26	22	75,2	6	42	22	6	58
Mangan	<0,05	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	0,13	0,15
Aluminium					0,16	0,16	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Koagulert ved 17° C

Første fnokkdannelse etter 3 - 4 min. på alle prøver.

		Etter koagulering og filtrering					
		5 m					
		Dosering, alum					
Bestemmelse av:	20	25	30	35	40	45	
pH	7,05	6,95	6,80	6,59	6,40	6,25	
Farge	23	26	4	3	3	3	
Turbiditet	1,7	0,48	0,23	0,14	0,14	0,14	
Perm.tall	4,6	2,8	2,0	2,2	1,4	1,7	
Jern	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
Mangan	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Aluminium	-	0,24	<0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	

Tabell 11

Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 27/9 1965

Bestemmelse av:		Etter koagulering og filtrering								
		Råvann			5 m			30 m		
		5 m	30 m	25	30	35	25	30	35	
				Dosering alum/kalk	Dosering alum/kalk					
				3	3	3	3	3	3	
Temperatur	11,9	7,1								
Oksygen	8,6	6,9								
Oksygen metn.	82,7	58,7								
pH	7,05	6,75	6,75	6,65	6,48	6,58	6,47	6,34		
Sp.ledn.evne	86,8	95,1								
Farge	61	48	16	6	5	6	5	5		
Turbiditet	5,7	2,9	1,2	0,31	0,56	0,06	0,23	0,14		
Perm.tall	7,5	6,9	4,5	3,3	3,3	3,3	3,5	3,0		
Jern	102	242	31	13	24	28	22	28		
Mangan	0,12	0,38	<0,05	<0,05	<0,05	0,26	0,37	0,26		
Aluminium			0,44	0,08	0,04	0,07	0,05	0,07		

Koagulert ved ca. 11,5° C

Første fnokkdannelse etter 3 min. på alle prøver.

Tabell 12

Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 11/10 1965

		Etter koagulering og filtrering						
		5 m			30 m			
		Dosering alum/kalk			Dosering alum/kalk			
Bestemmelse av:	Råvann		25	30	35	25	30	35
	5 m	30 m	3	3	3	3	3	3
Temperatur	10,4	6,8						
Oksygen	8,9	7,2						
Oksygen metn.	82,2	60,6						
pH	6,95	6,80	6,81		6,47	6,70	6,55	6,42
Sp.ledn.evne	86,9	95,4						
Farge	59	60	7	5	5	7	6	6
Turbiditet	4,1	3,4	1,4	0,23	0,14	0,31	0,23	0,14
Perm.tall	8,0	6,8	3,2	2,0	2,1	3,0	2,8	2,5
Jern	109	151	37	19	13	17	14	13
Mangan	0,10	0,35	<0,05	<0,05	<0,05	0,23	0,19	0,22
Aluminium			0,44	0,07	0,06	0,12	0,04	0,05

Koagulert ved ca. 11° C

Første fnckkdannelse etter 3 min. på alle prøver.

Tabell 13.

Felling av vann tatt på 5 m og 30 m dyp den 22/11 1965

Bestemmelse av:		Etter koagulering og filtrering							
		Råvann		5 m			30 m		
		5 m	30 m	Dosering alum/kalk			Dosering alum/kalk		
				25	30	35	25	30	35
				3	3	3	3	3	3
Temperatur	4,0	3,8							
Oksygen X)									
Oksygen metn.X)									
pH	6,72	6,78	6,60	6,30	6,16	6,57	6,45	6,40	
Sp.ledn.evne	95,0	94,0							
Farge	44	50	7	4	4	5	5	5	
Turbiditet	3,5	6,5	0,40	0,23	0,14	0,31	0,31	0,31	
Perm.tall	6,8	5,9	3,4	2,9	2,9	3,8	3,2	2,8	
Jern	143	330	20	13	20	20	50	13	
Mangan	0,25	0,30	0,19	0,19	0,22	0,20	0,20	0,21	
Aluminium			0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	0,07	

x) Flaskene ble knust under prøvetagning.

Koagulert ved 4,1° C

Første fnokkdannelse etter 4 min. på alle prøver.

Tabell 14

Felling av vann tatt på 30 m dyp den 8/3 1966

Bestemmelse	Råvann	Uten forluftning		Med 5 min. forluftning		Filtrert blandprøve x) etter kalking og 10 min. etterluftning. pH xx)	
		Dosering		alum/kalk			
av:	30 m	35	40	35	40	8,20	9,50
Temperatur	3,3						
pH	6,85	6,03	5,84	6,35	6,23		
Farge	3	1	1	1	ingen		
Turbiditet	1,5	0,16	0,23	0,16	0,19		
Mangan	0,25	0,18	0,17	0,16	0,14	0,15 xxx)	0,11 xxx)

- x) Blandprøven representerte filtrert vann som hadde vært forluftet i 5 min. og som deretter var koagulert med 35 mg alum/l og 3 mg kalk/l.
- xx) Blandprøvene ble kalket til pH 8,06 og 9,59; Deretter luftning og pH falt til respektive 7,00 og 7,50. Ny pH justering med kalk til 8,20 og 9,50.
- xxx) Analysen utført på filtrert vann etter 2 h henstand og luftning.

Koagulert ved 3,5° C.

Første fnokkdannelse etter 3 min. på alle prøver.

