

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
BLINDERN

O - 31

SLAMDANNELSE I VANNFORSYningsNETTET  
FRA AUREVATN, BERUM

Undersøkelser januar 1966 - februar 1969

Saksbehandler: Siv.ing. Kari Ormerod  
Medarbeider: Meieritekniker Harry Efraimsen

Rapporten avsluttet: september 1974.

## FORORD

Denne rapport omhandler resultater av undersøkelsene utført i perioden januar 1966 - februar 1969. Resultatene er før oversendt Bærum vannverk, delvis som brev eller notater i forbindelse med møter, og delvis i form av månedlige analyseresultater.

Det ble ansett som hensiktsmessig at disse rutinedata og forsøksresultater kunne bli samlet og presentert i en felles rapport, siden de foregående og etterfølgende data allerede foreligger i rapporters form.

Meieritekniker H. Efraimsen har vært ansvarlig for henting av prøver og for alle analyser av frafiltrerbart stoff. NIVAs bakteriologiske laboratorium er ansvarlig for kimtallsanalysene, og de kjemiske analyser av rutineprøvene har vært utført ved NIVAs kjemilaboratorium.

De kjemiske data for inn- og utløpsvann fra Aurevatn renseanlegg, råvannstemperatur, doseringsmengder av desinfeksjonsmidler, kalk og ozon er tatt direkte fra Bærum vannverks driftsjournaler.

Oslo, september 1974

Kari Ormerod

## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG	9
1. INNLEDNING	10
2. METODIKK	11
2.1 Analysemetoder	11
2.2 Innsamling og forbehandling av prøvene	12
2.3 Prøvesteder	16
3. PERIODEN MED KLORDIOKSYD-DESINFISERING	18
3.1 Oppnådde resultater med hensyn til klorrest i ledningsnettet	19
3.2 Oppnådde resultater med hensyn til reduksjon av vannets bakterie- og slaminnhold	20
3.3 Nærmere undersøkelse av årsaken til uteblitt desinfeksjonseffekt av klordioksyd	21
3.4 Konklusjon angående bruk av klordioksyd for desinfisering av humusholdige vanntyper	23
4. FORUNDERSØKELSER VEDRØRENDE DESINFISERING MED KLORAMIN	25
4.1 Kjemiske forundersøkelser vedrørende kloramindoseringen	25
4.1.1 Klorbehovsanalyser med og uten $\text{NH}_3$ -tilsats	25
4.1.2 Egnede forhold mellom doserte mengder $\text{Cl}_2$ og $\text{NH}_3$	27
4.1.3 Egnede doseringsmengder av $\text{Cl}_2$ og $\text{NH}_3$	29
4.1.4 Ozons innvirkning på ammoniakk	32
4.2 Undersøkelser av korrosjon på kobber i vann som inneholder små mengder ammoniakk	35
4.3 Bakteriologiske undersøkelser av kloramin som desinfeksjonsmiddel i den aktuelle vanntype	39
4.3.1 Sammenlikning av kloritt og kloramin som desinfeksjonsmiddel (forsøk A)	40
4.3.2 Virkning av forskjellige kloraminkonsentrasjoner (forsøk B)	46
4.3.3 Virkning av de samme kloraminkonsentrasjoner ved forskjellig bakterieinnhold og surhetsgrad i vannet (forsøk)	46
4.3.4 Sammenlikning av effektiv klorrest og desinfeksjonsevne i de utførte forsøk	53

4.4	Sammenlikning av de observerte forandringer av vannets pH- og farge-verdier i de utførte forsøk	54
4.5	Smaksprøving av vann tilsatt forskjellige doser $Cl_2:NH_3$	62
4.6	De vesentligste konklusjoner trukket på grunnlag av resultatene fra forundersøkelsene	62
5.	KLORAMINDESINFISERING AV LEDNINGSVANNET	64
5.1	Effekten av desinfeksjonen	64
5.2	Ledningsvannets pH-verdi og farge	64
5.3	Slamproduksjonen i ledningsnettets etter start av kloramin-desinfiseringen	65
5.4	En sammenlikning mellom vannkvaliteten i ledningsvann fra Aurevatn og Østernvatn	66
5.5	Lukt- og smaksproblemer	68
5.6	Vurdering av forhøyet kloramindosering og kalkdosering på vannet fra Aurevatn	72
6.	AVSLUTTENDE DISKUSJON	88
7.	LITTERATURLISTE	90
8.	BILAG I	91
	Diverse undersøkelser i forbindelse med klageslam og spyleslam fra Bærum vannverk.	
9.	BILAG II	113
	Tabeller med grunndata og data som er presentert i figur-form i rapportens hoveddel	

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Skisse av slamsamler	14
2. Restklormengde som funksjon av tiden, med og uten tilsetning av ammonium	26
3. Demonstrasjon av vannets klorforbruk, med og uten tilsetning av ammonium	26
4. Total restklor-konsentrasjon etter tilsats av $\text{NH}_3$ og $\text{Cl}_2$ til mikrosilt, ozonert og kalket vann fra Aurevatn rensesanlegg	28
5. Klorrester som funksjon av tiden, ved forskjellige doseringsmengder av $\text{Cl}_2$ og $\text{NH}_3$ i forholdet 3:1	30
6. Ozons innvirkning på ammoniakk i vann	33
7. Korrosjonshastighet som funksjon av tiden ved forskjellige tilsetninger av ammoniakk	37
8. Korrosjonshastighet som funksjon av ammoniakktilsetning ved forskjellige tider	38
9. Desinfeksjonsforsøk med kloritt og kloramin: Bakterieinnhold i kolbene som funksjon av tiden	41
10. Desinfeksjonsforsøk med kloritt og kloramin: Rest av desinfeksjonsmiddel som funksjon av tiden	42
11. Kloraminkonsentrasjonens betydning for desinfiseringen	57
12. Relative mengder av monokloramin og dikloramin ved forskjellig pH	74
13. Restklormengde ved forskjellig pH etter kloramin-dosering til ozonert vann fra Aurevatn den 15/11-68	75
14. Farge og surhetsgrad av vannet før og etter behandling i Aurevatn rensesanlegg	78
15. Desinfeksjonsmiddel - tilsetningens kimtallseffekt	
15a Vestre Bærums ledningsnett	79
15b Østre Bærums ledningsnett (over Kolsåsmagasinet)	80
16. Kalk- og ozondoseringens pH- og fargeeffekt	
16a Vestre Bærums ledningsnett	81
16b Østre Bærums ledningsnett (over Kolsåsmagasinet)	82
17. Analyser av vann fra Østre Bærums ledningsnett fra Østervatn (stasjon Eiksmarka)	83

18a	Sammenheng mellom råvanns-temperatur og diverse komponenter i frafiltrerbart stoff i vann fra ledning, dragveien	84
18b	Beregnete komponentforhold i frafiltrerbart stoff i vann fra ledning, Dragveien	85
19a	Sammenheng mellom råvannstemperatur og diverse komponenter i frafiltrerbart stoff i vann fra slamsamler, Dragveien	86
19b	Beregnete komponentforhold i frafiltrerbart stoff i vann fra slamsamler, Dragveien	87

#### TABELLER I HOVEDDEL

1.	Analyseresultater fra spesielle prøvesteder	24
2.	Variasjoner i pH og farge i løpet av de 24 første timer etter tilsats av forskjellige doseringsmengder av $\text{Cl}_2:\text{NH}_3$ i forholdet 3:1, til mikrosilt, ozonert, men ikke kalket vann	24
3-4.		
3-4.	Desinfeksjonsforsøk A: en sammenlikning mellom kloritt og kloramin som desinfeksjonsmiddel:	
3.	Bakterieinnhold i kolbene som funksjon av tiden	43
4.	Klorrest i kolbene som funksjon av tiden	44
5-6.	Desinfeksjonsforsøk B, med forskjellige konsentrasjoner av kloramin:	
5.	Bakterieinnhold i kolbene som funksjon av tiden	47
6.	Klorrest i kolbene som funksjon av tiden	48
7-8.	Desinfeksjonsforsøk C, med forskjellige konsentrasjoner av bakterier i vannet ved start:	
7.	Bakterieinnhold i kolbene som funksjon av tiden	50
8.	Klorrest i kolbene som funksjon av tiden	51
9.	Forandringer i pH- og fargeverdier for vannet under desinfeksjonsforsøkene	52
10.	Varighet av desinfeksjonseffekt ved dosering av $\text{Cl}:\text{NH}_3$ i konsentrasjonene 1,0:0,33 og 0,5:0,17 ppm	55
11.	Varighet av desinfeksjonseffekt ved dosering av $\text{Cl}:\text{NH}_3$ i konsentrasjonene 1,5:0,5 ppm	56

12-14.	Sammenlikning av resultater fra forskjellige forsøk:	
12.	Forandring av pH-verdi straks etter tilsats av kloramin og etter henstand	58
13.	Et sammendrag av de forskjellige data angående kloraminenes innvirkning på vannets pH-verdi	59
14.	Forandring av farge-verdi straks etter tilsats av kloramin og etter henstand	60
15.	Resultater av smaksprøvingen den 20/3-1968	69
16.	Resultater av smaksprøvingen den 25/3-1968	70
17.	Lukt- og smaksgrenseverdier funnet ved laboratorie-forsøk	72
18.	Fargeøkning ved økning av vannets pH-verdi til 10,0	76

TABELLER I BILAG I

19.	Opplysninger om ledningsbrudd, lekkasjer, antatte lekkasjer, spyling og klager i perioden fra januar 1966 til og med februar 1969	93-98
20.	Antall klager pr.år, og fordeling av klagesteder for "stygt vann" i Bærum	100
21.	Fordeling av klager over "stygt vann" pr. måned i årsperiodene	102
22.	Spesialanalyser av slamprøver fra Bærum vannverk	104-108
23.	Hyppighet for forekomst av diverse organismer i forskjellige typer slam	110

TABELLER I BILAG II

	Bilag side
A. Analyser fra rutineprøvesteder:	1-8
A1 Kimtall (kim/ml)	1-8
A2 pH-verdi	9-14
A3 Farge (grader Hazen)	15-20
A4 Klorrest (mg Cl/l)	21-26
C. Frafiltrerbart stoff, Dragveien (tørrstoff, gløderest, jern og mangan):	
C1 Vann fra ledning	27-31
C2 Vann fra slamsamler	32-36
B1 Klorbehovsanalyser med og uten NH <sub>3</sub> -tilsats	37
B2 Total restklor-konsentrasjon etter tilsats av NH <sub>3</sub> og Cl <sub>2</sub> til mikrosilt, ozonert og kalket vann fra Aurevatn rensesanlegg	38
B3 Klorrest etter forskjellige målemetoder, som funksjon av tiden, ved forskjellige doseringsmengder av Cl:NH <sub>3</sub> i vektforholdet 3:1, til mikrosilt, ozonert, men <u>ikke</u> kalket vann	39
B4 Ozons innvirkning på ammoniakk i vann	40
B5-6 Korrosjon på kobberplater i kontakt med vann som inneholder små mengder ammoniakk:	
B5 Konstant neddypping	41
B6 Vekselvis neddypping	41



## SAMMENDRAG

Undersøkelser utført i 1965 viste at det var meget vanskelig å oppnå tilstrekkelig klorrest ute i ledningsnettene ved å tilsette det ferdig behandlede vann klor. Det ble derfor bestemt at et annet desinfeksjonsmiddel skulle utprøves. Klordioksyd syntes å være lovende, spesielt fordi ingen lukt- eller smaksproblemer var rapportert ved bruk av dette desinfeksjonsmiddel i humusholdig vann!

Etter en tids drift med dette desinfeksjonsmiddel ble det oppdaget at klordioksyden raskt ble omdannet til kloritt, på grunn av dens oksydative virkning på det organiske stoff i vannet. Selv om den målte "klorrest" (kloritt) var høy og spredte seg langt ut i ledningsnettene, så den ikke ut til å redusere slamdannelsen. Kloritt er dessuten av medisinske grunner en uønsket komponent i drikkevann, og bruken av klordioksyd måtte derfor stoppes. Det ble så vedtatt å prøve med kloramin, men på grunn av de dårlige erfaringene med klordioksyd var det nå ønskelig å belyse de enkelte problemer som en slik dosering kunne medføre, i laboratorieskala før doseringen ble satt igang i selve vannverket. En lang rekke forsøk ble satt igang; bl.a. for å undersøke den desinfiserende virkning overfor bakterier, smaks- og luktproblemer, eventuelle korrosjonsproblemer, dannelse av uønskede stoffer, doseringsforhold mellom  $\text{NH}_3$  og  $\text{Cl}_2$ . På grunnlag av resultatene fra disse forsøkene ble så doseringen satt i gang i vannverket.

Etter en tids dosering viste det seg at den desinfiserende evne var god ved tilstrekkelig klorrest, men at det var vanskelig å oppnå klorrest ute i distribusjonsnettene.

En vurdering av hva som kan gjøres for å rette på dette er blitt foretatt på grunnlag av en rekke nye laboratorieforsøk. En kombinasjon av høy pH-verdi og desinfeksjonsmiddel synes å være verd en utprøving i praksis.

## 1. INNLEDNING

Den generelle problemstilling for undersøkelsene beskrevet i denne rapport er detaljert omtalt i innledningene til de foregående rapporter, "NIVA O-31, oktober 1967: Slamdannelse i vannforsyningsnettet fra Aurevatn, Bærum. Undersøkelser januar 1965 - juli 1966" og "NIVA O-31, april 1970: Undersøkelse av slamdannelsestendens i Bærum vannverks ledningsnett fra Aurevatn og Østensjøvatn".

De erfaringer vi høstet i den første undersøkelsesperioden førte frem til en plan for utførelse av videre undersøkelser. Det ble bestemt at det fortsatt skulle tas prøver fra forskjellige steder på ledningsnettet for analyse av kimtall, rest av desinfeksjonsmiddel, farge og pH-verdi. I tillegg skulle et sedimenteringskar være i kontinuerlig drift ved prøvestedet i Dragveien, Blommenholm. Fra dette karet skulle det regelmessig tas prøver for analyse av filtrerbart stoff i vannet. Dermed håpet vi å få et mål for mengde partikler i "normalt" vann og i "klage"-vann, da sistnevnte vann ofte opptrådte i ledningsnettet i så korte perioder at det var vanskelig å få tatt representative prøver av det.

De forutgående undersøkelser viste at slamdannelsen for en stor del måtte være forårsaket av bakterievekst på ledningenes innvendige vegger. Dosering av ekstra desinfeksjonsmiddel etter ozoneringen hadde til hensikt å holde en tilstrekkelig restkonsentrasjon av desinfeksjonsmiddel i vannet i ledningene, slik at bakterieveksten på rørveggene kunne reduseres.

Ozon forsvinner raskt ut av vannet, derfor var det nødvendig med et annet desinfeksjonsmiddel til dette formål. Klor hadde vist seg å være uegnet, da det ikke var mulig å oppnå tilstrekkelig klorrestkonsentrasjon ved rimelige doseringsmengder. Derfor ble også andre desinfeksjonsmidler, som er i bruk andre steder i verden til dette formål, forsøkt.

De undersøkelsene som ble planlagt hadde til hensikt å registrere om slamdannelsen ble redusert, d.v.s om desinfeksjonsmidlet var istand til å redusere den antatte bakterievekst i rørene.

## 2. METODIKK

### 2.1 Analysemetoder

Farge ble bestemt med fotoelektrisk kolorimeter (10 cm celler) som er kalibrert mot fargeoppløsninger i Hazens skala (platin-kobolt-klorid-løsning).

pH-verdi ble bestemt elektrometrisk ved 20°C.

Restkonsentrasjon av desinfeksjonsmiddel ble målt kolorimetrisk:

Klorrest ble målt i B.D.H. Lovibond Nesslerizer apparatur etter 0-tolidinmetoden, med avlesning etter 5 minutter.

Kloraminrest ble målt etter samme metode, men med avlesning etter 20 minutter, og angitt som mg klor pr. liter.

Klordioksyd ble målt i Tintometer Ltd. Lovibond comparator med diethyl-p-phenylene diamine (Palin DPD-test), og angitt som mg klor pr. liter. Ved omregning til mg ClO<sub>2</sub> pr. liter ble klorverdiene dividerte med 2,63.

Kimtall ble bestemt ved å støpe et passende volum prøve inn i agarmedium, inkubering ved 18-22°C og telling av de fremkomne kolonier etter 3 døgn + 3 timer. Næringsmediet hadde følgende sammensetning:

3 g kjøtttekstrakt  
5 " pepton  
1000 ml destillert vann  
pH 7,0

Bestemmelse av mengde og sammensetning av suspendert stoff i vann

Til dette formål ble det benyttet Whatman GF/C glassfiberfiltre, som er standardfiltre for bestemmelse av suspendert stoff i vann. Til filtreringen ble det benyttet Millipore glass-filterholder og vannstrålepumpe. Filtrene var på forhånd vasket ved filtrering av minimum 100 ml destillert vann, deretter glødet ved 580 - 590°C i 30 minutter, avkjølt i eksikator og veid.

Etter filtrering av prøvene ble filtrene tørket i 1 time ved  $105^{\circ}\text{C}$ , avkjølt i eksikator og veid. Man fikk derved tørrestoffverdien av det frafiltrerbare stoff. Deretter ble filtrene igjen glødet ved  $580 - 590^{\circ}\text{C}$ , avkjølt og veid som før nevnt - man fikk derved gløderestverdien. På grunn av at filtrene ble tett igjen av relativt lav vekt av frafiltrerbart stoff, ble gløderestverdiene så lave at de ofte lå i variasjonsområdet for vekten av ubenyttede, glødede filtre. Dette variasjonsområdet var vesentlig høyere enn tilsvarende for tørrestoffbestemmelsen, antakelig fordi glødetemperaturen for gløderestbestemmelsen ligger ca.  $100^{\circ}\text{C}$  høyere enn den angitte maksimumstemperaturen for filtrene, ca.  $500^{\circ}\text{C}$ . Ved temperaturer i overkant av  $600^{\circ}\text{C}$  smelter glassfibrene slik at de blir ødelagt. Analysen må derfor utføres med den største påpasselighet dersom resultatene skal bli til å stole på, og man bør ligge vesentlig høyere enn variasjonsområdet, som nevnt foran, dersom disse data skal kunne utnyttes. De fleste gløderestverdier fra disse undersøkelsene var for lave, og disse er derfor utelatt i analysetabellene.

Gløding av filtrene var imidlertid nødvendig for å bestemme det frafiltrerte stoffs innhold av jern og mangan: Ved gløding ved  $600^{\circ}\text{C}$  forbrenner alt organisk stoff, jern oksyderes til  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  og mangan til  $\text{MnO}_2$ . Disse oksyder løses ut fra gløderesten ved ekstraksjon med vann, konsentrert HCl. Ekstraktet dampes inn og HCl drives av ved hjelp av overflatefordampere. Inndampningsresten løses i 0,1 N HCl og volumet av denne løsning måles. Konsentrasjonen av Fe og Mn i disse løsningene ble bestemt ved hjelp av Perkin-Elmer Atomabsorbsjonspektrofotometer, modell 303.

## 2.2 Innsamling og forbehandling av prøvene

Prøver til kjemiske analyser (farge, pH-verdi og rest av desinfeksjonsmiddel) ble hentet i 1-liters plastflasker ifølge NIVAs rutine.

Prøver til kimtallsanalyser ble i begynnelsen av perioden hentet på NIVAs vanlige, sterile overflateflasker. Da det begynte å bli målbare mengder desinfeksjonsmiddel ute i ledningsnett, viste kimtallsanalyser ureglementært forløp, noe som vi antok skyldtes påvirkning av

desinfeksjonsmiddel på bakteriene i prøveflaskene. Vi begynte da å tilsette thiosulfat til prøveflaskene for å nøytralisere desinfeksjonsmidlet. Overgangen er bemerket i tabellen for kimtallsverdier. Mengde thiosulfat benyttet er i samsvar med "Standard Methods, 12. Ed." (1), og gir en konsentrasjon på ca. 100 mg Na-thiosulfat pr. liter vann.

Prøver til analyser av frafiltrerbart stoff ble hentet fra et plastkar som sto med kontinuerlig gjennomstrømming av vann, se fig.1. Vannføringen ble regulert til 66 ml/min (4 l/time), og det totale vannvolum ble ved en overløpsanordning regulert til ca. 10 liter, slik at vannet fikk en oppholdstid på 2,5 timer i karet. Tyngre partikler sedimenterte ut i løpet av denne tiden, og mikroorganismer fikk anledning til å vokse på karetts innvendige, fuktete flater.

Ved prøvetakingen ble derfor karetts vegger og bunn skrapet rene for vekst, det totale vannvolum overført til en 10 l plastflaske og brakt til NIVA for analysering. Foruten sedimenterte partikler og vekst fra flatene inneholdt dette vannet også partikulært stoff i suspendert form. Ved filtrering gjennom glassfiberfiltre blir også dette suspenderte stoff holdt tilbake.

Mengden av sedimentert stoff og vekst i karet er direkte avhengig av antall døgn mellom hver prøvetaking. Det var derfor ønskelig å dividere de funne verdier for frafiltrerbart stoff med antall døgns kontinuerlig vanngjennomstrømming, eller bedre, med det totale vannvolum som hadde passert karet i perioden. Verdiene ville da bli uttrykt som mengde stoff pr.  $m^3$  gjennomstrømmet vann.

Etter en stunds drift av karet ble det oppdaget at mengden av suspendert stoff i vannet som oftest var betydelig i forhold til mengden sedimentert stoff + ny vekst. Så lenge perioden mellom hver prøvetaking var konstant, ble resultatene sammenliknbare, men ved forkortelse eller forlengelse av gjennomstrømmingstiden ble resultatene misvisende. Dette kan belyses bedre ved følgende eksempel:

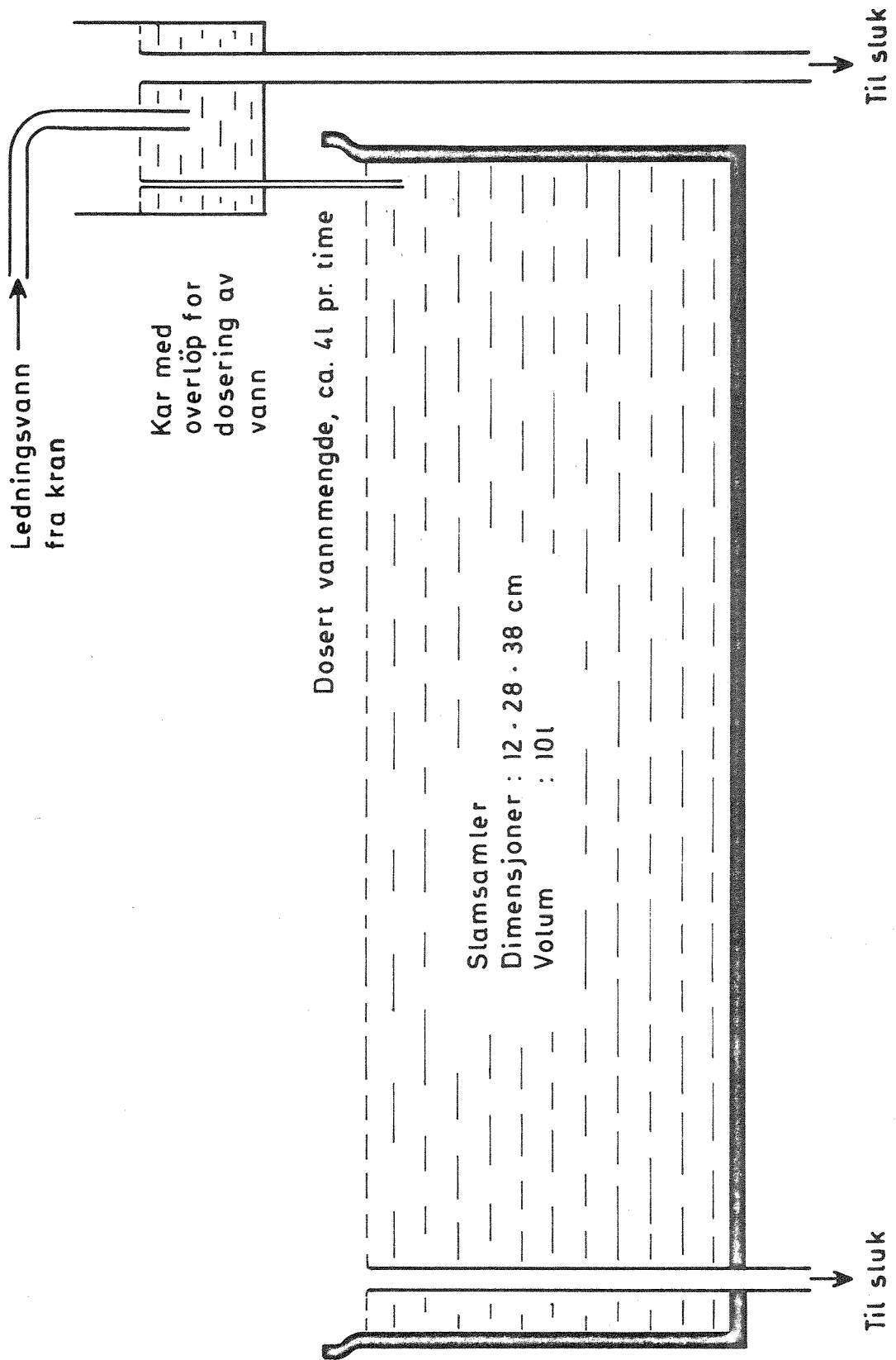


Fig.1 Skisse av slamsamler

$$\frac{\text{Mengde stoff}}{\text{m}^3 \text{ gj.str. vann}} = \frac{\text{Mengde sedimentert stoff} + \text{mengde vekst} + \text{mengde suspendert stoff}}{\text{m}^3 \text{ gjennomstrømmet vann}}$$

Høyre side av likhetstegnet kan løses opp i følgende ledd, som kan kalkuleres slik:

$$\text{Mengde sedimentert stoff: } \text{Antall døgn} \cdot \frac{\text{mg stoff sedimentert}}{\text{døgn}}$$

$$\text{Mengde vekst: } \text{Antall døgn} \cdot \frac{\text{mg ny vekst}}{\text{døgn}}$$

$$\text{Mengde suspendert stoff: } \text{Karets vannvolum} \cdot \frac{\text{mg stoff}}{\text{m}^3 \text{ vann i karet}}$$

$$\text{m}^3 \text{ gjennomstrømmet vann: } \text{Antall døgn} \cdot \frac{\text{m}^3 \text{ vann}}{\text{døgn}}$$

Av disse ledd er "mengde suspendert stoff" ikke avhengig av antall døgn (n) med gjennomstrømming, men bare av konsentrasjonen av suspendert stoff i ledningsvannet i de foregående 2,5 timer:

$$\frac{\text{Mengde stoff}}{\text{m}^3 \text{ gj.str. vann}} = \frac{n \cdot \text{mg sed./døgn} + n \cdot \text{mg vekst/døgn} + \text{m}^3 \text{ vann i karet} \cdot \text{mg suspendert stoff/m}^3 \text{ vann}}{n \cdot \text{m}^3 \text{ vann/døgn}}$$

Er mengde suspendert stoff i vannet nær konstant, vil det siste ledd over brøkstreken gi det største tilskudd til sluttsummen når antall døgn (n) er få. Dersom det sedimenterer få partikler og produseres lite ny vekst pr. døgn, vil det siste ledd utgjøre en dominerende del av verdien når n ikke er meget høy.

Det oppsatte uttrykk vil da ikke være et representativt mål for slamdannelsen i vannet, og det var dette som ble funnet å være tilfelle.

Da dette var oppdaget ble prosedyren forandret. Uttrykket for slamdannelsesestendens ble redefinert til:

$$\frac{\text{mg slam}}{\text{m}^3 \text{ gjennomstr. vann}} = \frac{\text{mg sed. stoff} + \text{mg vekst}}{\text{m}^3 \text{ gjennomstr. vann}}$$

Summen over brøkstreken ble bestemt ved å korrigere tørrstoffverdien av det frafiltrerbare stoff fra karet ved å subtrahere verdien som representerte det suspenderte stoff i vannet. Sistnevnte verdi ble bestemt separat ved å filtrere vann tappet direkte fra kran (ledningsvann).

Ved denne fremgangsmåte forutsettes det at innholdet av suspendert stoff i ledningsvannet ikke forandres vesentlig i løpet av de siste 3 timer før høstingen finner sted.

Ved store variasjoner i suspendert stoff i løpet av de siste 2,5 timer før springvannsprøven ble tatt, ville sistnevnte prøve ikke være representativ for vannet i karet. Dette hendte noen få ganger i undersøkelsesperioden.

### 2.3 Prøvesteder

Prøver til bestemmelse av suspendert stoff ble i hele perioden tatt fra prøvestedet i instituttsjef Baalsruds hus i Dragveien 46a, Blommenholm.

I den første tiden ble det i tillegg tatt prøver fra et kar som var oppsatt på prøvestedet Jordbærhaugen.

Suspendert stoff ble også mengdebestemt i vann fra Aurevatn renseanlegg når dette var av spesiell interesse for å belyse slamdannelsessituasjonen.

Under perioder med spyling av ledningsnett ble det etter avtale med Bærum vannverk analysert prøver av spyleslam, etter samme metode som foran beskrevet for frafiltrerbart stoff. Prøvestedene for disse var forskjellige fra gang til gang, og er derfor bare angitt i analysetabellene.



Prøvesteder for kjemiske og bakteriologiske rutineanalyser:

Jordbærhaugen: Kran direkte på hovedledning.

Grinda: Kran direkte på hovedledning, retning Løken.

Åmodtgården: Kran i toalettrom, Sandviksveien 18.

Dragveien: Kran i kjelleren i Dragveien 46a.

Knabberud: Kran direkte på hovedledning fra Kolsåsmagasinet i retning Knabberud.

Stabekk: Kran i stasjonsbygningen.

Fornebu: Kran i toalettrom i ankomsthall.

Fjordveien: Kran i toalettrom på Fjordveien skole.

Eiksmarka: Kran hos fargehandel i butikkcenteret på Eiksmarka.

Mindre hyppig benyttede prøvesteder for forskjellige analyser:

Ramstad: Kran i toalettrom i underetasjen av Ramstad skole.

Rådhuset: Kran i toalettrom i underetasjen i Bærum rådhus, Sandvika.

Råvann: Prøve tatt med bøtte fra inntakskammeret.

Ozonert vann: Kran på hovedledning fra ozoneringskammerene.

De parametre som er analysert ved Bærum vannverk er fra vannverkets rutinemessige prøvesteder i Aurevatn renseanlegg.

### 3. PERIODEN MED KLORDIOKSYDDESINFISERING - januar 1966 - desember 1967

Ozoneringen av vannet ved Aurevatn renseanlegg har til hovedhensikt å redusere vannets farge, men de aktuelle doseringsmengder er også tilstrekkelige til å desinfisere vannet.

Ozon forsvinner relativt raskt fra vannet etter tilsetningen, slik at det ikke vil bli noen rest av desinfeksjonsmiddel i vannet når det går inn i ledningsnett. Derfor ble det i løpet av 1965 forsøkt tilsatt klor i tilstrekkelig mengde til at en målbar klorrest kunne påvises ute i ledningsnett (Ormerod 1967).

Det viste seg da at klor var lite egnet til dette formål; selv med en dosert klormengde på  $3,2 \text{ g Cl}_2/\text{m}^3$  vann var klorresten ved Jordbærhaugen, ca. 400 m fra utløpet av renvannsmagasinet, bare 0,01 ppm. Det ble derfor besluttet å undersøke mulighetene for å benytte andre desinfeksjonsmidler enn klor.

To desinfeksjonsmidler kunne komme på tale: Kloramin og klordioksyd. Kloramin var et gammelt, velprøvet desinfeksjonsmiddel som var kjent for å gi en mer stabil klorrest enn klor. Det var imidlertid også kjent at kloramintilsetning kunne føre til spesielle lukt- og smaksproblemer; frigivelse av dannet trikloramin, dannelse av spesielle forbindelser mellom kloramin og eventuelle humusstoffer, eller med stoffer dannet under algeoppblomstringer i råvanns-kilden.

Klordioksyd var et desinfeksjonsmiddel som på det tidspunkt så ut til å fortrenge kloramin, og det var ikke rapportert lukt- eller smaksproblemer ved bruk av dette stoff. Det ble tvert imot benyttet til spesialbehandling av vann med slike problemer.

Klordioksyd er et sterkere oksydasjonsmiddel enn klor og det har større oksydasjonskapasitet, men faller dyrere i bruk. Den vanligste fremstillingsmåte til vannverksformål er ved oksydasjon av kloritt med klor. Det er imidlertid viktig at alt kloritt blir oksydert, fordi kloritt er ett av de stoffer som helst ikke bør være tilstede i drikkevann. Kloritt er bare svakt toksisk, men på grunn av dets kraftige oksydasjonsevne er det istand til å omdanne hæglobin til methæmo-

globin. Voksne mennesker danner nytt h moglobin raskt nok til at selv høyere konsentrasjoner av kloritt i drikkevannet ikke vil være skadelig, men dette er ikke tilfelle for spedbarn. Kloritt kan derfor representere en særlig fare dersom det er tilstede i vann som benyttes til spedbarnmat, eller til andre nyfødte barn av pattedyr. Noen terskelverdi for kloritt i dette henseende er ikke blitt fastlagt. I litteraturen angående desinfisering av drikkevann med klordioksyd er det derfor presisert at det må sørges for at alt kloritt er omdannet til klordioksyd f r desinfeksjonsmidlet blir tilsatt vannet.

Av denne grunn pleier man å tilsette klor i overskudd, og av økonomiske grunner er det også ofte benyttet et stort kloroverskudd, slik at desinfeksjonsmidlet egentlig er en blanding av  $Cl_2$  og  $ClO_2$ .

Etter å ha gått igjennom litteraturen over fremstilling av klordioksyd, ble det funnet at man uten større vanskeligheter skulle kunne produsere klorittfri  $ClO_2$ . Det ble derfor besluttet å prøve klordioksydtilsetning ved Aurevatn renseanlegg.

Et apparat for desinfisering med klordioksyd (Entkeimungsgerat Type 100 SR) ble innkjøpt av NIVA fra firma CHLORATOR GMBH, Gr tzingen, Karlsruhe, og utleid til Bærum vannverk.

Etter en tids utprøving av apparatet ble det satt i kontinuerlig drift ved Aurevatn renseanlegg.

### 3.1 Oppnådde resultater med hensyn til klorrest i ledningsnettet

Dosering av klordioksyd startet på kontinuerlig basis 20/4-1966. Det viste seg imidlertid å oppstå en del tekniske problemer, bl.a. på grunn av klordioksydens store korrosivit t, slik at det i løpet av de første 5 måneder var en rekke avbrudd i doseringen på fra noen dagers til flere ukers varighet. Fra midten av september 1966 var disse vanskeligheter under kontroll.

Doseringsmengder av ozon og kalk, samt deres virkning på vannets farge og pH-verdi er demonstrert i figur 14. Dosering av desinfeksjonsmidler er illustrert på figur 15a og b, side 79 og 80.

Figur 15a og b viser hvilke desinfeksjonsmidler som har vært i bruk i de forskjellige perioder, doseringsmengde og eventuelle avbrudd i doseringen. Dette er den eneste parameter som i denne rapport er medtatt fra 1. januar 1966. Alle de øvrige data er medtatt fra starten av rutineanalyseprogrammet i slutten av august 1966.

Den gjenfunne rest av desinfeksjonsmiddel samt funnet innhold av bakterier i vannet ved forskjellige steder på ledningsnettets er også presentert i figur 15a og b.

Rest av desinfeksjonsmiddel er alltid analysert og angitt som gjenfunnet mengde klor pr. ml. Ved dosering av klordioksyd vil derfor den gjenfunne klorrest ofte være høyere enn mengde tilsatt klordioksyd, som er angitt med mg  $\text{ClO}_2/\text{l}$ . Forutsatt at hele den målte klorrest skriver seg fra klordioksyd, vil omregningsfaktoren bli  $\text{mg ClO}_2/\text{l} = 0,38 \text{ mg Cl}_2/\text{l}$  klorrest.

Fra figurene kan man se at dosering av klordioksyd førte til høy klorrest selv langt ute på ledningsnettets. De fleste av prøvestedene viste en klorrest på over 0,5 ppm. Stabekk og Fornebu, som gjennomgående viste lavest klorrest, lå til vanlig i området 0,3 - 0,5 ppm. En klorrest på 0,1 ppm regnes vanligvis for å være tilstrekkelig til å forhindre bakterievekst i vannet og på de flater vannet står i kontakt med.

### 3.2 Oppnådde resultater med hensyn til reduksjon av vannets bakterie- og slaminnhold

Klor og klordioksyd virker oksyderende på organisk stoff, og vi fryktet derfor at det eventuelle belegg av biologisk slam på rørenes innside ville løsne under påvirkning av den høye klorresten i vannet. Det var kjent fra vannverkslitteratur at tilsetning av doseringsmiddel kunne ha denne effekt. Når organismene som sitter fast på flatene kommer i kontakt med oksydationsmidlet, ødelegges også deres fastsittingsmekanisme, og belegget kan løsne i så store partier at vannet kan bli sterkt slamførende. Det har til og med vært rapportert at rørledningene i fordelingsnettets er blitt tilstoppet av slikt slam.

Da vi i begynnelsen fikk høye kimtallsverdier sammen med høye klorrester, trodde vi at det skyldtes slam som ble løsrevet uten at alle de levedyktige bakteriene i det ble drept. Når det meste av det dannede belegg var forsvunnet fra rørveggene, skulle det ventes meget lave kimtall for vannet i rørene. Kimtallsverdiene viste imidlertid ingen tendens til å avta. Data i figur 15a og b viser ved nærmere ettersyn at høye klorrester synes å være fulgt av høye kimtallsverdier.

Hvis de høye kimtallsverdier skyldtes at belegget på veggene løsnet og kom ut i de frie vannmasser, skulle det også ventes at dette ville gi seg utslag i økende mengder slam i vannet. Dette skulle da la seg registrere i slamsamleren vi hadde oppsatt til dette formål.

De rutinemessige målinger av de forskjellige parametrene ble imidlertid ikke startet samtidig med doserings-start for klordioksyd. De ble startet først i september 1966.

Resultatene fra slamsamler-enheten viser at slam-mengden i vannet viste avtakende tendens, fig. 19a. Vannets slaminnhold kom ned til en minimumsverdi på ca. 5 g tørrstoff/m<sup>3</sup> gjennomstrømmet vann i løpet av vinteren 1966/67, men vannet hadde fremdeles svært høyt bakterieinnhold. Under vårløsningen (i midten av mai) økte igjen vannets slaminnhold, og etter en midlertidig nedgang i juni fortsatte det å øke til en maksimumsverdi på 186 g tørrstoff/m<sup>3</sup> gjennomstrømmet vann i slutten av august måned. Deretter avtok vannets slaminnhold ned til nær samme nivå som foregående vinter. Vannets kimtallsverdier holdt seg stort sett høye gjennom hele året 1967.

Dette tydet på at desinfeksjonen av ledningsnettets ikke hadde vært vellykket til tross for de høye klorrester som ble funnet.

### 3.3 Nærmere undersøkelse av årsaken til uteblitt desinfeksjonseffekt av klordioksyd

Da kimtallsverdiene fortsatt holdt seg høye etter at vannets slaminnhold var sunket til et minimum, fikk vi mistanke om at noe var galt, og vi satte igang forskjellige undersøkelser for å klargjøre hva som kunne ha skjedd. Produksjonen av klordioksyd ved renseanlegget ble kontrollert, og det viste seg at den fungerte som den skulle. Cand.

real. Jan Aug. Myhrstad ved NIVAs kjemiavdeling tok da for seg analysemetodikken for bestemmelse av klordioksyd i vann. Etter å ha kommet fram til metoder for kvantitativ bestemmelse av klordioksyd, kloritt og klor når de forelå i blanding (Myhrstad 3/7-1967), benyttet han dette til å finne ut om det vi målte som klorrest etter den benyttede Palins test virkelig var klordioksyd ( Myhrstad 28/6-1967).

Den nye analysemetode ga som resultat at selv ved klorrester så høye som 1,2 ppm etter Palins test, var det ikke klordioksyd tilstede i ledningsvannet. Analysene for kloritt og klor viste for nevnte prøve henholdsvis verdiene 0,57 ppm og 0 ppm, det vil si, det vi målte som klorrest skrev seg fra kloritt.

Det ble da gjort et forsøk med å tilsette klordioksyd til ozonert vann (uten kalktilsetning). Innholdet av klordioksyd, kloritt og klor ble analysert etter 35 min. samt 18 timers henstand.

Resultater:

Kontaktetid	ppm $\text{ClO}_2$	ppm $\text{ClO}_2^-$	ppm $\text{Cl}_2$
35 minutter	0	0,95	0
18 timer	0	0,34	0

Disse data er tatt fra NIVA-rapport, ref. Myhrstad 28/6-1967.

Resultatene viste at innholdet av klordioksyd var redusert 100% 35 minutter etter tidspunktet for tilsetningen, muligens før. De viste også at konsentrasjonen av det dannede kloritt avtok med tiden. Kloritten i vannet måtte være dannet ved at klordioksyden ble redusert av vannets innhold av organisk stoff, fordi den tilsatte klordioksyd ble funnet å være fri for kloritt.

Det så derfor ut som om det ikke var mulig å benytte klordioksyd som desinfeksjonsmiddel for vann med innhold av organisk stoff, uten at den ble redusert til kloritt.

### 3.4 Konklusjon angående bruk av klordioksyd for desinfisering av humusholdige vanntyper

Disse undersøkelsene ble utført i løpet av våren og sommeren 1967, etter en vinterperiode uten klager på brune partikler i vannet. Året 1965 var det veldig mange klager i løpet av vinteren, og i januar og mars 1966 hadde det også kommet inn klager på stygt vann. Det var derfor grunn til å tro at desinfeksjonsmidlet hadde hatt en viss virkning på belegget i rørene. Også i litteraturen var det hevdet at natriumkloritt hadde evnen til å holde ledningene fri for mangan-holdig belegg (Hopf 1967), slik at man også kunne benytte vann med høyere manganinnhold enn 0,05 ppm uten å få problemer. I et rørledningsnett i Düsseldorf hadde en lav rest-kloritt mengde (etter dosering av klordioksyd/klor-blanding) i vannet bevirket at et belegg av jern- og manganbakterier infiltrert med brunstein ( $MnO_2$ ) løsnet og forsvant fra ledningene, og nytt belegg ble ikke dannet. Klor alene hadde ikke hatt denne virkning. Hopf mente derfor at kloritt i lav konsentrasjon måtte kunne benyttes til dette formål, og ønsket derfor at kloritt-innhold i drikkevann måtte bli tatt opp til ny vurdering slik at maksimumsgrenser for tillatt innhold kunne fastsettes. Inntil en slik vurdering har funnet sted, er kloritt en uønsket komponent i drikkevann. Problemet ble lagt fram for Helsedirektoratet, som frarådet bruk av klordioksyd for slike humusholdige vanntyper.

I mellomtiden kom sommer-perioden med en tilbakevending av slamproblemer i samme størrelsesorden (etter antall klager) som i de to foregående år, slik at det ble klart at kloritt-resten i vannet likevel ikke hadde hatt tilstrekkelig virkning.

Det var etter dette hverken mulig fra et helsemessig synspunkt eller ønskelig for slambekjempelsen å fortsette med klordioksyd som desinfeksjonsmiddel, og det ble foreslått å forsøke desinfeksjon med kloramin.





#### 4. FORUNDERSØKELSER VEDRØRENDE DESINFISERING MED KLORAMIN

Fordi forsøket med tilsetning av klordioksyd ikke var falt heldig ut, ønsket man ikke å gå til ombygging for kloramindesinfisering uten på forhånd å vite litt om hvordan en slik tilsetning skulle foregå i praksis, og om kloraminer virkelig hadde desinfiserende evne, også ved de restklormengder som var oppnåelige med denne vanntype.

Det ble tatt skritt til å undersøke disse forhold allerede kort etter at det var påvist kloritt i ledningsvannet. NIVAs kjemiavdeling fikk i oppdrag å gjøre laboratorieforsøk for å komme frem til egnet dosering av klor og ammoniakk til vann fra Aurevatn renseanlegg. Resultatene ble presentert i 2 notater (Myhrstad 18/9-1967 og Myhrstad 8/10-1967).

NIVAs bakteriologiske avdeling skulle undersøke kloraminenes desinfiserende evne sammenliknet med kloritt. Resultatene av disse undersøkelsene ble presentert i et notat (Ormerod 15/11-1967). Et sammendrag av resultatene er medtatt i denne rapport. For detaljer i undersøkelsene henvises til de originale notater.

##### 4.1 Kjemiske forundersøkelser vedrørende kloramindoseringen

###### 4.1.1 Klorbehovsanalyser med og uten NH<sub>3</sub>-tilsats

Disse forsøk ble utført for å klargjøre om tilsats av ammonium reduserte vannets klorbehov, slik at mengde restklor holdt seg på tilstrekkelig høye verdier i lengre tid enn tilfellet var for bare klor.

Resultatene fra disse forsøkene er presentert i tabell B7 i bilaget og i figurene 2 og 3 i teksten.

Det gjøres oppmerksom på at klorresten i disse forsøk ble målt etter Palins metode, med (DPD) diethyl-p-fenylene-diamin (Palin 1958, Tintometer).

FIG. 3 Demonstrasjon av vannets klorforbruk, med og uten tilsetning av ammonium.

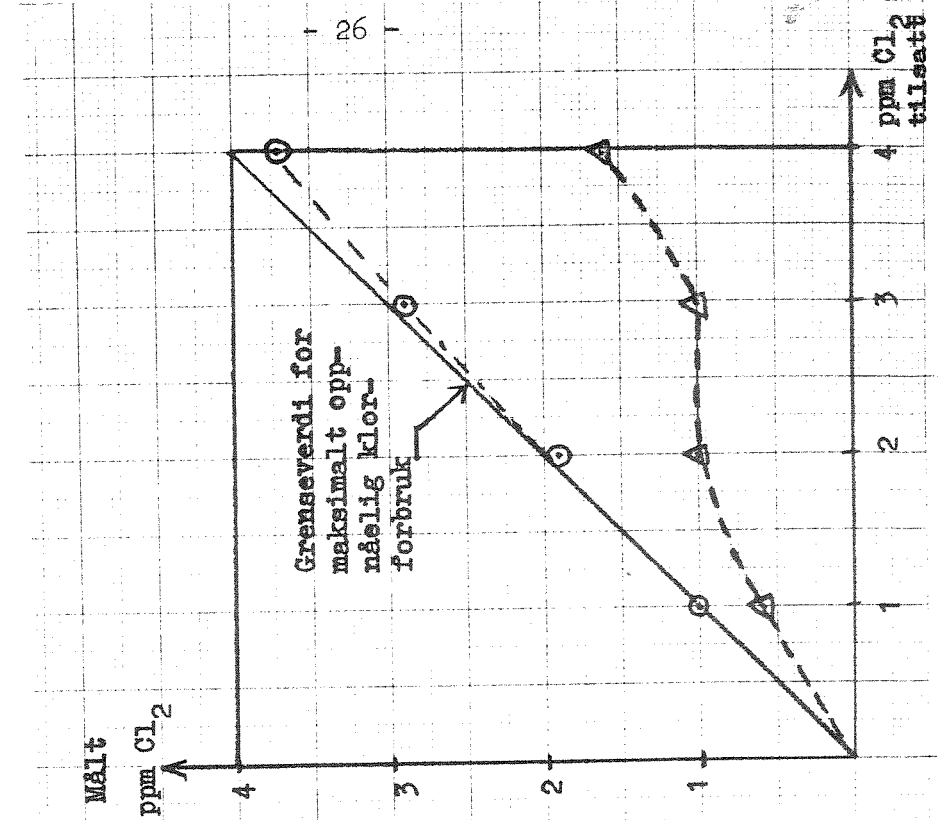
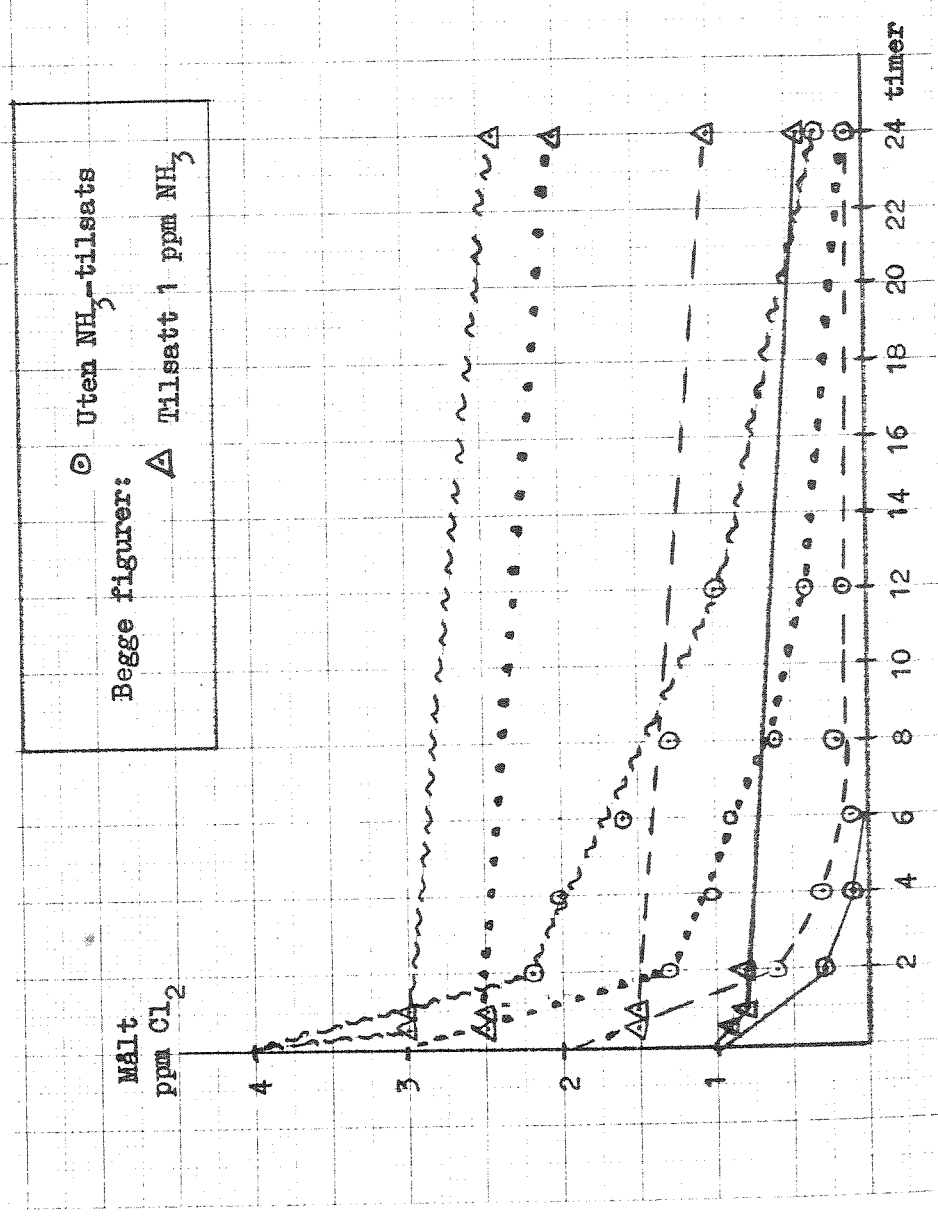


FIG. 2 Restklormengde som funksjon av tiden, med og uten tilsetning av ammonium.



Figur 2 viser at selv med tilsats av så mye som 4 ppm  $\text{Cl}_2$  til vann uten tilsats av  $\text{NH}_3$ , ble klorresten etter 24 timer lav. En tilsats på 1 ppm  $\text{NH}_3$  ga en vesentlig økning av restklormengden ved alle de anvendte start-konsentrasjoner av  $\text{Cl}_2$ . Da vannets øyeblikkelige klorforbruk viste seg å være stort, ville det for best mulig utnyttelse av den tilsatte  $\text{Cl}_2$  være nødvendig å tilsette  $\text{NH}_3$  før  $\text{Cl}_2$ .

Fig. 3 viser vannets klorbehov i løpet av de første 24 timer etter klortilsats, i vann som inneholdt 1 ppm  $\text{NH}_3$ , og i vann uten tilsats av  $\text{NH}_3$ .

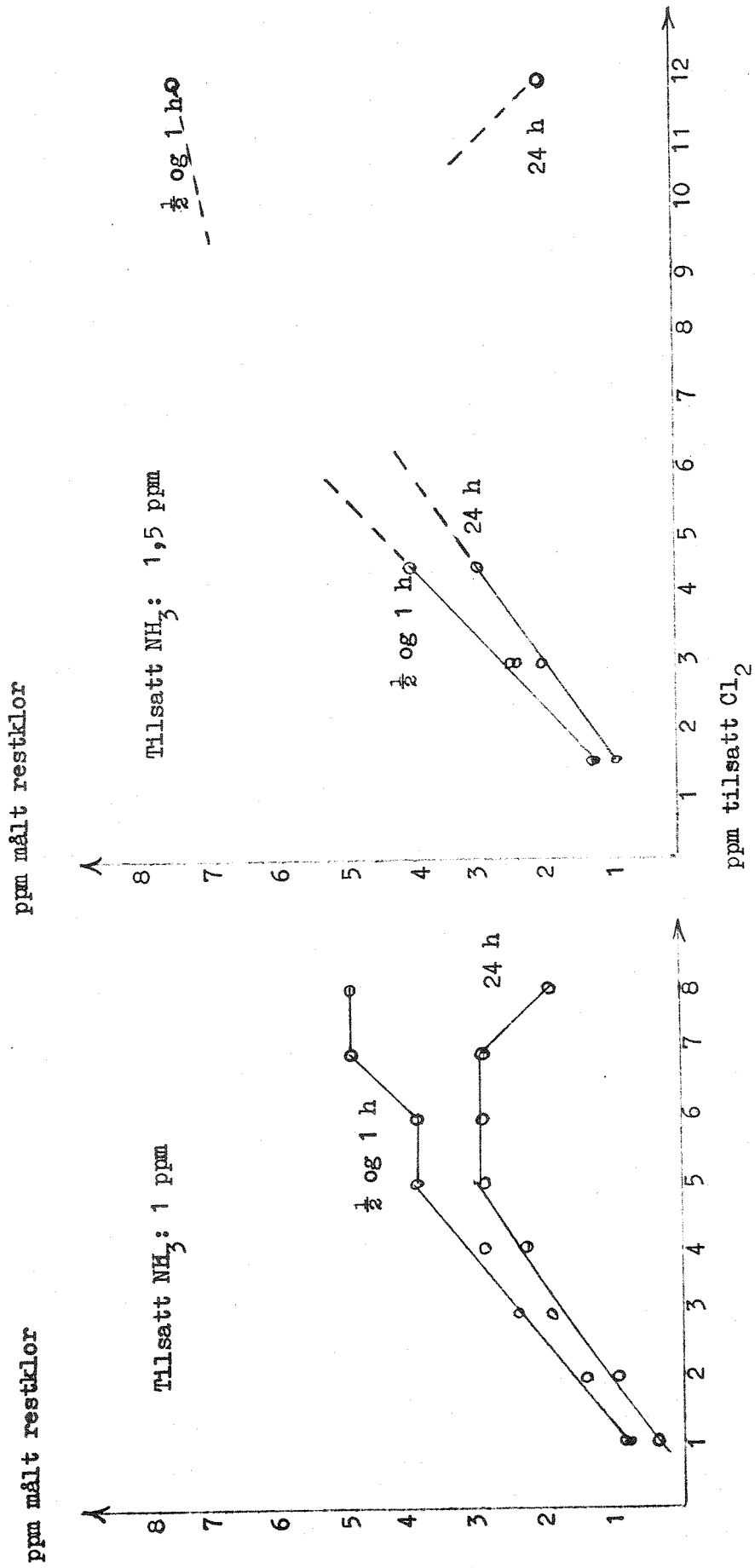
Det kommer her tydelig frem at nesten all klor forbrukes i vann uten tilsats av ammonium, mens forbruket i vann med 1 ppm  $\text{NH}_3$  ifølge disse data viste minimalverdier i området mellom 2 og 3 ppm  $\text{Cl}_2$  i klortilsats.

#### 4.1.2 Egnede forhold mellom doserte mengder $\text{Cl}_2$ og $\text{NH}_3$

Resultatene er presenter i fig. 4 i teksten og som tabell B2i bilaget. Fig. 4 viser at økende klortilsats til ozonert, kalket vann (Aurevatn) som på forhånd var tilsatt ammoniakk til en konsentrasjon på 1 mg  $\text{NH}_3$  pr. liter (1 ppm), ga økende klorrest med økende klortilsetning helt til den tilsatte klormengde kom opp i 5 ppm. Dette kommer tydeligst frem på kurven som viser klorrest etter 24 timers kontakttid (mellom  $\text{NH}_3$  og  $\text{Cl}_2$  i vannet). Ved tilsetninger av klor fra 5 - 7 ppm ble det ingen økning i klorrest, og ved en tilsetning av 8 ppm klor fremkom en tydelig reduksjon av klorresten. Kloraminene viste altså i denne vanntypen og ved den benyttede  $\text{NH}_3$ -konsentrasjon en begynnende dekomponering ved forholdstall mg  $\text{Cl}_2$  : mg  $\text{NH}_3$  høyere enn 5:1.

Et tilsvarende forsøk ble utført med en tilsats på 1,5 ppm  $\text{NH}_3$ , og resultatene er her medtatt i samme, foran nevnte figur 4 og tabell B2. Dette forsøk viste også tydelig dekomponering av klorresten i løpet av 24 timer ved forholdstall  $\text{Cl}_2$  :  $\text{NH}_3$  på 8:1.

FIG. 4. Total restklor-konsentrasjon etter tilsatts av  $\text{NH}_3$  og  $\text{Cl}_2$  til mikrosilt, ozonert og kalket vann fra Aurevatn renseanlegg



Dette viste at vektforholdet mellom dosert  $\text{NH}_3$  og  $\text{Cl}_2$  ikke burde overstige 5, og at det optimale området antakelig lå rundt verdiene  $\text{NH}_3:\text{Cl}_2 = 1:2$  og  $1:3$ .

#### 4.1.3 Egnede doseringsmengder av $\text{Cl}_2$ og $\text{NH}_3$

I de foregående forsøk ble det bemerket at vannet ble tydelig mer basisk ved tilsetning av de benyttede mengder  $\text{NH}_3$ . Til de videre forsøk ble det derfor uttatt vann som ikke var tilsatt kalk i renseanlegget.

Det var også av interesse å vite hvor fort  $\text{Cl}_2$  reagerte med  $\text{NH}_3$  under dannelse av kloraminer. For å kunne undersøke dette var det nødvendig å kunne skille mellom fritt klor og bundet klor. Palins metode (DPD) registrerte bare fritt + bundet klor. Den vanlige metode med orto-tolidin (OTO) kan skille ut fritt klor ved at reagensen reagerer hurtigere med fritt enn med bundet klor. Ved å avlese fargen "straks" og etter 20 minutter, skulle man få verdiene for henholdsvis fritt og fritt + bundet klor. Det ble derfor utført et forsøk der både DPD- og OTO-metoden ble brukt til måling av klorrest som funksjon av tiden. Resultatene er presentert i tabell B3 i bilaget og i figur 5.

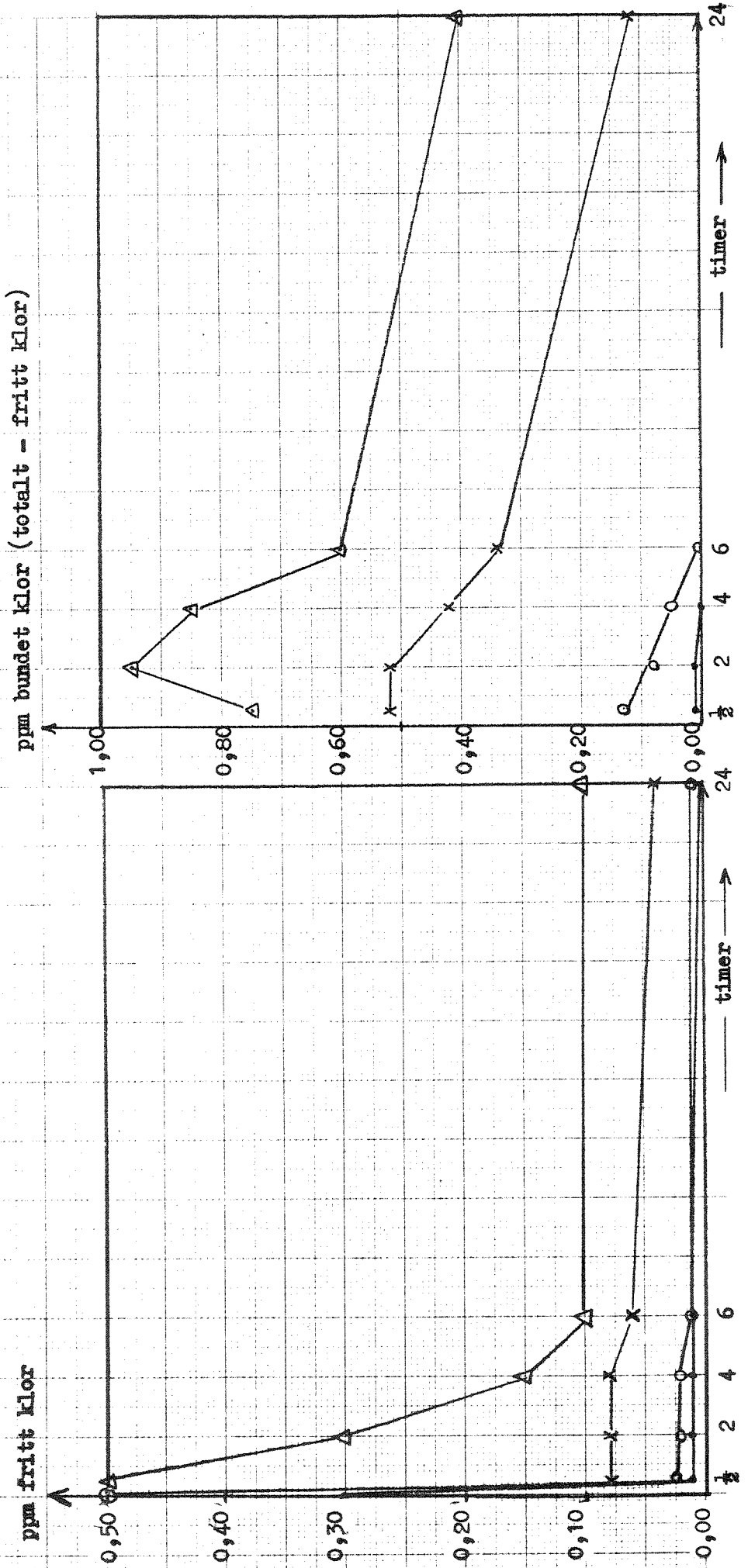
Tabell B3 viser at total klor målt etter DPD-metoden generelt viser noe høyere klorrest enn total klor målt etter OTO-metoden.

Det antas at det meste av det bundne restklor forelå som kloraminer, og dannelses tiden for kloraminene kommer tydelig frem på figur 5, høyre del. Det er rimelig å anta at de funne verdier for "fritt" restklor var noe for høye, slik at verdiene for "bundet" restklor dermed ble litt for lave, men tendensen i dannelsesprosessen av kloraminene regnes likevel som representativ: Ved doseringsmengder over  $0,5:0,17$  ppm  $\text{Cl}_2:\text{NH}_3$ , ble kloraminene dannet i løpet av ca. 2 timer, en rask nedgang i total klorrest gjorde seg gjeldende i de neste 4-6 timer, men den totale klorrest var deretter relativt stabil.

Ved ammoniakktilsetning til kalket vann ble vannets pH-verdi høy, ca. 8-9 ved  $\text{NH}_3$ -mengder på 1 ppm i kalket vann med pH-verdi 7,5.

Figur 5. Klorrester som funksjon av tiden, ved forskjellige doseringsmengder av Cl<sub>2</sub> og NH<sub>3</sub> i forholdet 3:1.

Tegn Cl<sub>2</sub>: NH<sub>3</sub>  
Δ 1,5: 0,5  
X 1,0: 0,33  
○ 0,5: 0,17  
● 0,3: 0,1



Tabell 2. Variasjoner i pH og farge i løpet av de 24 første timer etter tilsats av forskjellige doseringsmengder av  $Cl_2 : NH_3$  i forholdet 3:1, til mikrosilt, ozonert men ikke kalket vann.

Timer fra start	$Cl_2 : NH_3$ 0,3 : 0,1		$Cl_2 : NH_3$ 0,50 : 0,17		$Cl_2 : NH_3$ 1,0 : 0,33		$Cl_2 : NH_3$ 1,5 : 0,5	
	pH	Farge, °H	pH	Farge, °H	pH	Farge, °H	pH	Farge, °H
Ozonert vann	6,2	22	6,2	22	6,2	22	6,2	22
+ $NH_3$	6,4		6,3		6,5		6,6	
+ $Cl_2$ , tid 0	6,4		6,5		6,7		6,7	
2 t	6,5		6,5		6,7		6,8	
4 t	6,5		6,6		6,6		6,7	
6 t	6,5		6,7		6,6		6,8	
24 t	6,5	19	6,6	22	6,7	19	6,8	20

I disse forsøk, som ble utført på vann som ikke var kalket etter ozoneringen, ble også vannets pH og farge analysert. Resultatene, i tabell 2, viste at det skulle være mulig å oppnå pH-verdier på 6,7 - 7,0 med de aktuelle tilsetninger av  $\text{NH}_3$ , uten å kalke vannet. Kloramintilsetningen førte ikke til vesentlig forandring i vannets farge, men ved de benyttede doseringsmengder viste resultatene tendens til mindre fargeverdi etter kloramintilsats.

Det ble presisert i den opprinnelige rapport (Myhrstad sept. 1967) at eventuelle uheldige konsekvenser av  $\text{NH}_3$ -tilsatsen med hensyn til korrosjon, særlig i kobberinstallasjoner, måtte prøves i separate forsøk.

Det ble også anbefalt at tilsetningsstedet for ammoniakk burde ligge etter ozoneringsstedet, på et sted der restozon ikke kunne få noen innflytelse på ammoniakken. Klortilsetningen burde skje så raskt som mulig etter ammoniakktilsetningen, men sistnevnte måtte være godt innblandet i vannmassene før klor ble tilsatt. Det ble også ansett gunstig at oppholdstiden i renavnsmagasinet ble benyttet til dannelsen av kloraminene; altså doseringssted før utløpet fra renavnsmagasinet.

#### 4.1.4 Ozons innvirkning på ammoniakk

Som før nevnt er det ved kloramin-desinfisering av vann med relativt mye organisk stoff viktig at ammoniakken blandes godt inn i vannmassene før klor tilsettes.

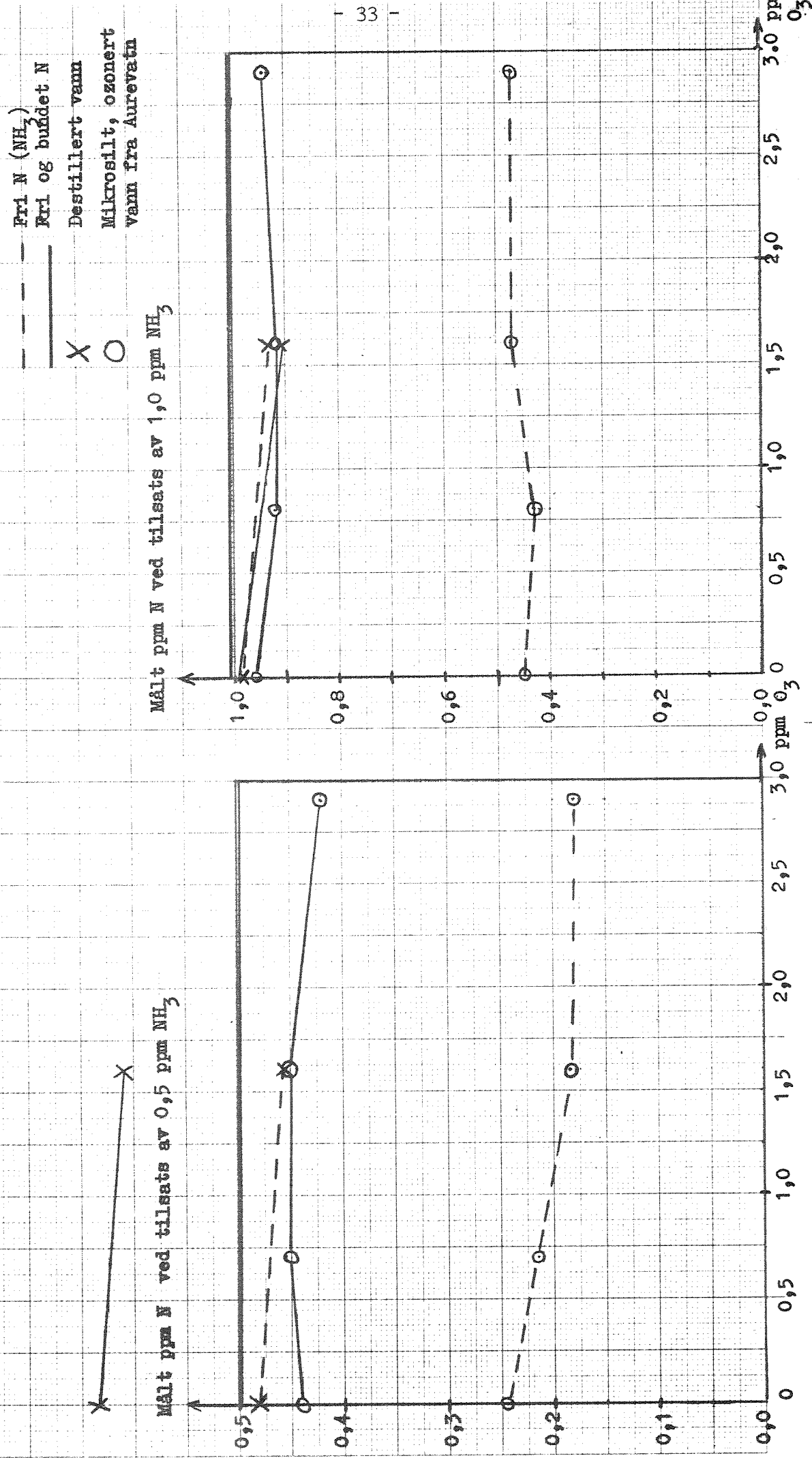
Et praktisk gunstig sted for innblanding av ammoniakk ved Aurevatn renseanlegg var mellom mikrosilene og ozoneringskammene. Dette ville imidlertid føre til at ammonium kom i kontakt med ozon, slik at  $\text{NH}_3$  muligens kunne oksyderes eller spaltes til forbindelser som ville gjøre  $\text{NH}_3$  inaktiv for kloramindannelse.

Det ble derfor utført forsøk for å finne ut hvilken innflytelse ozon i det aktuelle konsentrasjonsområdet hadde på den tilsatte ammoniakk.

Forsøkene ble utført med ozon produsert ved NIVAs laboratorium, og med destillert vann og mikrosilt, ozonert vann fra Aurevatn renseanlegg. Resultatene ble presentert i et notat (Myhrstad 8/10-1967), og de er også medtatt i denne rapport, tabell B4 og figur 6.



Fig. 6. Ozons innverking på ammoniak i vann.



Vurdering av resultatene (sitat fra notat):

Fri ammoniakk

Det må antas at denne bestemmelsen er beheftet med meget stor usikkerhet når det gjelder vann fra Aurevatn, sett på bakgrunn av den fargedannelsen reagenset gir med vann som ikke er tilsatt ammoniakk.

I destillert vann med 0,5 og 1,0 ppm ammoniakk er innholdet av N henholdsvis 4% og 6% lavere etter tilsetning av 1,6 ppm ozon. Dette må antas å ligge innen de grenser man kan vente ved denne bestemmelsen.

Bundet og fri ammoniakk

I destillert vann med 0,5 og 1,0 ppm ammoniakk er innholdet av N henholdsvis 3,9% og 8,6% lavere etter tilsetning av ozon (1,6 ppm). Også disse resultater må antas å ligge innen de grenser man kan vente ved bestemmelsen. Innholdet av N i destillert vann med 0,5 ppm ammoniakk er imidlertid for høyt. Dette må skyldes ytre påvirkninger under utførelsen av analysen. Resultatene fra Aurevann med 0,5 ppm ammoniakk varierer vilkårlig med hensyn til ozontilsetningen. Resultatene varierer fra -4,6% til +2,3% i forhold til den løsningen som ikke er tilsatt ozon.

Også resultatene fra Aurevatn med 1,0 ppm ammoniakk varierer vilkårlig med hensyn til ozontilsetningen. Resultatene varierer fra -2,1% til -4,2% i forhold til løsningen som ikke er tilsatt ozon.

Konklusjon

En samlet vurdering av forsøksresultatene tyder på at ozon (i de undersøkte konsentrasjoner) ikke har noen innflytelse på ammoniakk (i de undersøkte konsentrasjoner) i den forstand at ammoniakk oksyderes eller spaltes.

Med hensyn til en eventuell kloramindesinfisering ved Bærum vannverk, skulle det derfor være mulig å tilsette ammoniakk på overføringsledningen til renvannsmagasinet, ja muligens mellom mikrosilene og emulsørene.

Doseringsstedet for ammoniakk må imidlertid vurderes nærmere for å finne ut hvor det er mest praktisk å dosere ammoniakk. Dessuten bør

noen av de undersøkelsene som er gjort i det foreliggende arbeidet gjentas, spesielt hvis ammoniakk tilsettes før ozon.

#### 4.2 Undersøkelser av korrosjon på kobber i vann som inneholder små mengder ammoniakk

Ved tilsetning av ammoniakk mellom mikrosilene og ozonanlegget, eller før mikrosilene, ville kjølevannet til ozonanlegget komme til å inneholde ammoniakk. Det ble derfor besluttet at problemet med mulige skadevirkninger på ozonanlegget skulle utredes før en dosering av ammonium før ozonanlegget kunne tilrådes.

En slik undersøkelse ble utført av cand.real. Hans Kristiansen, NIVA, og presentert i et notat (Kristiansen 1968).

Notatet er i det etterfølgende presentert i sin helhet:

##### Innledning

Kjøleribbene i ozonanlegget er av aluminium. Ammonium har ingen skadelig innvirkning på aluminium ved de konsentrasjoner det er aktuelt å tilsette. Aluminium går anodisk i oppløsning når vannets pH-verdi er over 9, men pH 9 svarer til en ammoniakktilsetning på ca. 800 mg/l.

Ammonium og aminer danner oppløselige kompleksforbindelser med kobber. Tilsetning av ammoniakk til vannet og dannelse av kloraminer i vannet kan derfor forårsake øket korrosjon på kobber og kobberlegeringer, som er vanlig benyttet i vannledninger og armatur. Kobberioner i vannet vil kunne forårsake korrosjon på aluminium.

For å undersøke om meget små mengder ammoniakk i vannet forårsaker øket korrosjon på kobber ble det gjennomført et laboratorieforsøk med kobberplater neddyppet i vann med forskjellig ammoniakkinnhold. Det ble bare tilsatt ammoniakk, idet ammoniakk generelt danner sterkere komplekser enn aminene. Dette notat redegjør for resultatene av disse forsøk.

### Forsøkets utførelse

Til forsøket ble det benyttet plater av elektrolytisk kobber. Platene var 0,1 mm tykke og hadde total overflate på 44 cm<sup>2</sup>. Vannet som ble benyttet var mikrosilt og ozonert vann fra Aurevatn, og hver plate ble neddyppet i halvliters vannprøver. Forsøket ble gjennomført i to serier: en for konstant neddypping av platene og en for vekselvis neddypping med 10 minutter i vann og 10 minutter i luft.

I hver serie var det seks vannprøver tilsatt disse ammoniakkmengder i mg/l: 0,0 (som kontroll), 0,5, 1,0, 2,0, 5,0 og 10,0. Korrosjonshastigheten på kobberplatene ble bestemt ved å analysere prøvevannet på kobber etter disse tider i døgn: 1, 2, 3, 5 og 7.

Resultatene er presentert i tabell B5 og B6.

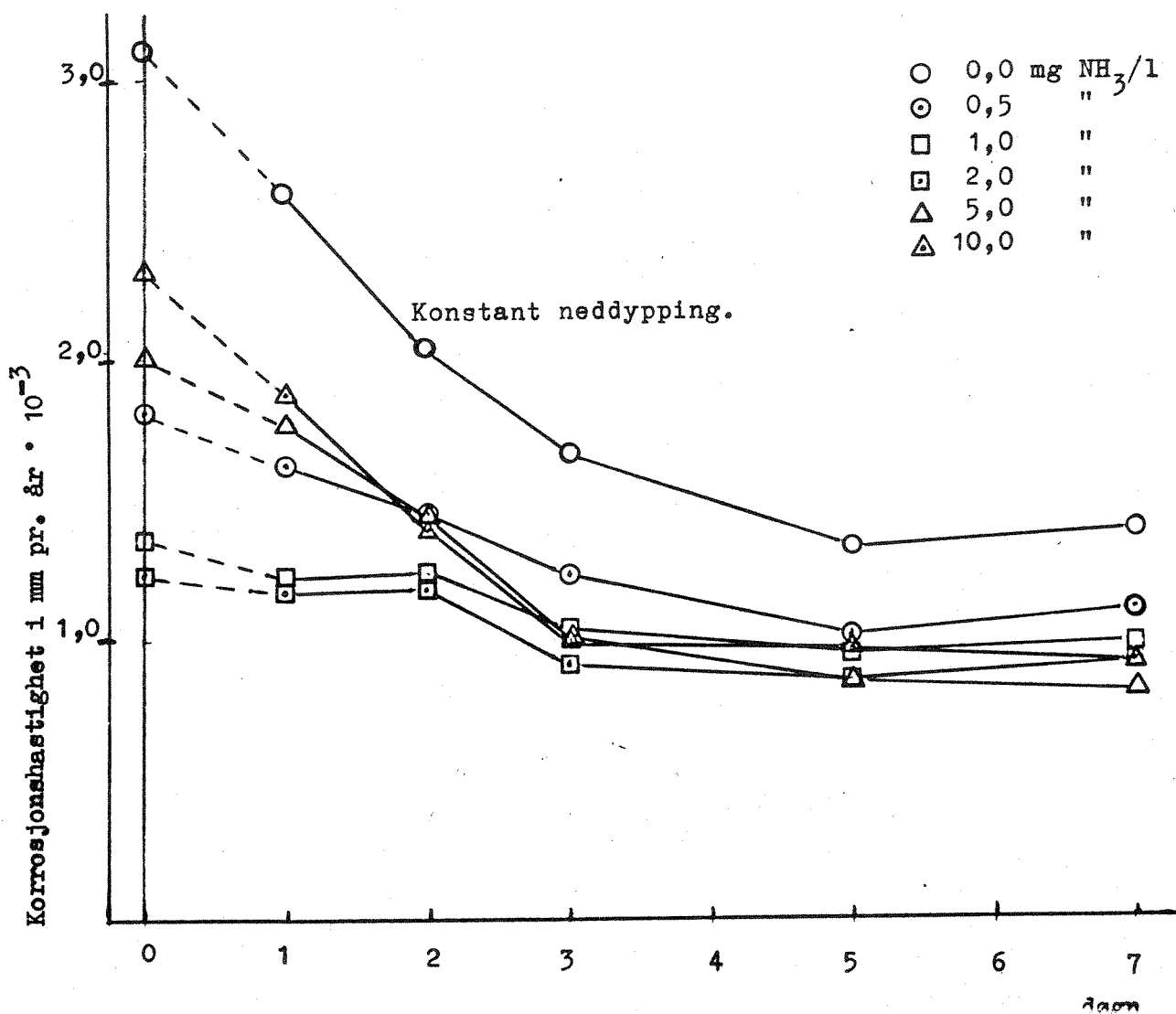
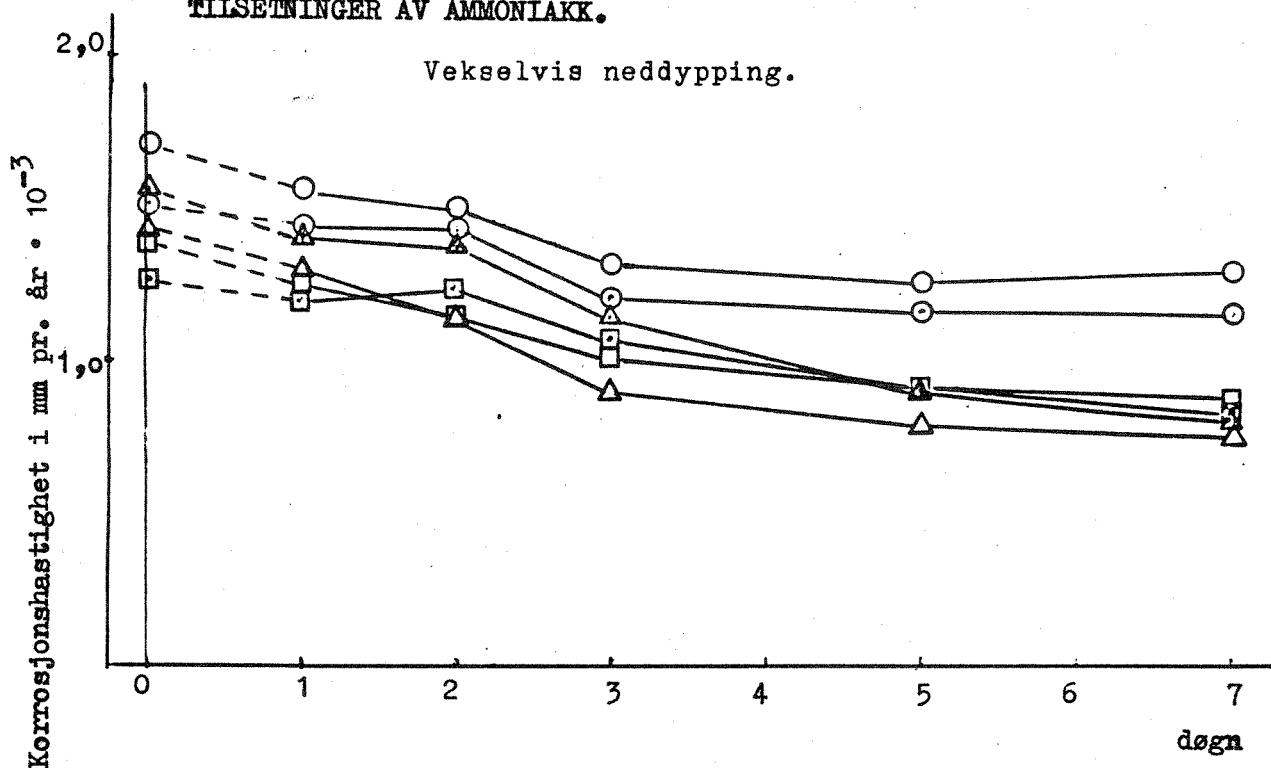
I siste kolonne i tabellene er de oppførte verdier ekstrapolert til tiden null, det vil si den korrosjon man får med en gang kobberplatene kommer i kontakt med vannet, og før en eventuell dannelse av korrosjonsbeskyttende oksydebelegg på metalloverflaten.

Korrosjonshastighetene er også fremstilt grafisk i figurene 7 og 8. På den ene figuren er korrosjonshastigheten fremstilt som funksjon av tiden, og på den andre som funksjon av tilsatt mengde ammoniakk. De ekstrapolerte verdier er prikket inn på figurene.

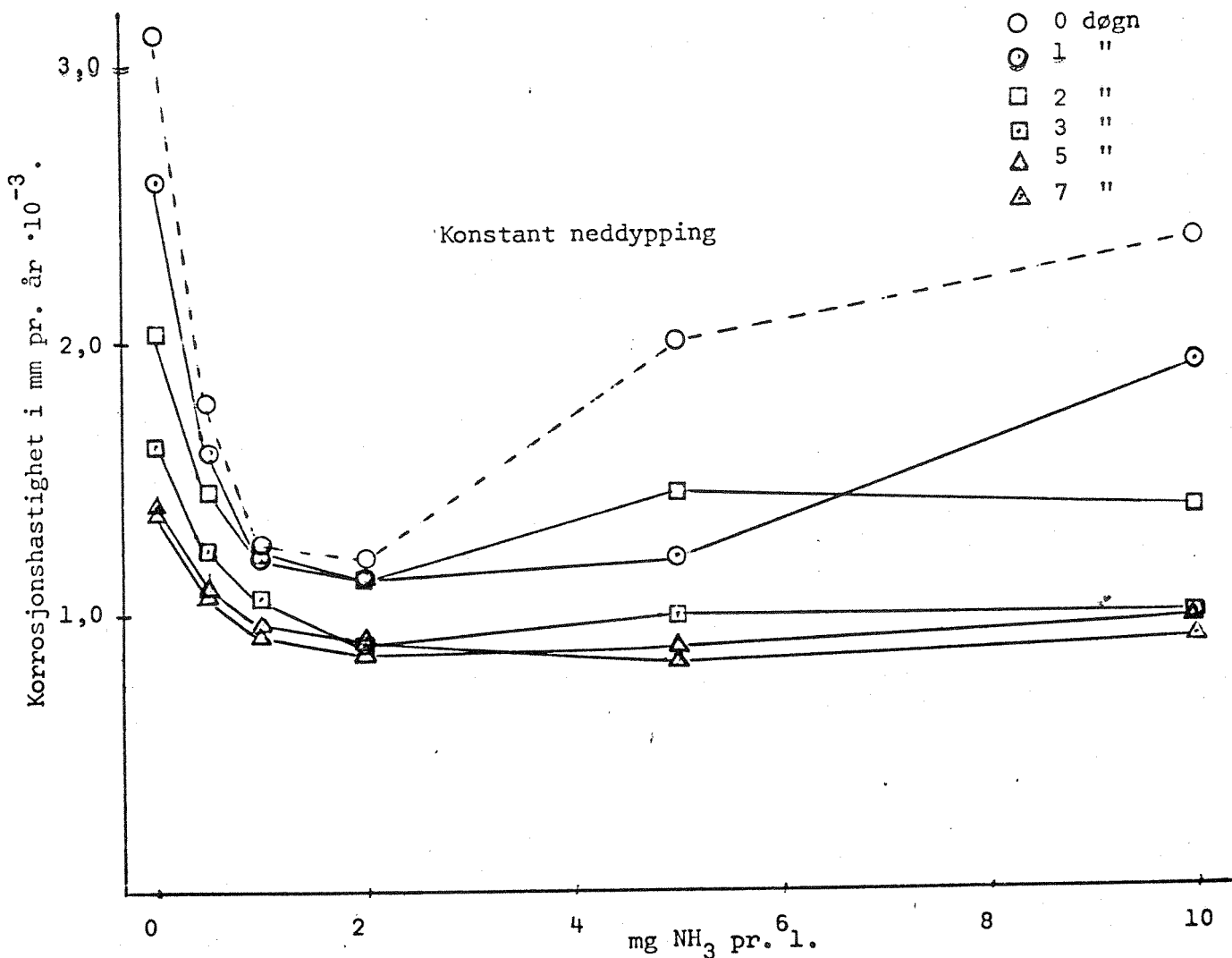
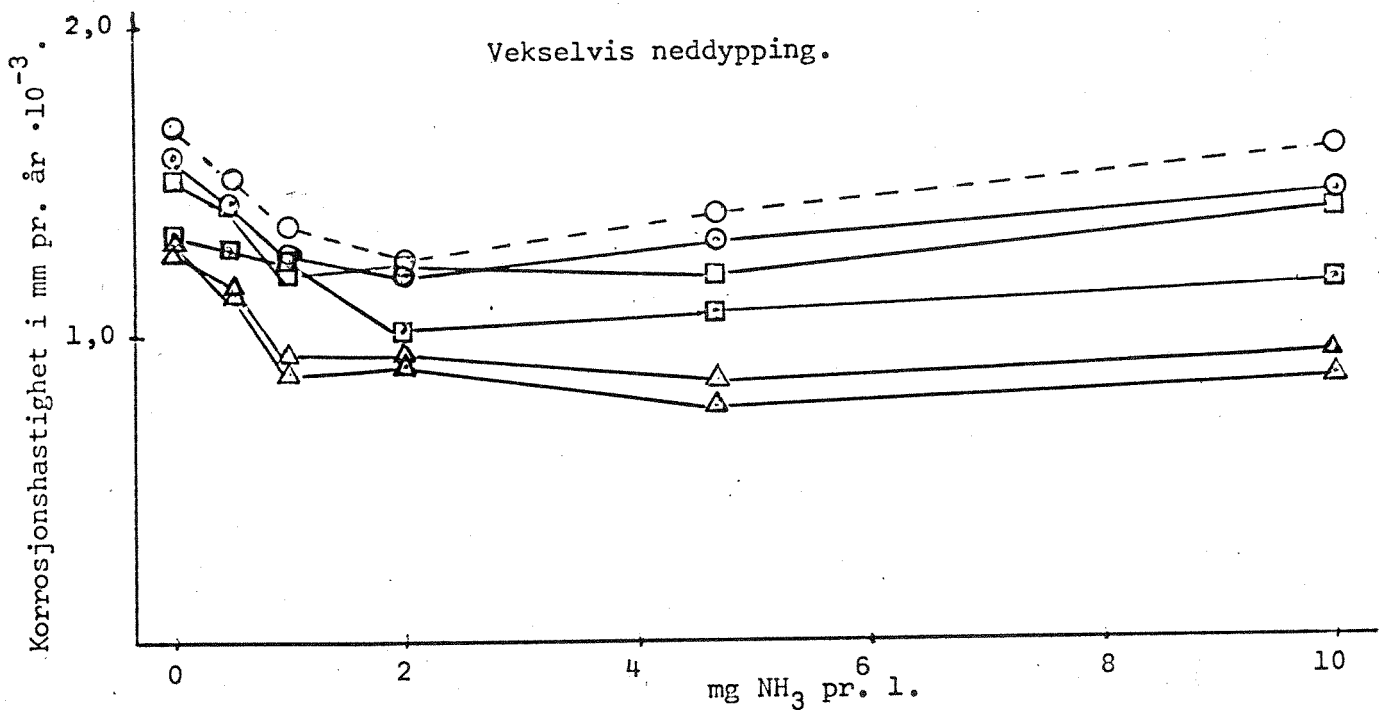
Forsøket viser at korrosjon på kobber avtar med økende mengde ammoniakk i vannet inntil 2 mg/l og øker igjen ved høyere ammoniakk-konsentrasjoner. Dette betyr at ved tilsetning av små mengder ammoniakk er det den hevingen av vannets pH-verdi ammoniakk-tilsetningen medfører, som er bestemmende for korrosjonsforløpet. Kompleksdannelsen mellom ammoniakk og kobber gjør seg først gjeldende for større konsentrasjoner enn 5 mg NH<sub>3</sub> pr. liter.

Videre fremgår det av forsøket at korrosjon avtar med tiden som følge av beleggdannelse på metalloverflaten. Korrosjonshastigheten avtar hurtigere jo høyere ammoniakk-konsentrasjonen eller pH-verdien er.

FIGUR 7. KORROSIJONSHASTIGHET SOM FUNKSJON AV TIDEN VED FORSKJELLIGE TILSETNINGER AV AMMONIAKK.



FIGUR 8. KORROSIJONSHASTIGHET SOM FUNKSJON AV AMMONIAKKTILSETNING VED FORSKJELLIGE TIDER.



## Konklusjon

De ammoniakkmengder det er aktuelt å tilsette vannet for dannelsen av kloraminer vil ikke øke korrosjon på kobber. Ammoniakktilsetningen hever vannets pH-verdi, og dette vil igjen nedsette korrosjonshastigheten.

Korrosjonshastigheten er beregnet under forutsetning av en jevn overflatekorrosjon. De tynneste kobberrør som benyttes har en veggtykkelse på 0,8 mm. Når korrosjonshastigheten ligger i området 0,001-0,002 mm pr. år, ser man at den jevne overflatekorrosjonen ikke har noen praktisk betydning for kobberrørens levetid.

### 4.3 Bakteriologiske forundersøkelser av kloramin som desinfeksjonsmiddel i den aktuelle vanntype

Under perioden med klordioksyd-desinfisering viste ledningsvannet meget høye kimtallsverdier selv ved høy "klorrest" i vannet. Denne "klorrest" viste seg, som før nevnt, senere å være kloritt. Kloritt har også evnen til å hemme vekst av bakterier, men i mindre grad enn klor og klordioksyd, og kloraminer regnes også å ha mindre desinfiserende evne enn de to sistnevnte desinfeksjonsmidler.

Vi hadde nå opplysninger om hvilke kloritt-konsentrasjoner som ikke var effektive i dette ledningsnett. Ved å sammenlikne en av de høyeste målte klorittkonsentrasjonene med forskjellige kloramin-konsentrasjoner for deres desinfiserende evne overfor bakterier i vann, kunne vi bli orientert om hvilke mengder kloraminer som skulle til for en effektiv desinfeksjon.

Slike forsøk ble utført ved NIVA, og resultatene ble delvis presentert i et notat (Ormerod, 15. nov. 1967), og fullstendig presentert i en intern NIVA-rapport (Ormerod, M 2-3 2/68 1968). Et utdrag av resultatene er medtatt i denne rapport. For detaljer henvises til den fullstendige rapport.

Hovedtrekkene i forsøksbetingelsene:

Det ble benyttet vann fra Aurevatn renseanlegg, tappet fra kran umiddelbart etter ozoneringskammene. Det var ikke mulig å tappe vann som inneholdt kalk, men ikke klordioksyd, og derfor ble vannet tilsatt kalk til pH-verdi 7,0 ved NIVA, eller det ble benyttet uten å være nøytralisert. Egnede bakterier til desinfeksjonsforsøkene ble også skaffet tilveie fra det aktuelle ledningsvann: Rutineprøvestedet Åmodtgården i Sandvika viste alltid høye kimtall. Vann derfra ble inkubert i mørket, og med rysting for god innblanding av luft, i  $2\frac{1}{2}$  døgn ved  $20^{\circ}\text{C}$ . Vannet inneholdt da, etter standard kimtallsmetode (3 døgn ved  $18-20^{\circ}\text{C}$ ),  $10^5 - 10^6$  bakterier/ml.

Fra disse bakteriekulturene og det kalkede/ukalkede vann fra Aurevatn renseanlegg ble det så preparert bakteriesuspensjoner for tilsetning av desinfeksjonsmidler.

#### 4.3.1 Sammenlikning av kloritt og kloramin som desinfeksjonsmiddel (Forsøk A)

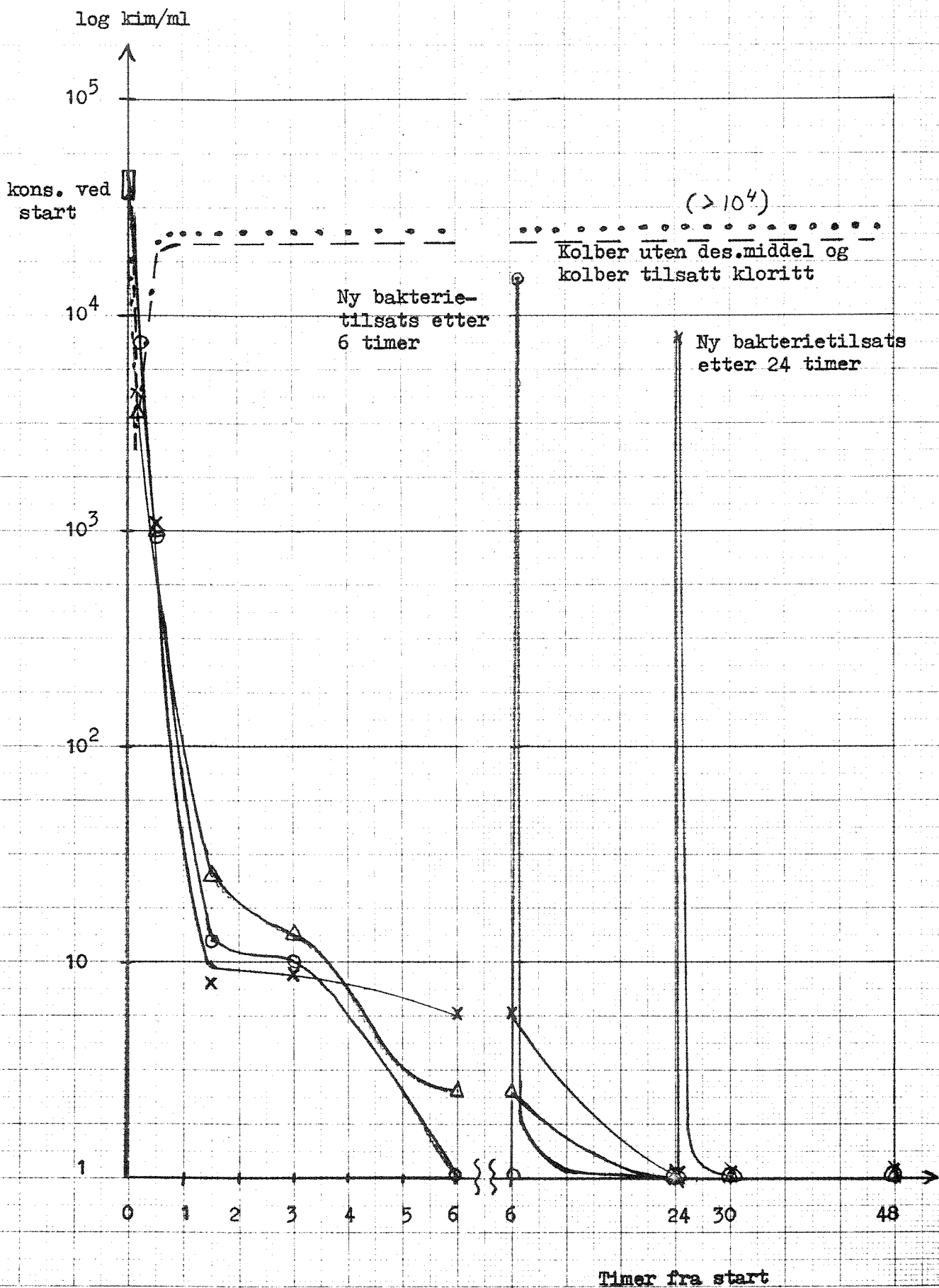
Bakteriesuspensjonene ble i dette forsøk laget slik at de ved start viste  $4,1 \cdot 10^4$  bakt./ml som snittverdi for 10 suspensjoner, med minimums- og maksimumsverdier på henholdsvis  $(3,3 - 5,1) \cdot 10^4$  bakt./ml; altså alle kolbene hadde høyere kimtall enn  $10^4$ . Denne startkonsentrasjonen av bakterier ble valgt vesentlig av analysemessige årsaker, slik at den enkleste analyseprosedyre ville gi optimale avlesningsbetingelser ved en desinfiseringseffekt på 99% eller mer. Like høye bakteriekonsentrasjoner var imidlertid observert i ledningsnettets i perioden med klordioksyd-desinfisering.

Disse bakteriesuspensjonene ble så tilsatt kloritt og klor +  $\text{NH}_3$ , og bakterieinnhold samt klorrest ble målt etter visse tidsintervall helt til 48 timer etter tilsetning av desinfeksjonsmidlet. Resultatene er presentert i figurene 9 og 10, og i tabellene 3 og 4.

Det var også av interesse å undersøke om en eventuell rest av desinfeksjonsmiddel i vannet ville ha desinfiserende effekt på en ny til-

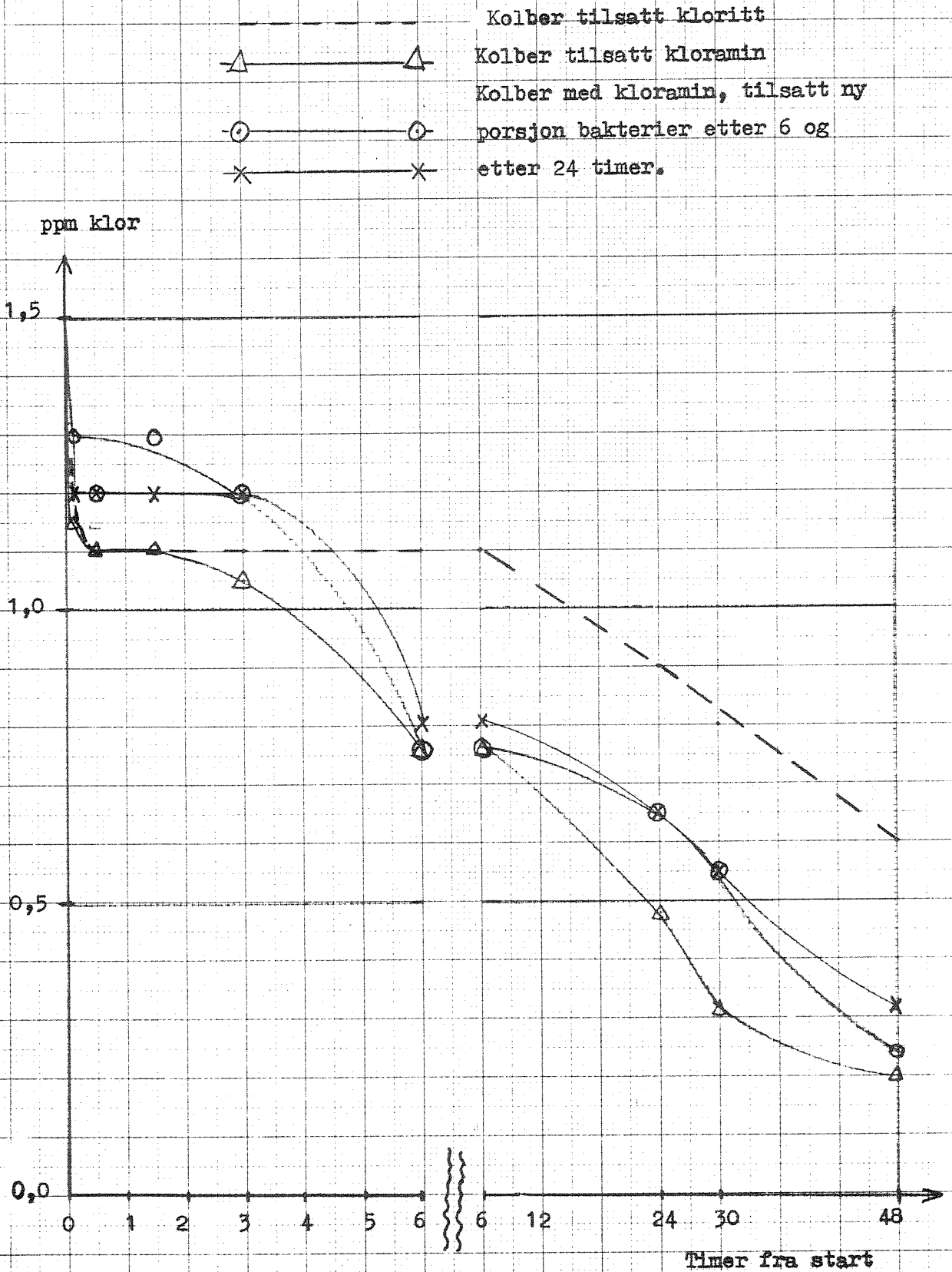


Figur 9. DESINFEKSJONS-FORSØK MED KLORITT OG KLORAMIN  
Bakterieinnhold i kolbene som funksjon av tiden



Figur 10. DESINFEKSJONS-FORSØK MED KLORITT OG KLORAMIN

Rest av desinfeksjonsmiddel som funksjon av tiden



Tabell 3. Desinfeksjonsforsøk A; en sammenlikning mellom kloritt og kloramin som desinfeksjonsmiddel.  
Bakterieinnhold i kolbene som funksjon av tiden.

Timer etter start	Kolbe nr.	K i m pr. ml															
		Ingen tilsats					Tilsatt kloritt, 1 ppm NaClO <sub>3</sub>					Tilsatt kloramin, Cl <sub>2</sub> : NH <sub>3</sub> = 1,5 : 0,5 ppm					
		4	8	2	3	6	9	1	5	7	10	1	5	7	10		
0		>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>
1/6		2500	3200	3500	3000	4200	3000	4200	3000	3000	4200	3000	4200	3000	4600	3000	4600
1/2		>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>
1½		>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>
3		>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>
6		>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>
ca. 6½, ny bakterie-tilsats					>10 <sup>4</sup> + 1,4·10 <sup>4</sup>									15000			
24		>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	0	0
ca. 24½, ny bakterie-tilsats																	8000
30		>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	0	0	0	0	0	0
48		>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	1	0	0	0	0	0

Tabell 4. Desinfeksjonsforsøk A; en sammenligning mellom kloritt og kloramin som desinfeksjonsmiddel.  
Klorrest i kolbene som funksjon av tiden.

Timer etter start	Kolbe	ppm klorrest							
		Kloritt 1 ppm NaClO <sub>3</sub>				Kloramin Cl <sub>2</sub> : NH <sub>3</sub> = 1,5 : 0,5 ppm			
		2	3	6	9	1	5	7	10
10 min		1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,3	1,3	1,2
½		1,1	1,2	1,1	1,1	1,0	1,2	1,2	1,2
1½		1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,2	1,3	1,2
3		1,1	1,1	1,1	1,1	0,9	1,2	1,2	1,2
6		1,1	1,1	1,1	1,1	0,7	0,75	0,75	0,8
ca. 6½, ny tilsats av bakterier			*					*	
24		0,9	0,8	0,9	0,9	0,3	0,65	0,65	0,65
ca. 24½, ny tilsats av bakterier					*				*
30		0,9	0,8	0,8	0,8	0,2	0,45	0,55	0,55
48		0,8	0,5	0,5	0,5	<0,1	0,45	0,24	0,32

sats av bakterier. Derfor ble enkelte av kolbene tilsatt en ekstra porsjon inokulumskultur på et vilkårlig valgt tidspunkt i undersøkelsesperioden. Restene av inokulumskulturen fikk stå i ro ved værelsestemperatur i 1 døgn etter at forsøket ble startet, og bakterieinnholdet ble analysert 6 og 24 timer etter at den først ble benyttet til å lage bakteriesuspensjoner. Dette ble gjort for at bakterieinnholdet i det volum som ble tilsatt ekstra under forsøksperioden, skulle være kjent.

Resultatene er medtatt i fig. 9 og 10 og i tabellene 3 og 4.

Tidsaksen i figurene 9 og 10 er brutt, slik at detaljene i forandringene like etter tilsatsen kommer tydelig frem i den ene halvdel av figuren, mens de mer regulære forandringene fra 6 til 48 timer er presentert i den andre halvpart av figuren.

Figur 9 viser at den benyttede kloraminmengde ga 99% reduksjon av bakterieinnholdet i løpet av den første time etter tilsatsen. Mellom 3 og 6 timer etter start var reduksjonen kommet opp i 99,9%. Et bakterieinnhold på 104 kim/ml, tilsatt ca. 6½ og 24½ time etter start, ble redusert av kloraminresten i vannet med mer enn 99,9% effekt i løpet av henholdsvis 18 og 6 timer. Dette betyr at klorresten i begge de sistnevnte tilfeller var like effektiv i å inaktivere de tilsatte bakterier som den tilsatte kloramindose ved start. Desinfiseringen var i sistnevnte tilfelle fullstendig etter 6 timer, og det samme antas å være tilfelle for den kolben som ble tilsatt nye bakterier etter 6½ time, men som ikke ble analysert igjen før etter 24 timer. Klorrestens desinfiseringsevne diskuteres nærmere etter presentasjonen av resultatene fra hvert av forsøkene A, B og C.

Kolbene tilsatt kloritt viste ingen varig reduksjon av bakterieinnholdet; de skilte seg etter den benyttede analysemetode ikke fra de to kolbene uten tilsats av desinfeksjonsmiddel.

Fig. 10 viser kolbenes innhold av desinfeksjonsmiddel-rest, målt som klorrest (for klorittens vedkommende er den målte "klorrest" ikke korrigert til å angi mengden rest-kloritt). Det er også her et brudd på tidsaksen for bedre å få frem korttidsvariasjonene straks etter

tilsetning av desinfeksjonsmidlene. Det viste seg at kloritt ga en høyere "klorrest" enn kloramin, mens desinfeksjonseffekten av denne må ha vært lavere enn 10% reduksjon av bakterieinnholdet (lot seg ikke registrere med den benyttede metodikk).

#### 4.3.2 Virkning ved forskjellige kloraminkonsentrasjoner (forsøk B)

Dette forsøk ble utført med samme metodikk og preparering av inokulums-kultur og vannprøve som under forsøk A. Resultatene er her bare presentert i tabellform, da dette ansees vel så illustrativt som kurver. I den fullstendige forskningsrapport er resultatene også presentert i kurveform.

Kloramin ble i dette forsøk tilsatt som konsentrasjonsparene  $\text{Cl}_2:\text{NH}_3$ :  
0,5:0,17, 1,0:0,33 og 1,5:0,50 ppm.

Tabell 5 viser tydelig virkningen av økende kloramindoser: De to høyeste konsentrasjonene ga ca. 99% reduksjon av bakterieinnholdet etter  $\frac{1}{2}$  times kontakt-tid, og etter  $1\frac{1}{2}$  times kontakt-tid var reduksjonen nådd opp i 99,99%. Den laveste konsentrasjonen (0,5:0,17) ga ca. 99% reduksjon i løpet av  $1\frac{1}{2}$  time, mens den deretter holdt seg i området rundt 99,9% reduksjon. Ny bakterietilsatt etter 24 timers kontakttid viste at kolbene med den laveste kloramindose da ikke inneholdt effektiv klorrest, mens klorresten var meget effektiv (ca. 99,99% reduksjon) i kolbene med de to høyeste doseringsmengder.

Tabell 6 viser de tilsvarende klorrester. Klorresten som viste seg ikke å ha desinfiserende effekt lå på 0,01 ppm, mens de som var effektive lå på verdier fra 0,25 ppm og høyere. Det ekstra volum væske som ble tilsatt kolbene med bakteriene (bakteriekulturen) viste seg å redusere klorresten i kolbene. Dette skyldes antakelig først og fremst det tilsatte vannvolums klorbehov.

#### 4.3.3 Virkning av de samme kloraminkonsentrasjoner ved forskjellig bakterieinnhold og surhetsgrad i vannet (forsøk C)

Dette forsøk ble utført med samme metodikk og preparering som de to før nevnte, men vannet ble ikke tilsatt kalk før bruk. Eksperimentene ble altså utført med mikrosilt, ozonert, men ikke kalket vann fra

Tabell 5. Desinfeksjonsforsøk B, med forskjellige konsentrasjoner av kloramin.

Bakterieinnhold i kolbene som funksjon av tiden.

Timer etter start	K i m pr. ml							
	Intet desinfeksjonsmiddel	Cl <sub>2</sub> : NH <sub>3</sub> 0,5 0,17		Cl <sub>2</sub> : NH <sub>3</sub> 1,0 0,33		Cl <sub>2</sub> : NH <sub>3</sub> 1,5 0,50		
	Kolbe 1	2	3	4	5	6	7	8
½	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	58	152	34	77
1½	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	168	109	0	2	1	1
3	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	7	13	1	1	0	2
6	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	2	3	2	0	0	1
24	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	19	21	25	31	20	20
24. etter ny bakterie-tilsats				ca. 2 · 10 <sup>4</sup>		ca. 2 · 10 <sup>4</sup>		ca. 2 · 10 <sup>4</sup>
30	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	63	>10 <sup>4</sup>	7	7	9	-
48	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	0	>10 <sup>4</sup>	1	2	1	1

Alle kolber inneholdt ved start ca. 60.000 kim/ml.

Tabell 6. Desinfeksjonsforsøk B, med forskjellige konsentrasjoner av kloramin.

Klorrest i kolbene som funksjon av tiden.

Timer etter start	ppm klorrest					
	Cl <sub>2</sub> : NH <sub>3</sub> 0,5 : 0,17		Cl <sub>2</sub> : NH <sub>3</sub> 1,0 : 0,33		Cl <sub>2</sub> : NH <sub>3</sub> 1,5 : 0,5	
	Kolbe: 3	4	5	6	7	8
2 min	0,14	0,14	0,5-0,75	0,5-0,75	1,0-1,25	1,0-1,25
½	0,08	0,07	0,6	0,5	1,0-1,25	1,0-1,25
1½	0,08	0,07	0,5	0,5	1,0-1,25	1,0-1,25
3	0,06	0,06	0,5	0,5	1,0	1,0-1,25
6	0,05	0,04	0,4	0,5	1,0	1,0
24	0,01	0,01	0,25	0,25	0,6	0,6-0,7
24, etter ny bakterie-tilsats		0,01		0,2-0,25		0,45-0,5
30	0,01	<0,01	0,2	0,15	0,6	0,5
48	0,01	0,01	0,1-0,15	0,09-0,10	0,5-0,6	0,4-0,5



Aurevatn renseanlegg. Hensikten med dette forsøk var å finne ut om vannets pH-verdi ved start, og bakteriekonsentrasjonen ved start, hadde noen innflytelse på desinfeksjonsforløpet. De samme doseringsmengder kloramin som i forsøk B ble derfor benyttet, og det ene sett kolber for hver doseringsmengde hadde ca. samme bakteriekonsentrasjon som under forsøk B, mens det andre setts bakteriekonsentrasjon var 5 ganger høyere.

En kolbe ble tilsatt bare ammoniakk i en konsentrasjon på 0,5 ppm.

Resultatene er presentert i tabell 7 (kimtall) og tabell 8 (klorrest).

Det ble også analysert for pH- og fargeverdi av vannet ved begynnelsen og slutten av forsøksperiodene. Resultatene er presentert i tabell 9.

Tilsats av ammoniakk alene hadde ingen registrerbare innvirkninger på kimtallsverdiene.

Det forskjellige bakterieinnhold i kolbene ved start så heller ikke ut til ha betydning for desinfiseringsresultatet.

Desinfeksjonresultatene viste seg å være nær de samme som i forsøk B: Den laveste kloramindosering viste lavest effekt, og ingen effektiv desinfeksjonsrest etter 24 timer. Doseringen 1,0:0,33 ppm viste litt lavere effekt enn i forrige forsøk, og også den gjenværende rest etter 24 timer var mindre virksom enn i forsøk B. Den høyeste kloramin-dosering viste samme virkning som i forsøk B.

Analysene for klorrest viste samme verdi, 0,01 ppm for den laveste dosering som under forsøk B. Den mellomste doseringsmengde ga denne gang en restklormengde på 0,15 ppm i den kolbe som ble tilsatt ekstra bakterier, og denne restklormengde viste seg å være mindre effektiv enn en klorrest på 0,25 ppm.

Tabell 7. Desinfeksjonsforsøk C, med forskjellige konsentrasjoner av bakterier i vannet ved start.

Bakterieinnhold i kolbene som funksjon av tiden.

		Ved start								
		0:0	0:0,5	0:0	0,5 : 0,17	1,0 : 0,33	1,5 : 0,5			
		42.000	42.000	210.000	42.000	42.000	42.000	42.000	210.000	210.000
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cl <sub>2</sub> : NH <sub>3</sub>										
Kim/ml										
Kolbe nr.										
Timer etter start		ppm klorrest								
½	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	383	503	73	66
1½	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	101	226	101	5	4	2	3
3	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	13	90	13	0	4	2	3
6	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	5	21	5	3	4	0	0
24	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	21	20	21	22	18	1	1
24½ tilsatt bakterier				47.000	41.000	37.000				
27				>10 <sup>4</sup>	1.448	11				
30				>10 <sup>4</sup>	454	0				

Tabell 8. Desinfeksjonsforsøk C, med forskjellige konsentrasjoner av bakterier i vannet ved start.

Klorrest i kolbenesom funksjon av tiden.

Cl <sub>2</sub> :NH <sub>3</sub> Kim/ml Kolbe nr.	Ved start								
	0:0 42.000 1	0:0,5 42.000 2	0:0 210.000 3	0,5 : 0,17 42.000 4	0,5 : 0,17 210.000 5	1,0 : 0,33 42.000 6	1,0 : 0,33 210.000 7	1,5 : 0,5 42.000 8	1,5 : 0,5 210.000 9
Timer etter start	ppm klorrest								
2/60				0,12	0,30	0,75	0,85	1,25	1,25
1				0,08	0,17	0,54	0,60	1,00	0,85
1½				0,04	0,17	0,50	0,50	1,00	0,85
3				0,02	0,15	0,45	0,50	1,00	1,25
6				0,01	0,15	0,40	0,50	1,00	1,25
24				0,01	0,01	0,15	0,25	0,50	0,55
Tilsatt bakterier									
25½				0,01		0,10		-	
27				0,01		0,05		0,50	
30				0,01		0,03		0,40	

Tabell 9. Forandringer i pH- og farge-verdier for vannet under desinfeksjonsforsøkene.

		Cl <sub>2</sub> :NH <sub>3</sub> (mg/l)											
Parameter	Forsøk	Tidspunkt	0:0	0:0	0,5	0,5 : 0,17	1,0 : 0,33	1,5 : 0,5	1,5 : 0,5	1,5 : 0,5	1,5 : 0,5		
pH	A (nøytrali- sert)	Start 0-½ t	6,91	7,07					6,57	7,50	7,47	7,45	
		Slutt 48 t	6,62	7,07					6,48	6,77	6,62	6,52	
	B (nøytrali- sert)	Start 0-½ t	7,20	7,30		7,44	7,49	7,65	7,83	7,83	7,83	7,90	
		Slutt ikke målt											
	C (ikke nøy- tralisert)	Start 0-½ t	6,65	7,05	7,06	6,93	7,13	7,03	7,28	7,43	7,43	7,40	
		Slutt 30 t	6,62	6,94	6,76	6,31	6,74	6,72	6,92	6,80	6,80	7,03	
Farge	A	Start 0-½ t	32,5	31,6						58,5	29,8	25,3	28,5
		Slutt 48 t	36,6	37,5						36,6	24,7	20,9	25,3
	B	Start 0-½ t	23,7	27,0		22,3	26,3	23,7	28,5	34,8	34,8	81,7	
		Slutt ikke målt											
	C	Start 0-½ t	29,8	31,6	31,6	38,5	22,3	29,8	28,5	33,2	33,2	26,3	
		Slutt 30 t	31,6	25,3	33,2	25,3	19,4	27,0	21,5	25,3	25,3	19,4	

#### 4.3.4 Sammenlikning av effektiv klorrest og desinfeksjonsevne i de utførte forsøk.

Før desinfeksjonsevnen for de forskjellige klorkonsentrasjoner diskuteres, er det nødvendig med en mer detaljert forklaring av analysemetodikken for kimtall.

Ved kontakt mellom bakterier og et desinfeksjonsmiddel vil en del bakterier helt miste evnen til å formere seg (de er drept), og en del vil ha mistet denne evnen midlertidig, men kan "reparere" skadene og komme tilbake til normal vekst og formering ved en tids opphold i gunstig miljø.

Både konsentrasjonen og virketiden av desinfeksjonsmidlet spiller en rolle for forholdet drepte/inaktiverte bakterier.

Ved kimtallsanalysene utført i denne forsøksserie ble prøvevannet, som inneholdt bakterier + desinfeksjonsmiddel, blandet med kimtallsmedium tilsatt thiosulfat, slik at kloraminene ble "nøytralisert" ved sammenblandingen. Bakteriene var da innstøpt i et gunstig næringsmiljø uten påvirkning av kloraminer. Vanligvis avleses denne kimtallsanalyse etter 3 døgn. De bakterier som innen 3 døgn hadde rukket å vokse til synlige kolonier ble regnet for å være relativt lite skadet eller uskadet. Aktive bakterier vil med denne metodikk vise liten tilvekst etter 3 døgn.

Ved å telle antall fremkomne kolonier også etter 7 døgn, ville vi få med de bakterier som først trengte et opphold i gunstig miljø før de kunne vokse og danne synlige kolonier. De ekstra fremkomne kolonier etter 7 døgn er da et mål for antall skadete, men ikke drepte bakterier.

Slike bakterier vil ikke kunne danne slamplager i ledningsnettene ved nærvær av klorrest, men ved innblanding i f.eks. matvarer kan de være kilde for bakterievekst i disse, selv om de regulære kimtallsanalyser viser lavt bakterietall i vannet.

Generelt sett ønsker man derfor en varig desinfeksjonsvirkning i ledningsvannet; det vil si, ingen stor forskjell mellom 3-døgn og 7-døgn kimtall.

For å undersøke dette forhold for vann desinfisert med kloraminer, ble alle kimtallsverdiene avlest etter både 3 og 7 døgn. Resultatene er presentert i tabellene 10 og 11. De viser at kloramin ved tilsatt mengde klor på 1,0 og 1,5 mg/l både har en raskere og mer stabil virkning enn 0,5 mg/l tilsatt klor. Dette er illustrert for verdiene etter 24 timers virketid, på figur 11.

3-døgns verdiene er markert med fylt sirkel, og de er forbundet med tilsvarende 7-døgnsverdi markert med åpen sirkel. Det fremkommer her tydelig at 0,5 mg/l klor-doseringen vesentlig gir skade-effekt (bakteriostatisk effekt), mens 1,0 og 1,5 mg/l klordosering gir stor drepsningseffekt (baktericid effekt).

På samme figur illustreres også virkningen av den tilstedeværende klorrest på tilsats av nye bakterier. Klorrester på mindre eller lik 0,15 mg/l ser ikke ut til å ha desinfiserende evne. Klorrester på 0,25 - 0,50 mg/l ser ut til å ha bakteriostatisk effekt, og klorrester på 0,65 (0,60 - 0,70) mg/l ga baktericid effekt.

Det må tas hensyn til at bakteriene ble tilsatt som et visst volum inokulumkultur. Selv om kulturen var dyrket i ledningsvann uten tilsats av organiske stoffer, må det regnes med at vannet hadde et visst klorbehov, og at aktiv klorrest for desinfisering derfor kanskje ikke var nøyaktig den som er angitt.

#### 4.4 Sammenlikning av de observerte forandringer av vannets pH- og farge-verdier i de utførte forsøk

Resultatene fra alle forsøkene er sammenstilt i tabellene 12, 13 og 14. Data for pH-verdi straks etter tilsats av kloramin, tabell 12, viser at verdien da øker, uansett pH-verdi ved start.

Etter henstand i 24 - 48 timer var det i de fleste forsøk (alle desinfeksjonsforsøkene) skjedd en reduksjon av pH-verdien.

Sammenliknes pH-verdien ved start (før tilsats av kloramin) med verdien etter henstand, viser prøvene uten kloramintilsats fra ingen forandring til en reduksjon på 0,3 pH-enheter. Var vannet svakt

Tabell 10. Varighet av desinfeksjonseffekt ved doseringen av  $Cl:NH_3$  i konsentrasjonene 1,0:0,33 og 0,5:0,17

KIMTALL, Kim/ml

Timer siden start	1,0 : 0,33						0,5 : 0,17					
	Forsøk B		Forsøk C		Forsøk B		Forsøk C		Forsøk B		Forsøk C	
	3-døgn	7-døgn	3-døgn	7-døgn	3-døgn	7-døgn	3-døgn	7-døgn	3-døgn	7-døgn	3-døgn	7-døgn
1/2	58	158	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	383	503	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>
1 1/2	0	2	222	230	5	4	205	275	168	109	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>
3	1	1	148	147	0	4	78	30	7	13	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>
6	2	0	30	37	3	4	48	15	2	3	24	287
24	25	31 <sub>x</sub>	21	29 <sub>x</sub>	22	18 <sub>x</sub>	57	7 <sub>x</sub>	19	21 <sub>x</sub>	279	297
27	-	-	-	-	-	>10 <sup>4</sup>	-	>10 <sup>4</sup>	-	-	-	-
30	7	7	16	209	-	>10 <sup>4</sup>	-	>10 <sup>4</sup>	63	>10 <sup>4</sup>	397	>10 <sup>4</sup>
48	1	2	49	192	-	-	-	-	0	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>

x betegner at kolbene ved dette tidspunkt ble tilsatt en ny, stor mengde bakterier, for å teste klorrestens desinfiseringsevne.

Tabell 11. Varighet av desinfeksjonseffekt ved dosering av Cl:NH<sub>3</sub> i konsentrasjonene

1,5 : 0,2

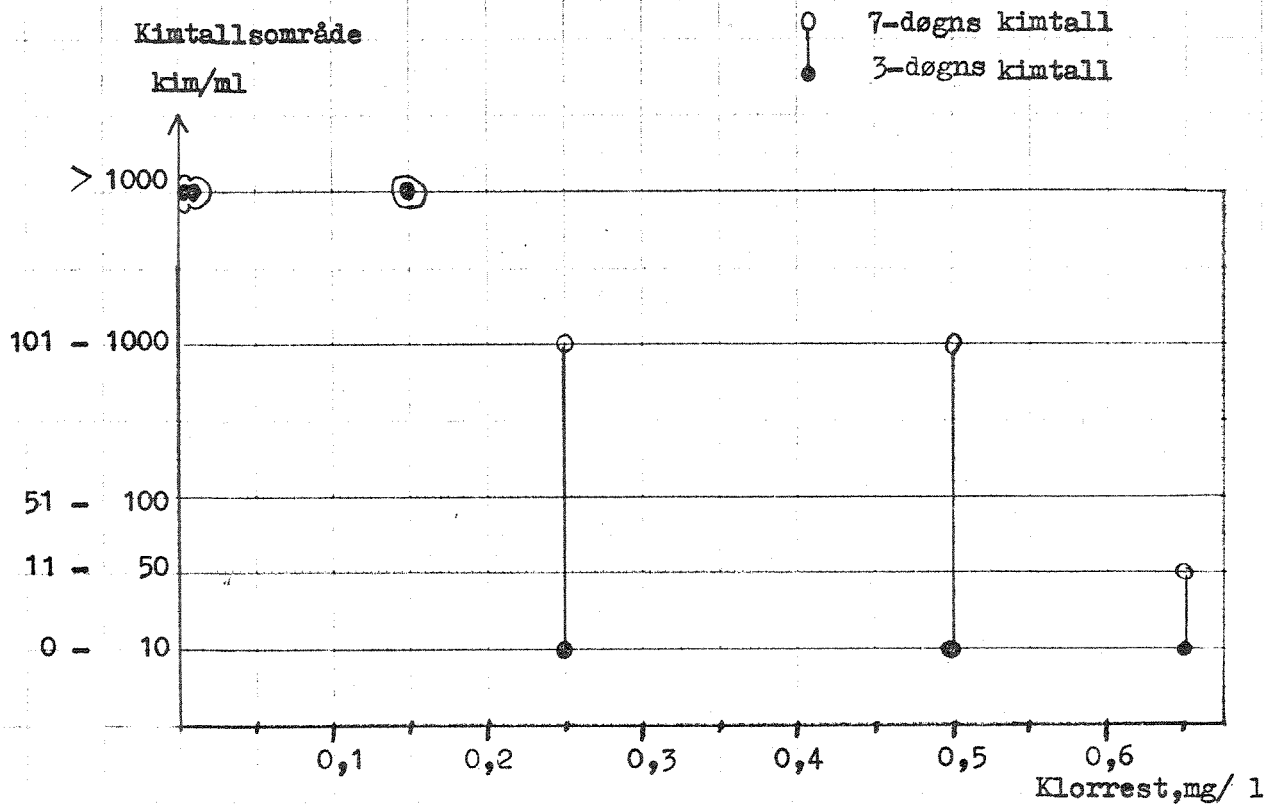
KIMTALL, Kim/ml

Timer siden start	Forsøk A				Forsøk B		Forsøk C	
	3-døgn		7-døgn		3-døgn	7-døgn	3-døgn	7-døgn
	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	-	-	-	-
1/6	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	-	-	-	-
1/2	≥770	>10 <sup>4</sup>	>10 <sup>4</sup>	ca. 10 <sup>4</sup>	34	>10 <sup>4</sup>	73	>10 <sup>4</sup>
1 1/2	38	17	13	86	1	105	2	3
3	31	9	10	44	0	5	2	3
6	6	1	1 <sub>x</sub>	40	0	0	0	0
24	0	0	0	25	20	21	1	1 <sub>x</sub>
27	-	-	-	-	-	-	-	11
30	0	0	0	41	9	24	0	0
48	1	0	0	30	1	3	-	-

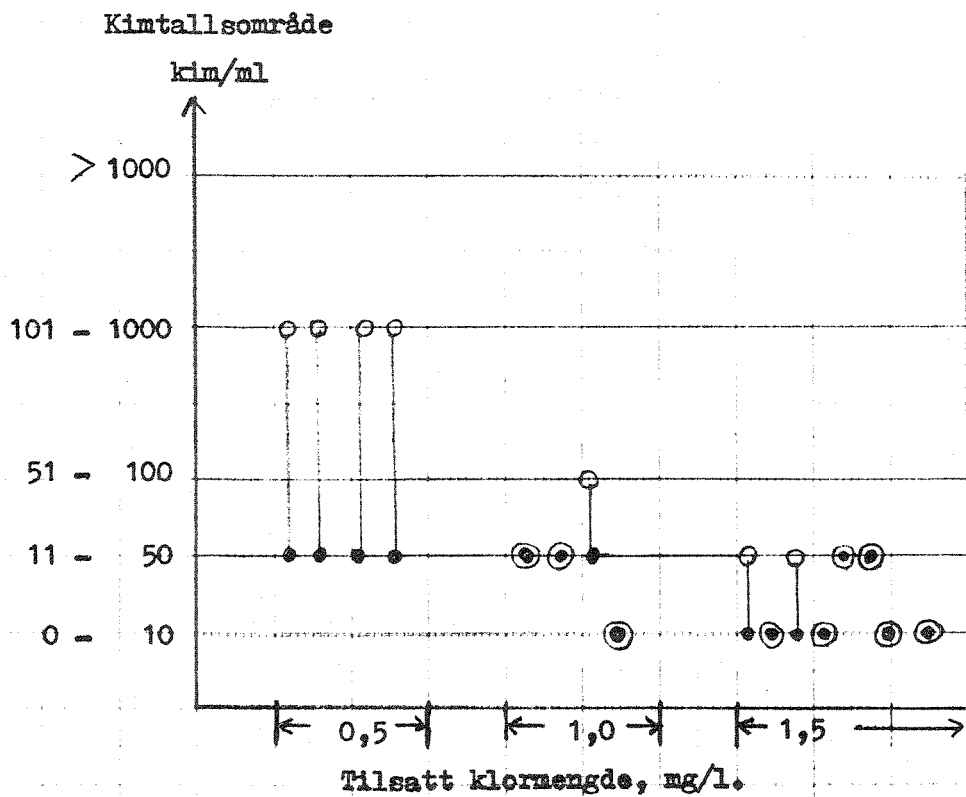
x betegner at kolbene ved dette tidspunkt ble tilsatt en ny, stor mengde bakterier, for å teste klorrestens desinfiseringsevne.



FIG. 11. KLORAMINKONSENTRASJONENS BETYDNING FOR DESINFISERINGEN.



Desinfeksjonsvirkning av klorrest.



Desinfeksjonsvirkning av tilsatt kloramin; som resultat av analyse 24 timer etter tilsatt av desinfeksjonsmiddel.

Tabell 12. Sammenlikning av resultater fra forskjellige forsøk.

Forandring av pH-verdi straks etter tilsats av kloramin og etter henstand.  
 Forholdstall  $Cl_2:NH_3$  er lik 3:1 i alle forsøk. Forandringen er angitt i pH-enheter.  
 - betyr at det ikke ble foretatt måling straks etter tilsats.

Forandring av pH-verdi	Kjemi-forsøk Tabell 2 Start pH = 6,2	Desinf.forsøk A Kalket vann pH = 7,0	Desinf.forsøk B Kalket vann pH = 7,25	Desinf.forsøk C Start pH = 6,65
$Cl_2$	0,3 0,5 1,0 1,5	0 0 1,5 1,5 1,5 1,5	0,5 0,5 1,0 1,0 1,5 1,5	0 0,5 0,5 1,0 1,0 1,5 1,5
Straks etter tilsats av kloramin	red. økn.	- - 0,4 - - 0,5 0,5 0,5	- - - 0,2 0,2 0,4 0,6 0,6 0,7	- - - - 0,3 0,5 0,4 0,6 0,8 0,8
Videre etter henstand	red. økn.	- - 0,1 0,7 0,9 0,9 - - 0,1 0,0 0,1	- - - - - -	- 0,6 0,4 0,3 0,4 0,6 0,4 - - -
For-skjell: Før tilsats - Etter henstand	red. økn.	0,3 0 0,5 0,2 0,4 0,5 0 0,3 0,4 0,5 0,6	- - - - - -	0,03 0,3 0,1 0,1 0,3 0,2 0,4
Timers henstand	24	48	-	30

Tabell 13. Sammenligning av resultater fra forskjellige forsøk:

Et sammendrag av de forskjellige data angående kloraminenes innvirkning på vannets pH-verdi.

Tilsatt mengde	% økning av pH-verdi straks etter tilsats av kloramin i forskjellige konsentrasjoner					Snitt	% reduksjon i pH-verdi etter henstand i 24 - 48 timer		
	Tabell 2 Ikke nøytr.	Tabell 8 Ikke nøytr.	Tabell 6 Nøytralisert	Tabell 4 Nøytralisert	Tabell 4 Etter 48 h Nøytralisert		Tabell 2 Etter 24 h Ikke nøytr.	Tabell 8 Etter 30 h Ikke nøytr.	Tabell 4 Etter 48 h Nøytralisert
0,0:0,0	-	-	-	-	-	-	0,5	0 - 4,2	
0,3:0,1	3	-	-	-	3	-1,5	-	-	
0,5:0,17	5	5	3	-	4,5	-1,5	5,5 - 9,0	-	
1,0:0,33	8	7,5	7	-	7,5	0	4,4 - 5,0	-	
1,5:0,5	8	11,5	8,5	7,0	9,0	-1,5	8,5 - 5,0	1,3 9,8 11,4 12,4	
	Uten bakterier	Tilsatt bakterier					Uten bakterier	Tilsatt bakterier	

Tabell 14. Sammenlikning av resultater fra forskjellige forsøk.

Forandring av farge-verdi straks etter tilsats av kloramin og etter henstand.

Forholdstall  $Cl_2:NH_3$  er lik 3:1 i alle forsøk.

Forandringen er angitt i Hazen.- betyr at det ikke ble foretatt måling straks etter tilsats.

Forandring av farge	Kjemi-forsøk Tabell 2 Start: 22°H	Desinf.forsøk A Start: 32°H	Desinf.forsøk B Start: 25°H	Desinf.forsøk C Start: 30°H
$Cl_2$	0,3 0,5 1,0 1,5	0 0 1,5 1,5 1,5 1,5	0,5 0,5 1,0 1,0 1,5 1,5	0 0,5 0,5 1,0 1,0 1,5 1,5
Straks etter tilsats av kloramin	red.	- - - 2 7 3	3 1	- 8 0 1 4
	økn.	- - - 27	1 4 10 47	- 9 0 3
Videre etter henstand	red.	- - - 30 5 4 3		13 3 3 7 8 7
	økn.	- - -		
For-skjell før tilsats -- etter henstand	red.	3 0 3 2	7 11 6	4 11 3 8 5 11
	økn.	4 6 3		2
Timers henstand	24	48	-	30

surt ved start, så det ut til at sluttresultatet ble en økning av pH-verdien, mens det kalkede vann (pH 7) viste en tydelig reduksjon av pH-verdien etter lagring i 48 timer.

I tabell 13 er alle data behandlet slik at den øyeblikkelige pH-økningen ved tilsats av forskjellige mengder kloramin er uttrykt som % av den opprinnelige verdi. Det ser ut som om alle forsøkene viser samme gruppering, slik at snittverdiene kan benyttes, og disse ligger mellom 3 og 9% økning i pH-verdi for klortilsats fra 0,3 til 1,5 ppm; med forholdstall  $Cl_2:NH_3$  på 3:1.

Den videre forandring etter henstand i 24-48 timer er så utregnet som % av verdien like etter tilsats. Alle desinfeksjonsforsøkene viste en reduksjon av pH-verdien, mens "kjemi-forsøket" viste en svak økning. Det synes ikke å være noen sammenheng mellom doseringsmengde av kloramin og reduksjonen av pH-verdien ved lagring.

Data for forandringer i vannets fargeverdi, tabell 14, viser at forandringen straks etter tilsats var meget variabel, noen prøver fikk øket farge, andre redusert.

Den videre utvikling ved lagring var mer entydig: Alle prøver med kloramintilsats viste fargereduksjon. Sammenliknet med fargeverdiene ved forsøkernes start, viser alle prøvene uten kloramintilsats en fargeøkning, mens alle prøvene med kloramintilsats (unntatt 1) viste fargereduksjon etter lagring.

Det at vann uten tilsats av kloramin viser fargeøkning ved lagring, stemmer overens med observasjoner som før er gjort for denne vanntype. Disse forsøkene indikerer imidlertid at kloramintilsats kan komme til å motvirke denne tendens.

Selv om de kjemiske undersøkelser over kloramintilsatsens innvirkning på vannets pH-verdi viste en permanent pH-økning, viste prøvene tilsatt store mengder bakterier et resultat som i de lagrede prøver så ut til å ha sammenheng med vannets pH-verdi ved start. Datamengden er imidlertid for liten til å trekke sikre slutninger om mest sannsynlig resultat etter lagring av vann i ledningssystemet.

#### 4.5 Smaksprøving av vann tilsatt forskjellige doser $\text{Cl}_2:\text{NH}_3$

Vann til bruk før smaksprøving ble hentet fra Dragveien 46A, Blommenholm. Det ble delt i flere porsjoner som ble tilsatt forskjellige mengder  $\text{Cl}_2:\text{NH}_3$  i forholdet 3:1. Tilsatte mengder var: 1,5:0,5, 1,0:0,33 og 0,5:0,17 mg/l av henholdsvis  $\text{Cl}_2$  og  $\text{NH}_3$ .

Porsjonene ble lagret ved  $15^\circ\text{C}$ , og smaksprøvet etter 5 og 24 timer fra tilsats av kloramin.

Ingen av de personer som ble benyttet til smaksprøving greide å skille de kloraminerte prøvene fra dem uten noen tilsetning. Selv etter bare 4-5 timers kontakttid ble de fleste prøver bedømt til ikke å ha noen spesiell lukt eller smak.

Det syntes derfor rimelig å anta at det ikke ville føre til smaksulemper for forbrukerne nærmest Aurevatn dersom vannet ble tilsatt doser opp til 1,5:0,5 av  $\text{Cl}_2:\text{NH}_3$ . Laboratorieforsøkene ble imidlertid utført i åpne kolber, og da vannet i ledningsnettets går i lukkede rør, var det mulig at flyktige stoffer ikke kunne unngå i samme grad.

En fullstendig beskrivelse av denne smaksprøving er presentert i et notat (Ormerød 27/2-1968).

Senere ble smaksprøving gjentatt etter standard metodikk for slike tester. Resultatene er beskrevet i den etterfølgende del av rapporten.

#### 4.6 De vesentligste konklusjoner trukket på grunnlag av resultatene fra forundersøkelsene

Laboratorieforsøkene viste at kloraminenes desinfiseringsevne var god. Klorrester på 0,1-0,25 mg/l viste seg å være hemmende for bakterievekst, og klorrester over dette viste god drepings-effekt. Disse laboratorieforsøkene ble utført ved værelsestemperatur,  $18-22^\circ\text{C}$ . Desinfiserings-effekten avtar med synkende temperatur, og effekten av forskjellige mengder klorrest ute i ledningsnettet burde derfor undersøkes når kloramindoseringen hadde vært igang en tid.

Laboratorieforsøkene viste også at høyeste tilsatte mengde kloramin (1,5:0,5) ikke førte til smaksproblemer, klorresten ble da målt til 1,13 mg/l.

Klorbehovsanalysene viste at tilsetning av ammoniakk reduserte vannets klorforbruk betraktelig, og at klorresten ved tilstrekkelig høye, men antatt akseptable doseringsmengder, holdt seg effektiv i tilstrekkelig lang tid til å få en virkning i distribusjonsnett.

Forsøkene viste også at ammoniakk burde tilsettes før klor. God innblanding kunne sikres ved dosering av ammoniakk før ozoneringsanlegget. Ved dosering av ammoniakk mellom mikrosilene og ozoneringsanlegget, ville muligheten for korrosjon av mikrosildukene utelukkes. En mulig korrosjon i kjølvannssystemet for ozonørene ble undersøkt og funnet lite sannsynlig.

Disse resultatene ble presentert og diskutert på et møte hos teknisk rådmann i Bærum den 6/12-1967.

Det ble da besluttet at en ombygging til kloramindosering skulle påbegynnes omgående. NIVA skulle ikke utføre flere laboratorieforsøk, men fortsette undersøkelsene i selve vannledningsnett når doseringen var kommet igang.

## 5. KLORAMINDESINFISERING AV LEDNINGSVANNET

Perioden 1. januar 1968 - 28. februar 1969.

### 5.1 Effekten av desinfeksjonen

Da klordioksyd-tilsetningen ble stoppet ved årsskiftet 1968/69 ga dette seg utslag i en reduksjon i kimtallsverdiene for vannet ved samtlige prøvesteder. Dette ses tydelig av figurene 15a og 15b.

Fra figurene kan man se at klorresten i perioden med klordioksyd-dosering var høy, men lite effektiv. Ombytte til kloramindosering førte til målbare klorrester bare ved Jordbærhaugen, Grinda og periodevis ved Knabberud. Selv om disse klorrestene var vestentlig lavere enn de som ble målt under klordioksydperioden, førte de til en markert nedgang i vannets kimtallsverdier. Der klorresten også var tilstede i sommerperioden med varmt vann, steg ikke kimtallsverdiene, men da klorresten ble lav i denne perioden ved Knabberud, steg kimtallsverdiene der opp mot samme nivå som året før. De andre prøvestedene viste ingen klorrest, og kimtallene var lave bare i den første vinterperioden, inntil sommeren 1968.

Det så derfor ut som om desinfeksjonen var effektiv ved tilstrekkelig høy klorrest, men det så ut til å være vanskelig å oppnå tilstrekkelig høye klorrester ute i ledningsnettets.

### 5.2 Ledningsvannets pH-verdi og farge

Like før kloramindesinfiseringen ble startet (febr. 1968) ble kalk-doseringen justert opp sammen med ozondosen (fig. 16a og b). Dette ga seg utslag i en svak økning av utløpsvannets pH-verdi, og den samme tendens viste seg i ledningsvannet ved de forskjellige prøvesteder. Effekten av ammoniakktilsetningen alene lot seg av denne grunn ikke registrere, men figurene viser at ledningsvannets pH-verdi ikke var høyere enn i foregående år med omtrent samme kalkdosering.

Da det behandlede vanns pH-verdi begynte å avta til verdier under pH 7 i mai-juni 1968, ble kalkdoseringen øket. Dette resulterte i en økning av vannets pH-verdi. Økningen var størst i de øvre deler



av ledningsnettets for Østre Bærum (inkludert Knabberud) og for vestre Bærum, mens pH-verdien i vannet ved Stabekk og Fornebu så ut til å være lite påvirket.

De samme to figurer (16a og 16b) viser også fargeverdiene for utløpsvann og ledningsvann i hele denne undersøkelsesperioden. Selv om fargeverdiene var svært varierende, syntes det å være en viss reduksjon av vannets farge nedover i ledningsnettets, spesielt for Østre Bærum (over Knabberud).

Dersom det ønskes sikrere opplysninger om eventuelle forandringer av vannets pH- og fargeverdi nedover i ledningsnettets, vil en statistisk behandling av analysedata være nødvendig. Fremstilling i kurveform gir imidlertid god oversikt over forandringer i løpet av lengre tidsrom.

### 5.3 Slamproduksjonen i ledningsnettets etter start av kloramin-desinfiseringen

Data for partikkelinnholdet i vannet og for det ansamlede slam fra samlekaret i Dragveien, Blommenholm, er presentert i kurveform på figurene (18a og 19a).

Partikkelinnholdet i vannet økte i sommerperioden. Spesielt stor økning var det i partikulært mangan, slik som i foregående år (1967).

Selv om det målte ukentlige gjennomsnitt av ansamlet slam ikke nådde så høyt som året før, var den totale ansamlede mengde i løpet av sommerperioden (med høy vanntemperatur) minst like stor som året før, og vesentlig større enn tilsvarende mengde for vinterperiodene med lav temperatur. Kloramin-desinfiseringen så derfor ikke ut til å ha redusert slamproduksjonen i denne delen av ledningsnettets.

Figur 18b og 19b viser sammensetningen av det frafiltrerbare stoff og det ansamlede slam for dette prøvested.

I det frafiltrerbare stoff fra ledningsvannet svingte jern-innholdet mellom 10-20 vekt-% Fe i hele perioden. Manganninnholdet viste årstids-

variasjoner: Sommeren 1967 og -68 kom det opp i 6 vekt-% Mn, mens det nådde et maksimum på 3% i mars-april 1968. Resten av året lå manganinnholdet på lavere eller lik 1%.

Vektforholdet Mn/Fe i dette stoff viste også årtidsvariasjon; det svingte i takt med forholdet Mn/tørrstoff.

Det finner altså sted en økning i Mn-innhold uten en tilsvarende økning i Fe-innhold.

I det ansamlede slam syntes jerninnholdet å vise årstidsvariasjon (fig. 19b), idet det 3 år på rad ble målt 24-30% Fe i tørrstoffet i vinterperioden mot ca.  $8 \pm 2\%$  Fe for resten av året. Dette jerninnhold stammer sannsynligvis fra tyngre, sedimenterte partikler fra ledningsnett, da det ikke på noe tidspunkt oppsto spesiell begroing med jernbakterier i slamsamleren. Manganinnholdet viste samme årstidsvariasjon som for partiklene i ledningsnett, med maksima på 5,6 - 5,8 vekt-% Mn i tørrstoffet om sommeren, og ca. 3,2 % Mn i mars-april 1968, mot  $0,8 \pm 0,4\%$  Mn resten av året. Økningen av Mn i forhold til Fe i de samme periodene var svært markert i dette slammet. Den mest sannsynlige forklaringen på dette er at de bakteriene som vokser i ledningsnett om sommeren og danner slam, også er istand til å oksydere Mn-forbindelser til  $MnO_2$ , som felles ut og farger slammet brunsvart. Det er vist at en av de bakterier (en Hyphomicrobium-art) som er med på å danne slam i dette ledningsnett, er meget aktiv i å oksydere redusert mangan til  $MnO_2$ .

#### 5.4 En sammenlikning mellom vannkvaliteten i ledningsvann fra Aurevatn og Østernvatn

På grunn av mistanken om at det var blekingen og nøytraliseringen av vannet i Aurevatn renseanlegg som førte til slamplagene i ledningsnett, ble også en liknende vanntype, som ikke hadde vært utsatt for slik behandling, gjenstand for rutineundersøkelser. Dette gjaldt ledningsvann som kom fra Østernvatn, og som bare blir grovsilt og lettklorert før det slippes inn i ledningsnett. Resultatene er presentert i figur 17.

Fargen på dette ledningsvannet så ut til å ha årstidsvariasjoner, med farge på rundt  $22^{\circ}\text{H}$  om sommeren og rundt  $30^{\circ}\text{H}$  om vinteren.

pH-verdien varierte mellom 5,7 og 6,5, med snittverdi på ca. 6,0.

Dette ledningsvannet var altså både surere og brunere av farge enn ledningsvannet i Aurevatn-nettet.

Påvisbare mengder klorrest var som oftest tilstede, men i varierende konsentrasjon.

Ledningsvannet viste lavt innhold av bakteriekim, som oftest under 50 kim/ml, men i sommerperioden 1968 kom kimtallene opp i over 100 kim/ml. Dette er likevel lavt i forhold til kimtallene i ledningsnettet fra Aurevatn.

Det ble ikke observert slamførende vann i ledningsnettet fra Østernvatn i undersøkelsesperioden.

### 5.5 Lukt- og smaksproblemer

Ved igangsettelsen av kloramindesinfiseringen ble dosene av klor og ammonium øket gradvis, til et maksimum i begynnelsen av mars 1968, på 1,5 ppm  $\text{Cl}_2$  og 0,5 ppm  $\text{NH}_3$ . Denne høye dose resulterte i klager på grunn av vond lukt og smak. Laboratorieforsøkene med denne kloramindose hadde vist at den ikke skulle føre til slike problemer. Det ble derfor vedtatt at NIVAs kjemilaboratorium skulle utføre nye smakstester. Den første ble utført i løpet av mars måned 1968 og presentert i et notat (Bøhmer/Samdal sept. 68), og resultatene presenteres også i denne rapport i en noe omskrevet form:

"Ozonert vann ble hentet på Aurevatn den 15/3-1968. Den 19/3 ble vannet fordelt på brune flasker med glass-slip propp med 1 liter i hver flaske.  $\text{NH}_3$  ble tilsatt først, deretter  $\text{Cl}_2$ , begge i varierende konsentrasjon.

Smaksprøving av vannet ble foretatt av 7 personer etter 27 timers henstand; derav de 3 siste timer ved værelsestemperatur.

Graderingen ble oppgitt som:

G = godt      B = brukbart      M = mindre godt.

Restklor ble målt etter 24 timer. Resultatene er presentert i tabell 15.

Tabell 15. Resultater av smaksprøvingen den 20/3-1968.

Flaske nr. Tester	Resultater							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Tilsatt mengde Cl <sub>2</sub> , mg/l	0	0	1	1	1	1,5	0	1,5
Tilsatt NH <sub>3</sub> , mg/l	0,20	0	0,33	0,40	0,50	0,30	0	0,50
Målt klorrest etter 24 timer	0,40		0,50	0,40	0,60	1,00		1,00
Smakstest etter 27 t:								
Person 1	B	G	B	B	M	M	G	M
2	G	M	B	G	G	B	G	G
3	G	G-	G	G-	G	G-	G	G
4	B	G	G	G	G	M	G	G
5	B	B	B	G	B	M	B	B
6	M	B	M	M	M	M	G	M
7	B	B	B	B	B	M	B	B-G
Antall G	2	3	2	4	3	1	5	3
Antall B	4	3	4	2	2	1	2	2
Antall M	1	1	1	1	2	5	0	2

Smaksprøvingen ble gjentatt den 25/3 med litt forskjellige klor-ammoniakk-kombinasjoner. Resultatene er vist i tabell 16.

Tabell 16. Resultater av smaksprøvingen den 25/3-1968.

Flaske nr. Tester	Resultater									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tilsatt Cl <sub>2</sub> , mg/l	1,2	1,2	0	1,2	1,2	0	1,5	1,5	1,5	1,5
" NH <sub>3</sub> , mg/l	0,24	0,40	0	0,48	0,60	0	0,30	0,50	0,60	0,75
Klorrest etter 24 t	0,75	0,60		0,75	0,75		1,00	1,00	1,25	1,25
Smakstest etter 27 t										
Person 1	M	G	G	B	G	B	M	G	G	G
2	M	M	G	G	G	G	M	B	G	G
3	B-	G-	G-	G-	G-	G-	M	B-	G-	B+
4	B	G	G	G	G	G-	M	B	G-	G-
5	B-	B	G	G	G	G	M	B+	B	G
Antall G	0	3	5	4	5	4	0	1	4	4
Antall B	3	1	0	1	0	1	0	4	1	1
Antall M	2	1	0	0	0	0	5	0	0	0

Konklusjon: Ved forhold Cl<sub>2</sub> : NH<sub>3</sub> så høyt som 5:1, ser det ut til å bli markert økende klordoser. Høye klordoser ser ikke ut til å føre til tilsvarende smaksproblemer dersom ammoniumtilsetningen økes til et forholdstall for Cl<sub>2</sub> : NH<sub>3</sub> på 2,5:1.

Ved mindre forholdstall tyder resultatene på at smaksproblemene blir større."

- - -

Disse forsøkene ga nær samme resultater som smaksprøvene utført tidligere, og de ga ingen forklaring på hvorfor kloramindoser på 1,5:0,5 skulle gi smaksulemper i ledningsnett.

Kjemiavdelingen ved NIVA fortsatte derfor å studere teknikk for lukt- og smakstester, og innarbeidet en standardisert metodikk for fastsettelse av LUKTGRENSEVERDI (LGV) og SMAKSGRENSEVERDI (SGV). Lukt- og smakstestingene fortsatte med forskjellige kombinasjoner av doseringsmengde og -teknikk, og resultatene ble presentert i 3 lengre notater i løpet av høsten 1968. Konklusjonen fra hvert av notatene gjengis her:

Notat K 1-1, Gunnæs/Samdal Okt. 1968: Lukt- og smaksprøving av vann fra Aurevatn etter tilsetning av ammoniakk og klor:

#### "KONKLUSJON OG NOEN AVSLUTTENDE BEMERKNINGER

Våre konklusjoner tyder på at markant lukt- og smaksforbedringer ikke oppnås om klor doseres først og ammoniakk deretter. Det er mulig at forhold mellom klor/ammoniakk som 2:1 istedenfor 3:1 er å foretrekke av lukt- og smaksgrunner. Av hensyn til restklormengdene bør ammoniakkdoseringen foregå først. Hvorvidt kalktilsetning har lukt- eller smaksvirkning vil bli undersøkt i nye forsøksserier, og i disse forsøksseriene vil også vannets LGV og SGV-verdi bli bestemt."

Notat K1-1 Gunnæs/Samdal, nov. 1968: BESTEMMELSE AV LUKTGRENSEVERDI (LGV) og SMAKSGRENSEVERDI (SGV) I VANN FRA AUREVATN:

#### "KONKLUSJON

For å forstå betydningen av lukt- og smaksverdiene som er bestemt må disse settes i riktig sammenheng. Dette kan bare gjøres ved at resultatene sammenliknes med vedtatte standards for lukt og smak på drikkevann. Slike standards finnes ikke her i landet og vi må derfor ty til utenlandske standards. I Public Health Service Drinking Water Standards 1962 (U.S. dept. of Health, Education and Welfare, Public Health Service) er maksimal LGV og SGV angitt til 3, mens Charles A. Cox i Operation and Control of Water Treatment Processes (WHO 1964) angir at LGV og SGV ikke bør være over 2. Våre resultater fra enkle laboratorieforsøk ligger med andre ord delvis over, dels under oppsatte standards. Vi må antakelig regne med at de angitte standards er satt relativt lavt. Kloramindoseringen ved

Aurevatn bør iallfall for kortere tid ligge betydelig over det som hittil har vært praktisert for at veksten på ledningsnettets skal kunne kontrolleres. Resultatene av laboratorieforsøkene antyder hvilke lukt- og smaksgrenseverdier man må vente hvis kloramindoseringen økes. Hvilke lukt/smaksgrenseverdier som virkelig opptrer kan bare finnes ved forsøk direkte i vannverket og på ledningsnettets, og slike forsøk bør snarest utføres. Forsøkene bør legges slik opp at man også kan få belyst betydningen av kloramindosering ved vannverket ved siden av kloramindosering f.eks. ut fra Kolsåsmagasinet."

- - -

For å belyse hvilke grenseverdier som ble funnet, er også tabellen med resultatene medtatt fra dette notat:

Tabell 17. Lukt- og smaksgrenseverdier funnet ved laboratorieforsøk.

Doseret $Cl_2:NH_3$ , mg/l:	1:0,5			2:1,0		
	18°C	40°C	60°C	18°C	40°C	60°C
LGV (48 timer)	-	-	4	-	-	17
SGV (48 timer)	4	-	-	-	-	-
SGV (72 timer)	-	4	-	1	1	-

#### 5.6 Vurdering av forhøyet kloramindosering og kalkdosering på vannet fra Aurevatn

NIVA notat, Samdal des. 1968.

I dette notat ble også en forandring av kalkdoseringen vurdert som et medvirkende middel til å redusere bakterieveksten i ledningsnettets. Sitat:

##### "EFFEKTEN AV ØKT KALKDOSERING

Hensikten med kalkdosering måtte være, ved siden av større beskyttelse mot kobberkorrosjon, å oppnå bedre baktericid virkning på ledningsnettets ved høy pH. Mot dette står at økt pH vil resultere i at prak-



tisk talt bare monokloramin vil foreligge i vannet (figur 12). Monokloramin er mindre baktericid enn dikloramin, og hydrolysekonstanten er:

$$K_7 = 2,8 \cdot 10^{-10}.$$

Hydrolysekonstanten er definert slik:

$$\frac{C_{\text{NH}_3} \cdot C_{\text{HOCl}}^2}{C_{\text{NHCl}_2}} = K_2 \qquad \frac{C_{\text{NH}_3} \cdot C_{\text{HOCl}}}{C_{\text{NH}_2\text{Cl}}} = K_1$$

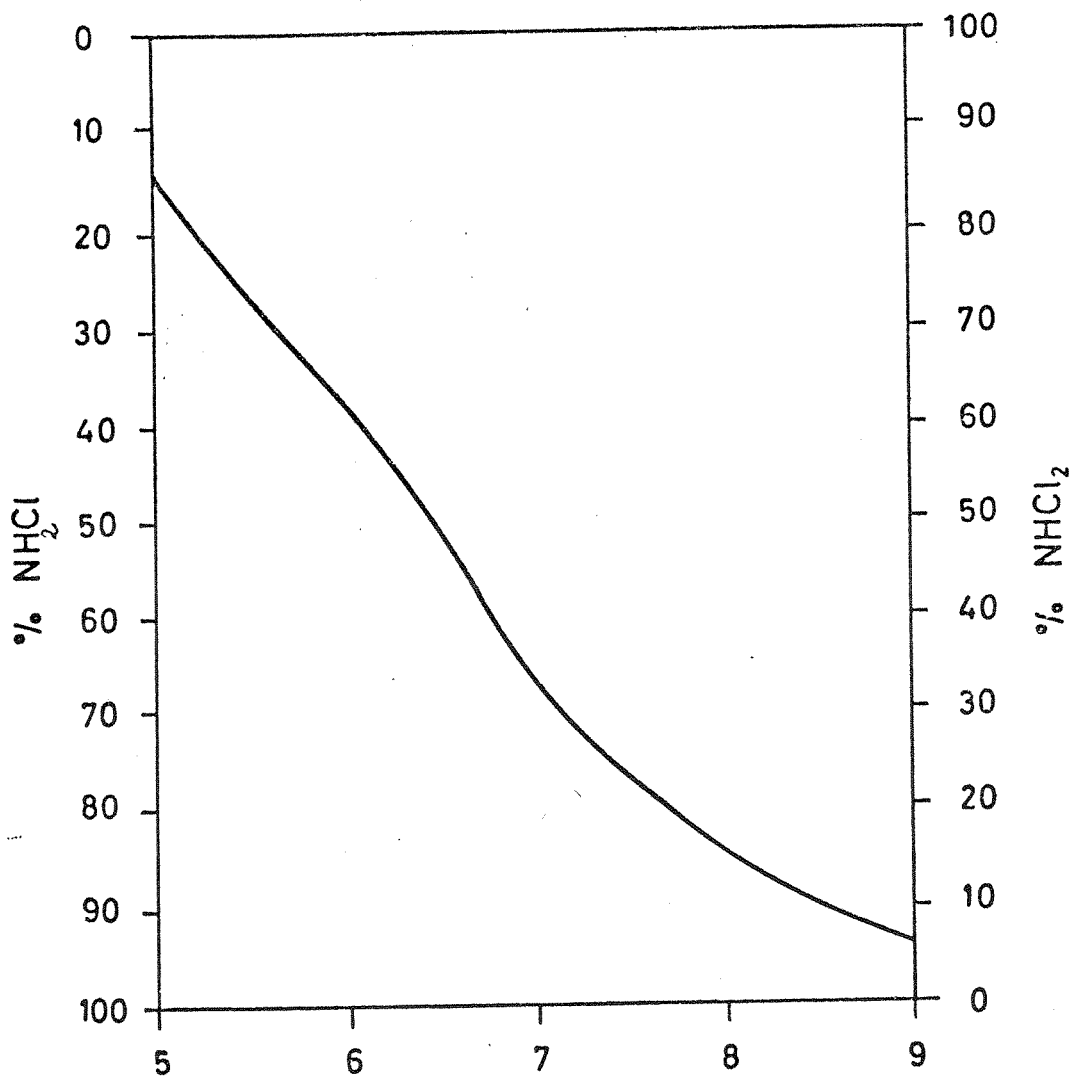
der  $C_{\text{NH}_3}$ , og  $C_{\text{HOCl}}$  og  $C_{\text{NH}_2\text{Cl}}$  ( $C_{\text{NHCl}_2}$ ) er konsentrasjonen av ammoniakk, underklorsyrling og kloramin.

Monokloraminets svake oksyderende egenskaper sammenliknet med dikloraminets fremgår også av fig. 13, som viser at restklormengden holder seg lengre i vannet ved høy enn ved lav pH. Denne effekt vil forhåpentlig være gunstig idet det er om å gjøre å få klorresten til å holde seg lengst mulig utover i ledningsnett.

Fra tidligere undersøkelser er det kjent at økt kalkdosering øker fargen. Driften ved Aurevatn har stort sett vist at pH-økning over 7 - 7,5 ikke har vært ønskelig idet fargen ved slik pH-økning øker vesentlig ut over 20 mg Pt/l.

Resultatene (tabell 18) av enkle laboratorieforsøk tyder på at fargeøkningen etter kalktilsetning nå ikke er så markant som ved de tidligere utførte undersøkelser. Det kan være mange forhold som kan forklare forskjellen mellom tidligere resultater og de som nå er oppnådd, og hvis kalkingen til høyere pH enn ca. 7,5 prøves i vannverket, må fargeøkningen følges nøye.

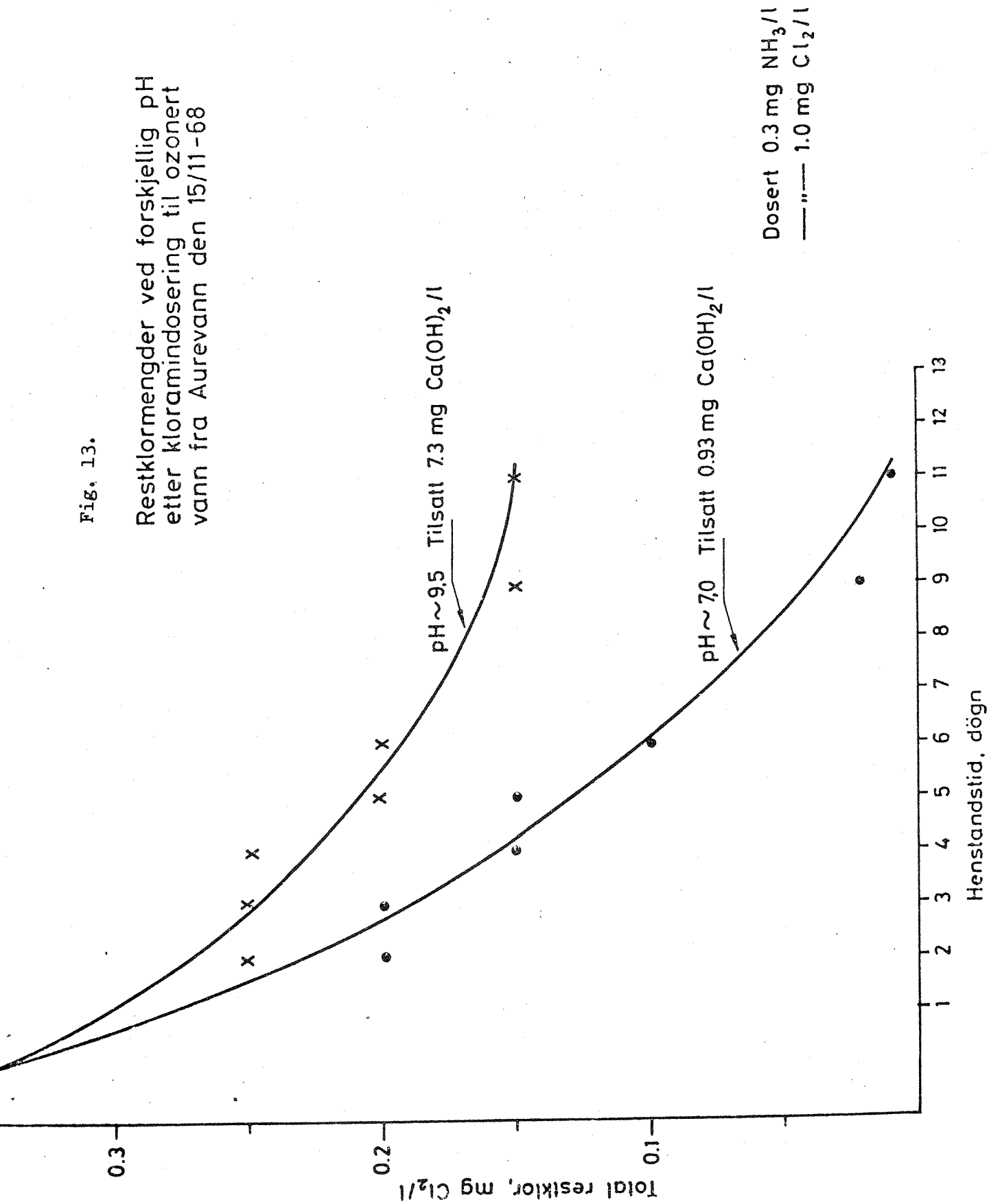
Fig. 12.



Relative mengder av monokloramin og dikloramin ved forskjellig pH

Fig. 13.

Restklormengder ved forskjellig pH etter kloramindosering til ozonert vann fra Aurevann den 15/11-68



Tabell 18. Fargeøkning ved økning av vannets pH-verdi til 10,0.

Kalktilsats	pH-verdi	Fargeverdi		
		Råvann	Ozonert vann	Ferdig behandlet vann
-	6,4	18		
1,41	7,0	18		
3,80	9,0	20		
7,20	10,0	21		
-	6,8		5	
2,66	8,0		7	
4,66	9,0		9	
11,8	10,0		11	
-	8,4			6
3,5	9,5			8
8,59	10,0			10

(Denne tabell er litt omarbeidet i forhold til originalen.)

Enkle smaksbestemmelser ved 20°C på prøver tatt den 4/11 og 8/11 tyder på at kalktilsetning til pH 9,5 ikke vil resultere i markant smaksforverring. Kalktilsetning til pH 10,0 synes å føre til smaksforverring.

#### KONKLUSJON

1. Nåværende kloramindosering ved Aurevatn har ikke betydning for desinfisering av store deler av ledningsnett, og vil trolig ikke løse problemet med slam i vannet når vannets temperatur er høy om sommeren.
2. Kloramindoseringen ved Aurevatn bør økes til klor-resten er 0,2 - 0,3 på vannet ut fra Kolsåsmagasinet, hvis klor-rest skal kunne påvises i hele ledningsnett.
3. Ved denne dosering vil det trolig oppstå smaksulemper.
4. Høyere pH enn 7,5 synes ikke å gi så høy fargeøkning som man skulle vente fra tidligere undersøkelser."

Sitat slutt.

Forklaring av detaljer i figurene 14-19 på de etterfølgende sider.

Generelt:

Trappetrinnskurver: Doseringskurvene og kurvene for mengdeavsetninger i slamsamleren er trappetrinn-formet på grunn av at den angitte verdi er henholdsvis den innstilte verdi, og gjennomsnittsverdien for perioden som utgjøres av et "trinn".

Ved avbrudd i dosering eller i samling av slam, eventuelt av analysering av enkelte av parametrene, går kurven ned til basislinjen (0).

Manglende observasjon er demonstrert ved brudd i kurven: Manglende observasjon kan skyldes at analysen ble mislykket eller at rørbrudd o.l. førte til så slamførende vann at beregning av avsatt slam ble umuliggjort.

Andre kurver:

Alle analysene utført på vann fra ledningsnettets baserer seg på øyeblikksprøver. De opptrukne kurvene må derfor ikke tolkes som de virkelige verdier for vannet i ledningsnettets mellom prøvetakingsdagene; de er trukket opp for å lette oversikten.

Brudd i kurvene betegner manglende verdi, f.eks. på grunn av lengre tids opphold i prøvetakingen eller analyseringen, eller ved forkastede analyseresultater. Enkeltstående analyseresultater er avmerket som kryss.

Spesielt:

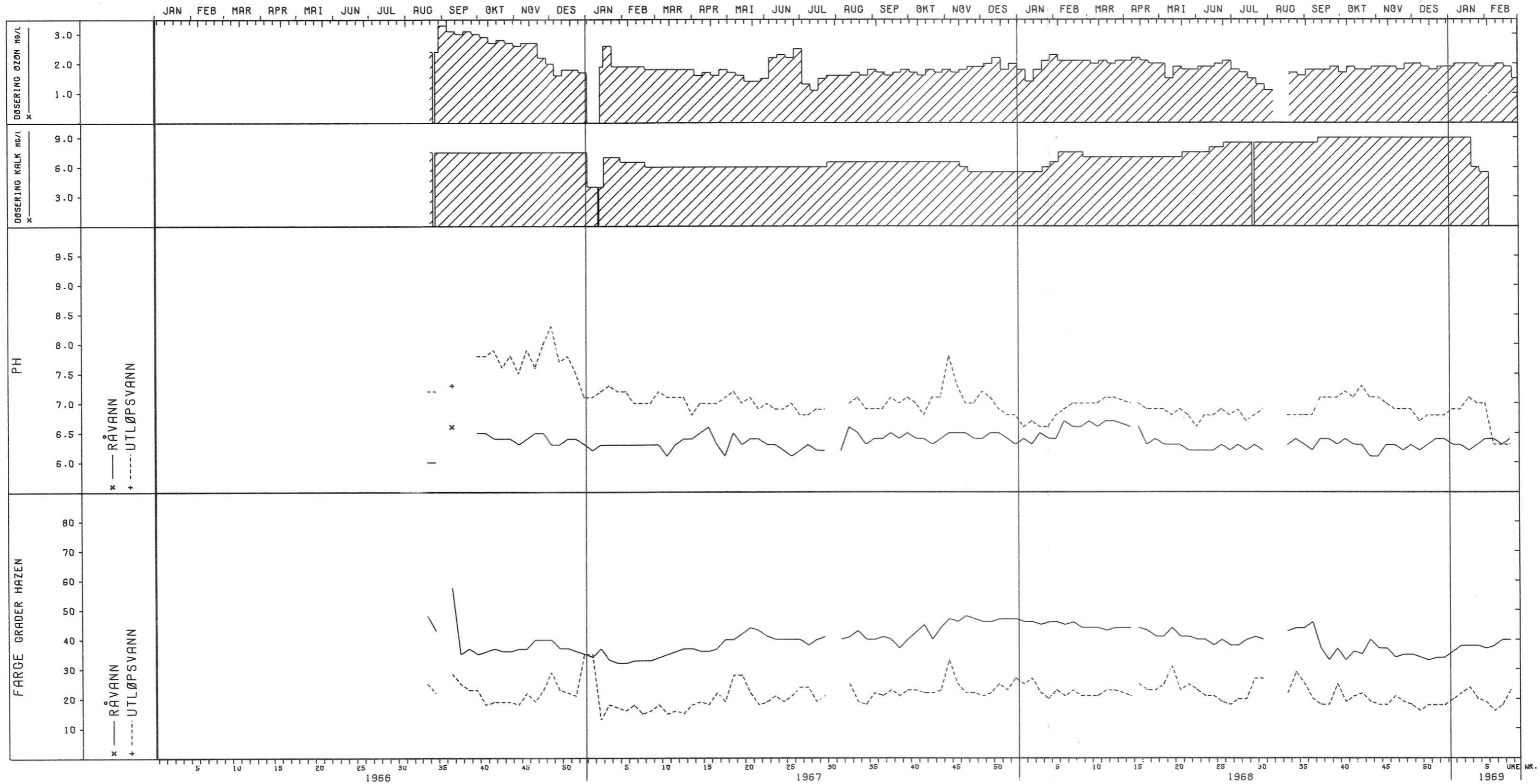
Figurene 15A, 15B og 17: Kimtallsresultatene er tegnet som stolper over hver analysedato. Dersom analyseresultatet var en verdi større enn et angitt tall, eller en verdi større enn 3.000 kim/ml, er stolpen avsluttet med et pil-hode.

Figur 18A:

Vannets filterbarhet er angitt som menge vann filtrert gjennom to glassfiberfiltre. Første mengde vann innsamlet for filtrering var 8-10 liter. Ved lite partikkelinnhold i vannet lot 10 liter seg lett passere gjennom ett filter, mens det ved høyt partikkelinnhold bare var mulig å filtrere 0,5 til 2 liter vann pr. filter. Verdier lavere enn 10 liter pr. to filtre viser derfor at vannet inneholdt vesentlige mengder partikler. Denne parameter er tatt med for å vise at den kan benyttes som en enkel og billig dokumentering av vannets partikkelinnhold.

FIG.NR.14 FARGE OG SURHETSGRAD AV VANNET FØR OG ETTER BEHANDLING I AUREVATN RENSEANLEGG

FIG.14

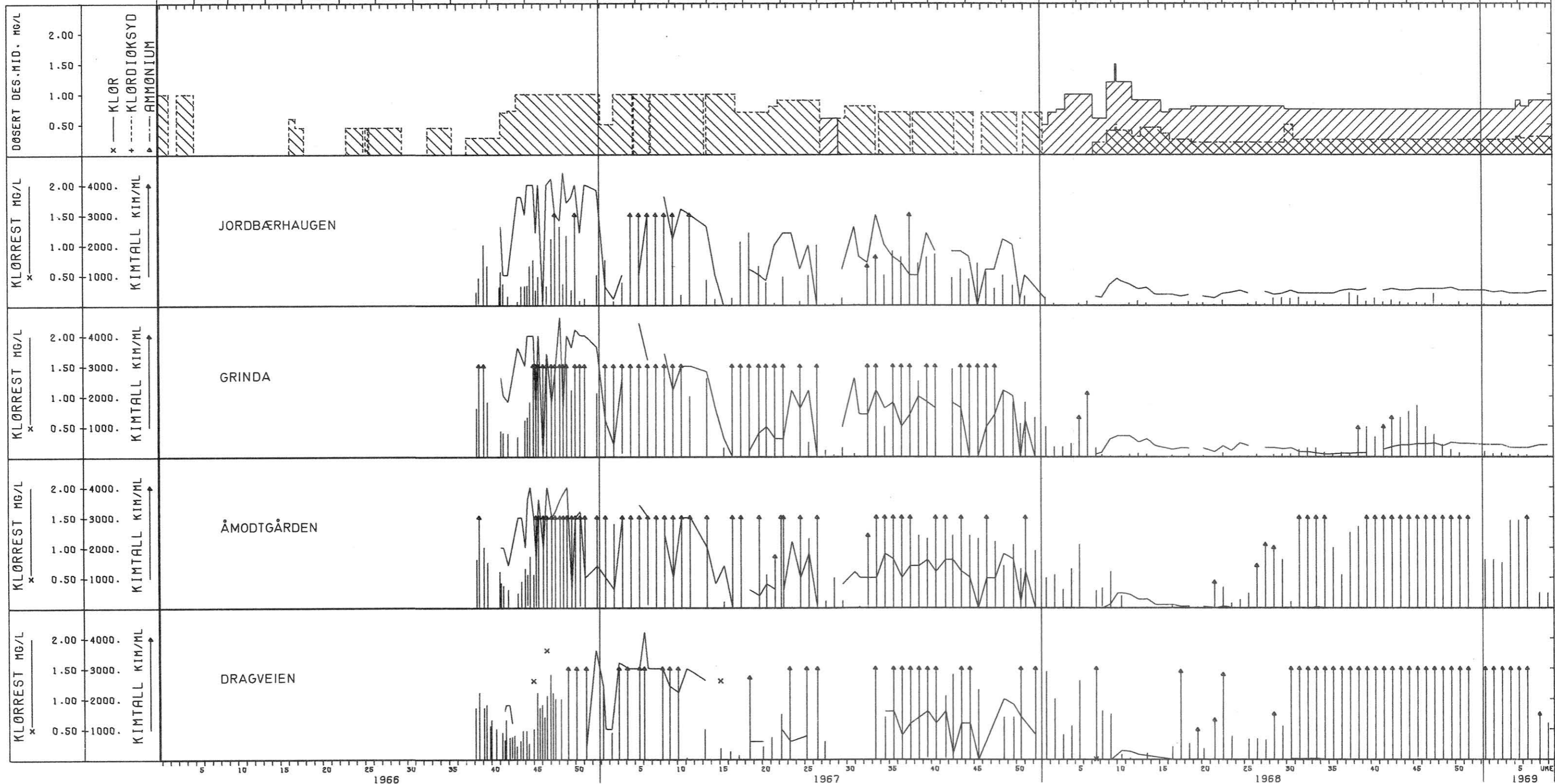


 KLORDIOKSYD

 KLOR

 AMMONIUM

JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP ØKT NOV DES JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP ØKT NOV DES JAN FEB MAR APR MAI JUN JUL AUG SEP ØKT NOV DES JAN FEB



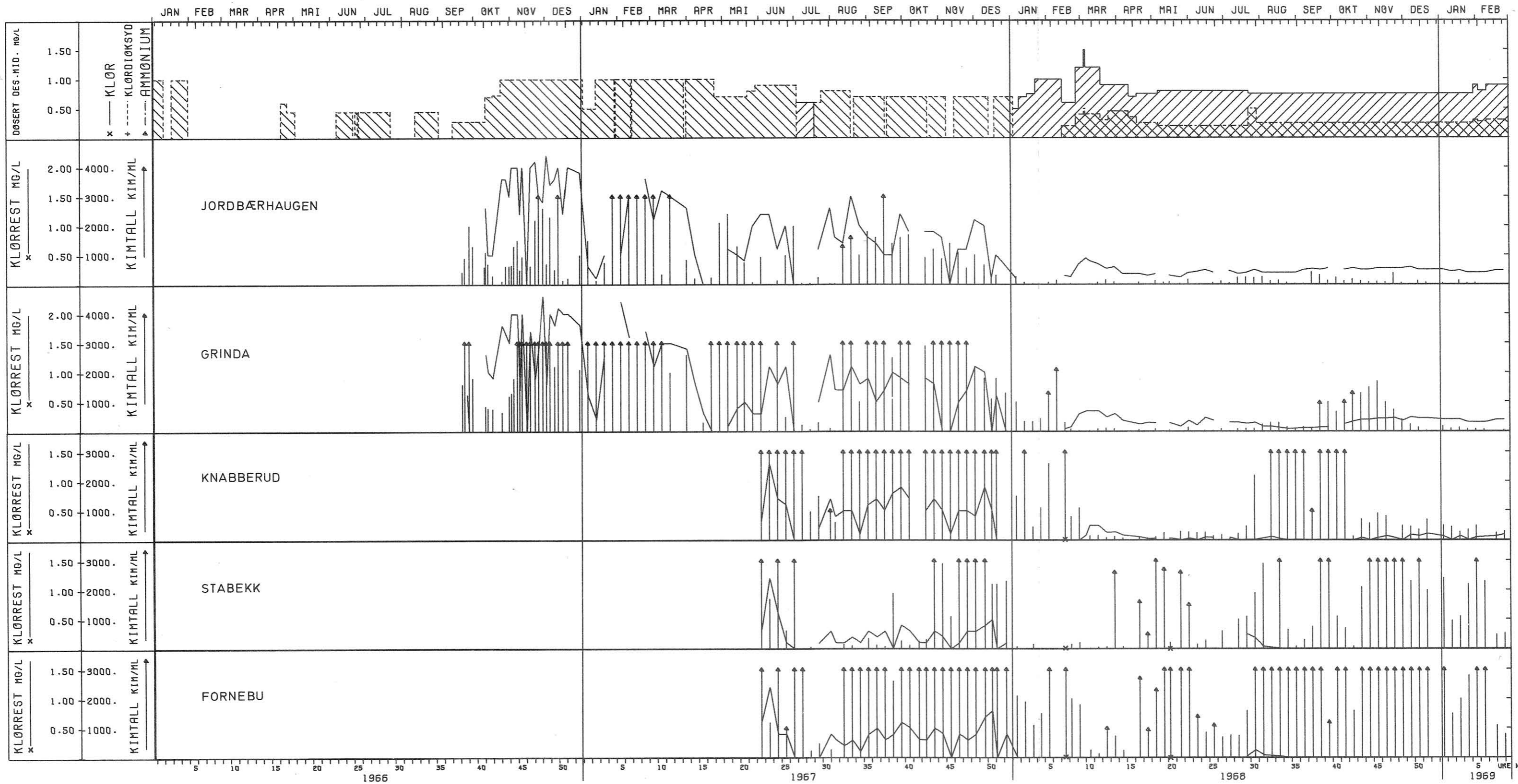




FIG.NR.16A KALK- OG ØZONDOSERINGENS PH- OG FARGEFFEKT - VESTRE BÆRUMS LEDNINGSNETT

FIG.16A

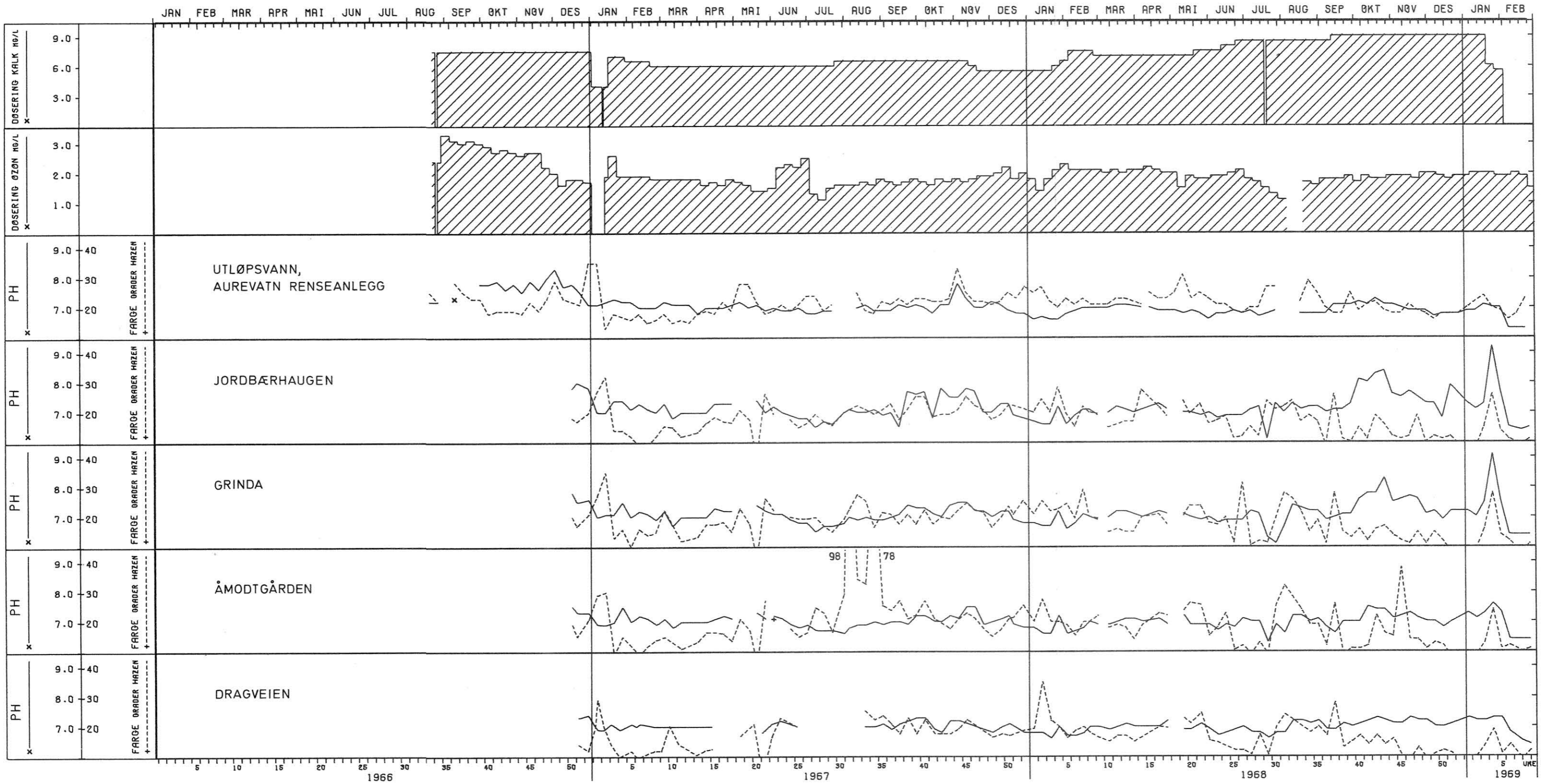
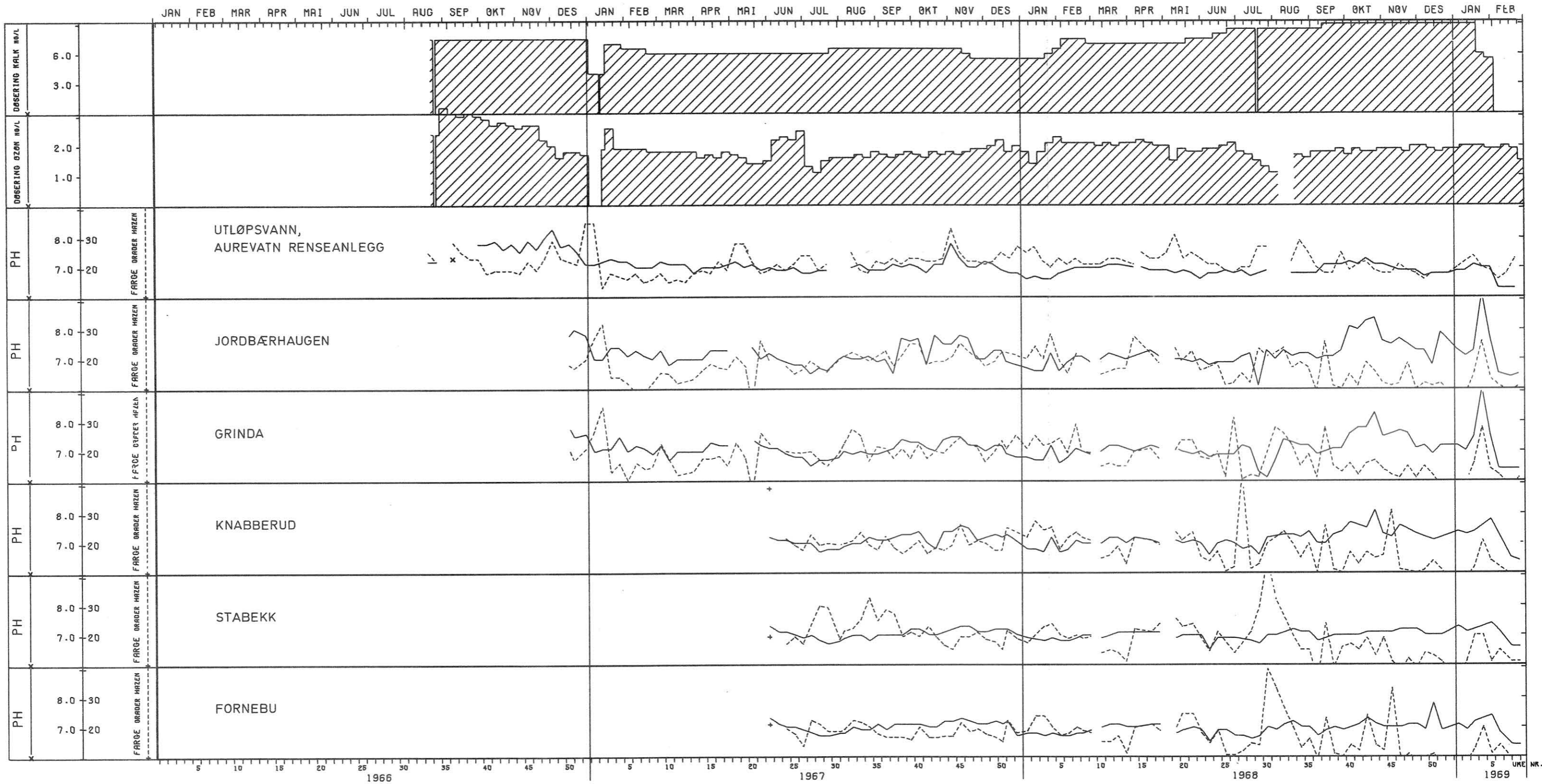


FIG.NR.16B KALK- OG ØZONDØSERINGENS PH- OG FARGEFFEKT - ØSTRE BÆRUMS LEDNINGSNETT (ØVER KØLSÅSMAGASINET)

FIG.16B



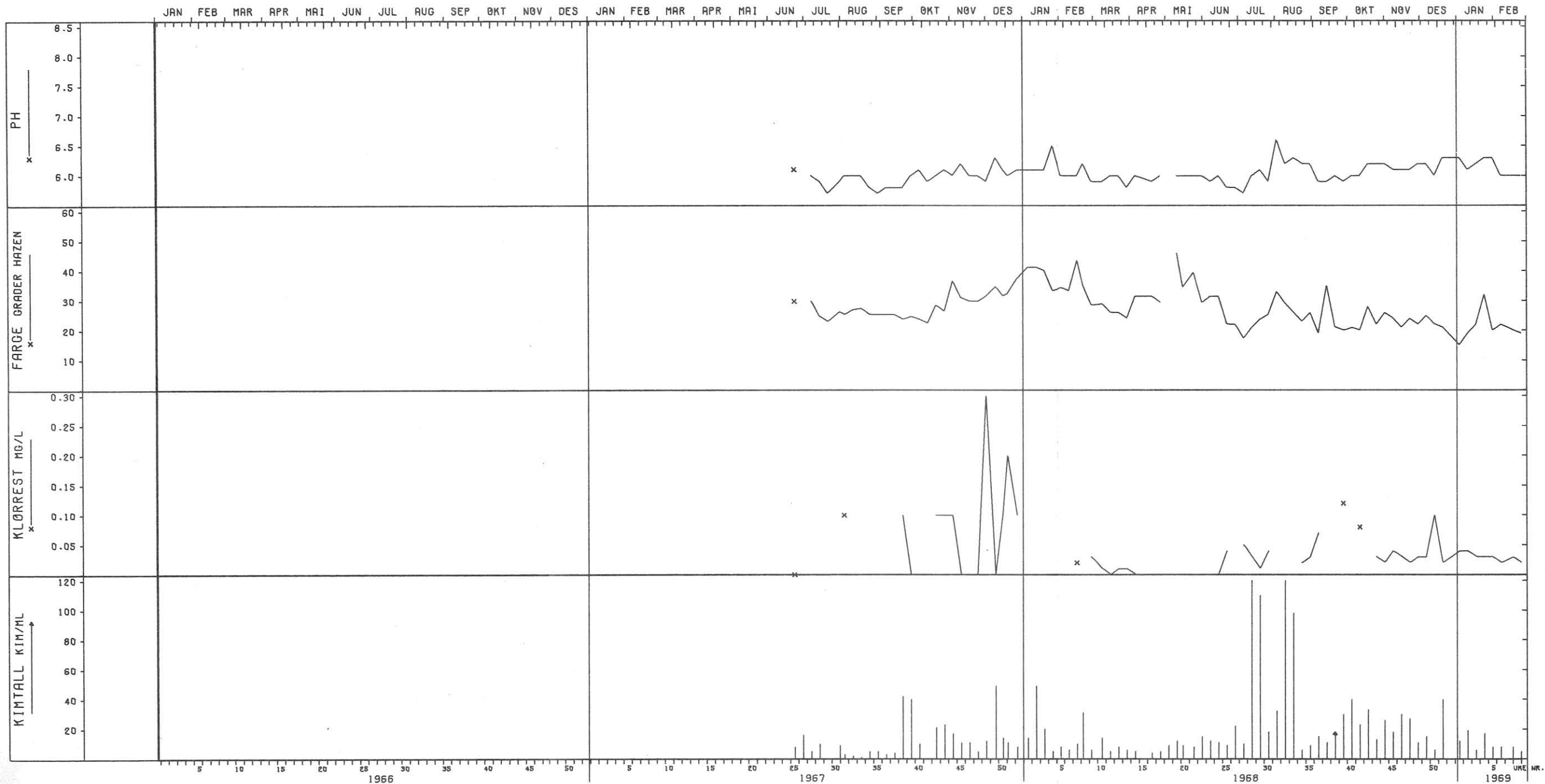


FIG.NR.18A SAMMENHENG MELLØM RÅVANNSTEMPERATUR OG DIVERSE KOMPONENTER I FRAFILTREBART STØFF I VANN FRA LEDNING, DRAGVEIEN

FIG.18A

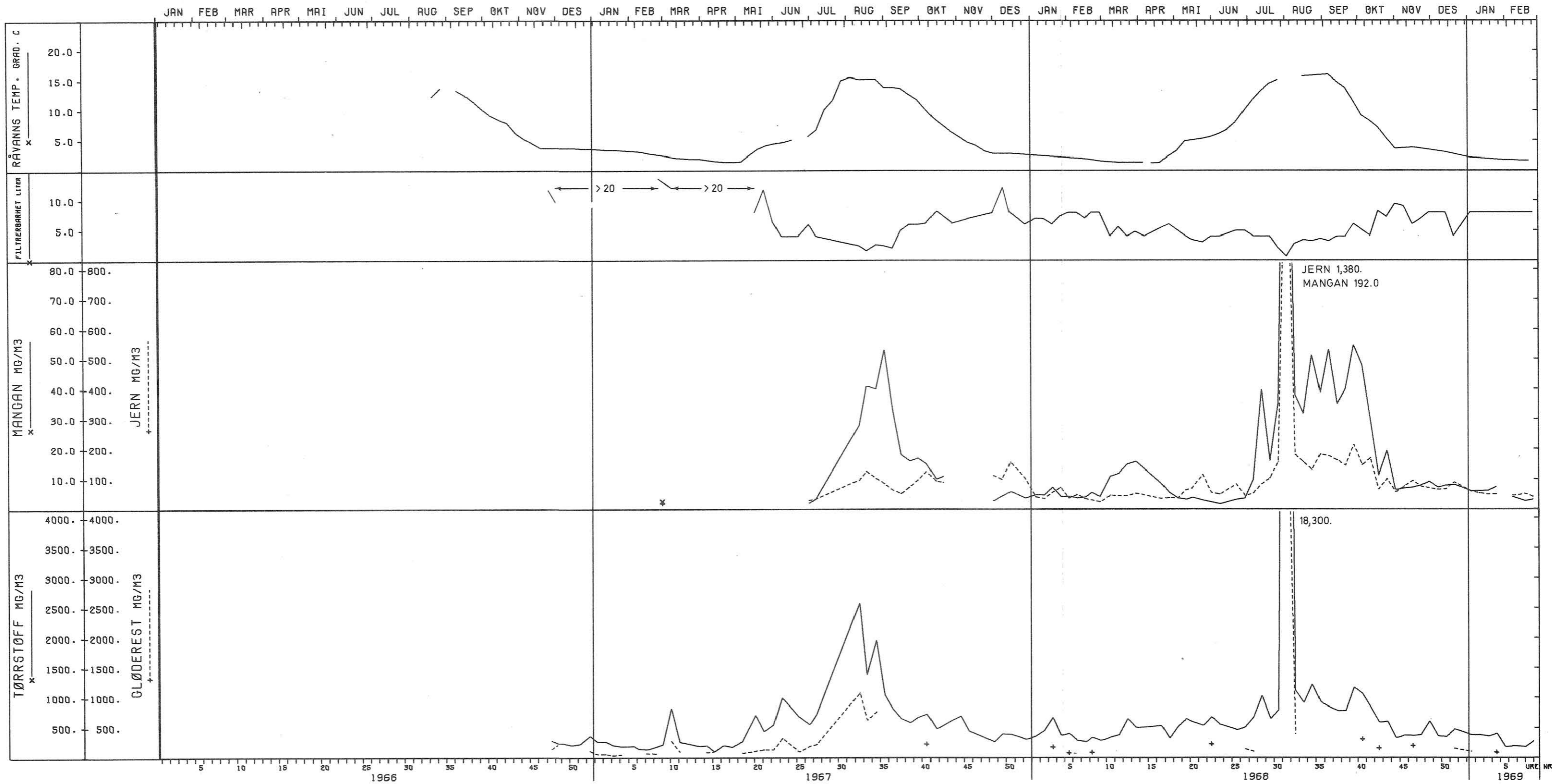


FIG.NR.19A SAMMENHENG MELLØM RÅVANNSTEMPERATUR OG DIVERSE KOMPONENTER I FRAFILTREBART STØFF I VANN FRA SLAMSAMLER, DRAGVEIEN

FIG.19 A

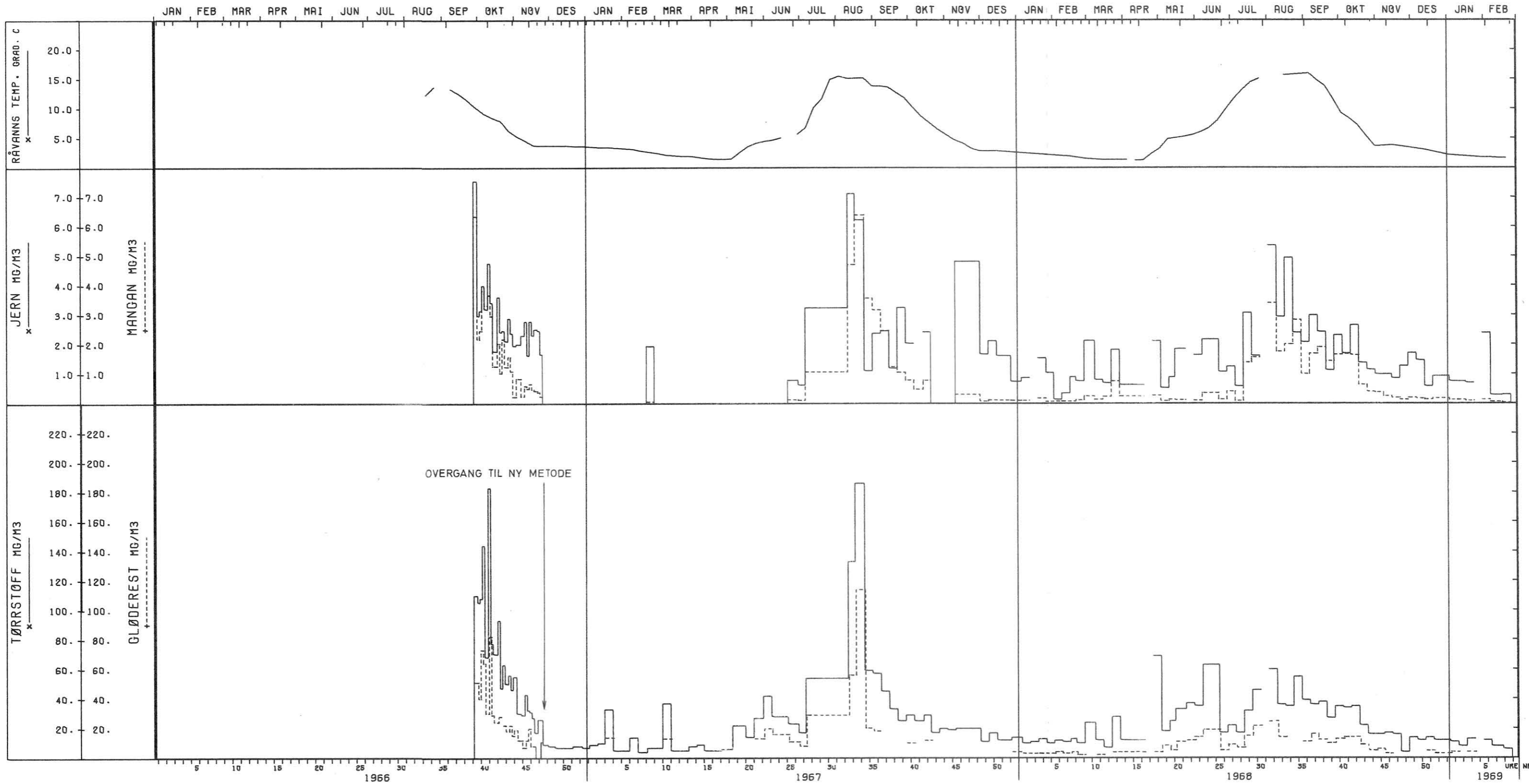
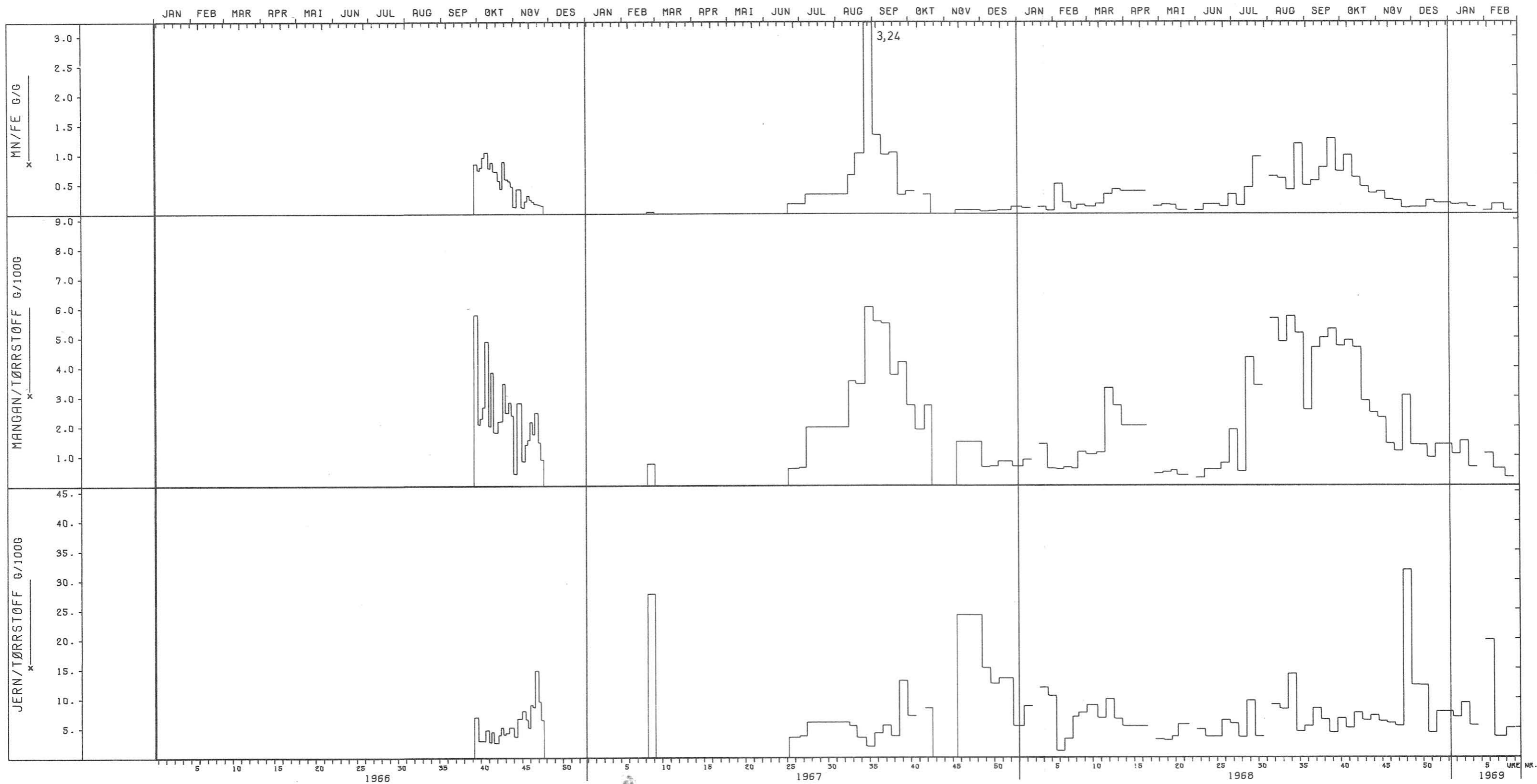


FIG.NR.19 B BEREGNEDE KOMPONENTFØRHOLD I FRAFILTRERBART STOFF I VANN FRA SLAMSAMLER, DRAGVEIEN

FIG.19 B



## 6. AVSLUTTENDE DISKUSJON

Da det etter hvert ble klart at kloramindesinfisering med dosering ved Aurevatn renseanlegg ikke ga tilstrekkelig klorrest ute i ledningsnett, ble NIVA bedt om å vurdere de foreliggende resultater og komme med et forslag til dosering av ekstra desinfeksjonsmiddel ved Grinda. Dette ble utført og presentert i en selvstendig rapport (Ormerod jan. 1970).

NIVA foreslo samtidig at opplegget for undersøkelsen av slamdannelsen i ledningsnett skulle endres slik at det fremkom opplysninger om hvor mye slam som ble fraktet, og hvor mye av dette som ble produsert i ledningsnettene fra Aurevatn og Østernvatn. Dette ble akseptert og utført, og resultatene er presentert i en selvstendig rapport (Ormerod april 1970).

I konklusjonen under punkt 4.1.4. i denne rapport, presiseres det at ozonets innvirkning på ammoniakk bør undersøkes under vanlige driftsbetingelser; spesielt hvis ammoniakken tilsettes før ozoneringen. Det ble valgt å tilsette ammoniakk før ozon, men så vidt vites er en slik undersøkelse ikke foretatt.

En dosering av ekstra desinfeksjonsmiddel ved Grinda eller et annet sted ute i ledningsnett har hittil heller ikke vært utført (1973). Det har heller ikke vært forsøkt å redusere bakterieveksten ved å øke vannets pH-verdi.

Undersøkelsene beskrevet i 5.5 viste at det skulle være mulig å øke vannets pH-verdi opp mot 9,0 - 9,5 uten tydelig smaksforverring og for stor fargeøkning. Klorresten holdt seg ved denne pH-verdi også på et høyt nivå i lengre tid enn ved lavere pH-verdi. Spørsmålet vil da være om klorresten fremdeles er effektiv mot bakteriene i ledningsnett.

Dette kan best undersøkes ved å øke pH-verdien før sommerperioden med økende vanntemperatur setter inn, og så holde den høy under hele perioden med høy vanntemperatur, for å se om slamproduksjonen blir mindre enn normalt. De fleste vann-bakterier vil vokse hurtigst ved pH-verdier

nær nøytralt (pH = 7), slik at en økning av pH-verdien opp mot 9 - 9,5 i seg selv sannsynligvis vil virke veksthemmende. På den annen side kan det da hende at man anriker for bakterier som kan vokse hurtig ved denne pH-verdi, slik at en kombinasjon av desinfisering og økt pH-verdi vil være å foretrekke.



## 7. LITTERATURLISTE

- Ormerod, Kari 1967: NIVA rapport: O-31 Slamdannelse i vannforsyningsnettet fra Aurevatn, Bærum. Undersøkelser januar 1965 - juli 1966.
- Myhrstad, Jan A. 1967: NIVA rapport: K-2 Desinfisering med klordioksyd. 28. juni 1967.
- Myhrstad, Jan A. 1967: NIVA rapport: K2 Bestemmelse av komponentene i trekomponentsystemet klordioksyd/kloritt/klor 3. juli 1967.
- Hopf, Wilhelm (Düsseldorf): Erfahrungen mit Chlordioxid zur Trinkwasserbehandlung. Wasser-Abwasser 108. Jahrg. Heft 30, 28. Juli 1967, 852-854.
- Tintometer: Tintometer Ltd., Lovibond Comparator Method, "The Determination of Chlorine Dioxide".
- Palin 1958: Palin, A.T. Water and Water Engineering, Jan. 1958, p.p.30.
- Kristiansen, Hans, jan. 68: Korrosjon på kobber i vann som inneholder små mengder ammoniakk.
- Bøhmer, Birgit og Samdal, J.E., 1968: Notat K-2: Smaksprøving av ozonert vann tilsatt forskjellige mengder kloramin.
- Gunnås, K.H. og Samdal, J.E., okt. 1968: NIVA-notat K1-1 Lukt- og smaksprøving av vann fra Aurevatn etter tilsetning av ammoniakk og klor.
- Gunnås, K.H. og Samdal J.E., nov. 1968: Notat. Bestemmelse av luktgrenseverdi (LGV) og smaksgrenseverdi (SGV) i vann fra Aurevatn.
- Samdal, J.E., des. 68: Notat. Vurdering av forhøyet kloramindosering og kalkdosering på vannet fra Aurevatn.
- Myhrstad, J.A and Samdal, J.E: April 1969: J.AWWA vol. 61, No. 4: Behavior and Determination of Chlorine Dioxide.
- Ormerod, Kari, jan. 1970: NIVA-rapport: O-31 Forslag til fremgangsmåte for desinfisering av Aurevatn-nettet ved kloramindosering ved Grinda.
- Ormerod, Kari, april 1970: NIVA-rapport: O-31 Undersøkelse av slamdannelsestendens i Bærum vannverks ledningsnett fra Aurevatn og Østernvatn.

## 8. BILAG I

### DIVERSE UNDERSØKELSER I FORBINDELSE MED KLAGESLAM OG SPYLESLAM FRA BÆRUM VANNVERK

#### FORORD

I løpet av de årene NIVA har arbeidet med problemene ved Bærum vannverk, har vi utført forskjellige analyser forbundet med spesialproblemer som ikke har inngått i rutineundersøkelsene.

Vi har fulgt med i antall klager og klagesteder, samt analysert innlevert klageslam, og har også utført en rekke analyser på spyleslam innlevert av Bærum vannverks personale etter spesialavtale.

Enkeltanalysene er blitt presentert Bærum vannverk i brev, men det har ikke vært en samlet vurdering av disse data. Dette er derfor blitt utført i samband med fremstillingen av denne rapport. Da resultatene ikke har noen betydning for det som er behandlet i den øvrige del av rapporten, blir de presentert som et bilag til denne. Dette bilaget gir imidlertid interessante supplerende opplysninger, som kanskje kan være til nytte i en vurdering av tilstanden i de forskjellige deler av ledningsnettets.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Tabell 19. Opplysninger om ledningsbrudd, lekkasjer, antatte lekkasjer, spyling og klager i perioden fra januar 1966 til og med februar 1969	93-98
Kommentarer til tabell 19	99
Tabell 20. Antall klager pr. år og fordeling av klagesteder for "stygt vann" i Bærum	100
Kommentarer til tabell 20	101
Tabell 21. Fordeling av klager over stygt vann pr. måned i årsperiodene	102
Kommentarer til tabell 21	103
Tabell 22. Spesialanalyser av slam fra Bærum vannverk	104-108
" 23. Hyppighet for forekomst av diverse organismer i forskjellige typer slam	109
Kommentarer til tabellene 22 og 23	110

TABELL 19 Opplysninger om ledningsbrudd, lekkasjer, antatte lekkasjer, spyling og klager i perioden jan. 1966 til og med febr. 1969.

År, uke	Dato	Opplysninger
1966		
Jan. 3-10	6	Herr Sune, Skogfaret 47. Har fortsatt meget stygt vann
Mars 14-20	15	Lunde, Tuengveien 8. Stygt vann
Mars 21-28	23	Fru Berg, Jenshaugveien. Brunt og stygt vann
Aug. 15-21	16	Fru Sune, Skogfaret 47. Stygt vann
	"	Fru Andersen, Fjordveien 67A. Meget stygt vann i flere dager
	"	Angerstveien 18. Stygt vann
	17	Fru Brott, Avløsvn. 10 " "
	"	Harriett Bachers vei, Haslum " "
	"	Grindstuveien 1. " "
	"	Lillereiten, Vestliveien 1. " " i flere dager
	18	Borge, Jenshaugvn. 8 " "
	19	Avløsveien 10 " " i 14 dager
	20	Grindstuvn. 10. Meget stygt vann. Det er flere som klager fra dette strøk
Aug. 22-28	22	Fru Larsen, Jongsstubben 15. Brunt, stygt vann
	23	Haugen, Skogveien 87B. Stygt vann
	24	Sandvold, Oksehovedveien 43 Meget " "
	25	Lindemann, Gl.Drammensvei 190 " "
	"	Sandli, Kirkeveien 46 Meget " "
	"	Vardeveien 11 " "
	26	Stasjonsveien 48 " "
	"	Anton Walles vei Meget " "
	27	Åkebergveien 8 Brunt " "
	"	Kirkeveien 46 " "
	"	Michelets vei 16 Meget " "
	"	Løkkeveien 26 " "
		De siste ukene har klager over brunt og stygt vann tiltatt slik at vannledningsnettets i Aurevatns forsyningsområde vil bli spylt fra neste uke av.

TABELL 19 (Forts.)

Aug. 29- Sept. 4	29.8	Engerjordet	Stygt vann
	"	Bjerkåsen	" "
	"	Nedre Ås	" "
	"	Jongskollen	" "
	"	Bjørnekollen	" "
	"	Bjerkeholtet 5, v/Skog- faret, Løkkeberg	" "
	"	Snoveien, Høvik	" "
	2.9	Fru Øyen, Høvikvn. 41	" " i flere uker
"	Fru Berg, Jongskollen	" " i flere uker	
		Det flyter belegg ovenpå overflaten	
	"	Svendsen, Tuengveien 22. Brunt, stygt vann	
Sept. 5-11		Hovedledningen og nettet i Vestre Bærum spyles denne uken	
	6	Frebel, Halvorsens vei.	Meget stygt vann, har fått ødelagt tøy
Sept. 12-18		Spyling av nettet i Vestre Bærum ble avsluttet denne uke	
	12	Presteveien 10C.	Klager over stygt vann i lengre tid
	14	Berge, Bjerkealleen 13	Stygt vann
Sept. 19-25	19	Njords vei 10, Avløs	" "
	21	Angerstveien 22	" "
	"	Gullbakkveien 1 (Larsen)	" "
	22	Løkentoppen 3, kl. 0090	" "
	"	Løkenlia 15, kl. 1400	" "
	"	Ødelagt vask	" "
	"	B. Johansen, Seljeholtet 30	" "
		Selv etterat spylingen er avsluttet kommer regelmessige klager over stygt og brunt vann.	
Sept. 26- Okt. 2	26	Næss, Sandviksvn. 86.	Meget stygt vann
	"	Seljeholtet 6, Tunes.	Brunt vann i lang tid
	"	Anton Walles vei 28, Dr. Bauge.	Stygt vann
	"	Blommenholmvn. 30.	Stygt og brunt vann, belegg på vannet
	"	Heim, Ringeriksveien 176.	Stygt og ubrukelig vann. Ødelagt klesvask
	27	Pedersen, Ramstadsletta 4.	Stygt vann siden spylingen
	"	Gl.Drammensvei 190, Lindemann.	Stygt vann fremdeles
	28	Skogfaret	Stygt vann
"	Seljeholtet	" "	

TABELL 19 (Forts.)

	28	Oksehovedveien 46. Meget stygt vann. Vannprøve?
	"	Høklie, Bjerkealleen 12B. Meget stygt vann hver dag
	29	Støa, Rudsveien 63. Meget stygt vann. Hente prøve
Okt. 3-9	3	Løkkeåsen. Meget stygt vann
	"	Vallerkroken. " " "
Okt. 10-16	13	Abrahamsen, Kolsåslia. Stygt vann, som kaffe, kl. 15.00. Ødelagt tøy i vask. Endeutspyling etter kl. 14.00
Okt. 17-23	20	Våler, Engerjordet 12. Stygt vann
	"	Dagaliveien 3B " "
Nov. 7-13	7	Nattforbruket gikk opp fra 300 m <sup>3</sup> /h til 380 m <sup>3</sup> /h den 7/11 på grunn av en lekkasje i Løkenlia. Den ble funnet og utestengt den 11/11. Dessuten var det stort dag- og nattforbruk på grunn av fylling av Kolsåsmagasinet denne uke
	7	Borgen, Gartnerveien 34. Meget stygt vann de siste 3 dager (som kaffe).
	8	Blommenholmvn. 30, Bange: Brunt vann
Nov. 14-20		Stort nattforbruk må komme av en større lekkasje; ikke funnet
	18	Støa, Rudsveien 63. Stygt vann
Nov. 21-27		Lekkasjen ikke funnet
Des. 5-11	9	Stengt ute 2 lekkasjer, nattforbruk gikk ned
Des. 19-25		Stort vannforbruk som skyldes etterfylling av Kolsåsmagasinet
Des. 26- Jan. 1	1	Etterfylling fremdeles Stygt vann i Lommedalen
1967		
Jan. 2-8	2	Bamsefaret. Stygt vann
Jan. 23-29	21	Brudd ved Wøyen gård
Mars 6-12		Oppfylling av Kolsåsmagasinet
Mars 13-19		Spyling i hele uken, mindre slam i denne enn i tidligere spylinger
		Spylingen avsluttes
		Stort forbruk p.g.a. spyling og oppfylling av Kolsåsmagasinet

TABELL 19 (Forts.)

Apr. 9-15	13	Øygaardveien 21. Stygt vann		
	15	Nattforbruk ned p.g.a. en utbedret lekkasje i Fjordveien		
Juni 12-18		2 lekkasjer reparert		
Juli 3-9	5	Fru Berg, Blokkveien, Jongskollen: Klaget over at vasken ble ødelagt av mørke partikler		
Juli 10-16	14	Bjerkeholtet 5	Stygt vann	
	15	Blommenholmvn. 25	" "	
	"	Stasjonsveien 26	" "	
	"	Homansvei 37	" "	
	"	Stasjonsveien 49, Mortensen	" "	
Juli 17-23	18	Anton Walles vei 25, Mr. Davies	" "	
	"	Østby, Sandviksåsen	" "	
	19	Engerjordet 96, Johansen	" "	
	"	Kolsåslia, Abrahamsen	" "	
		Spredte klager på stygt vann. Utspyling må til		
Juli 31- Aug. 6		Plaget av måker på Aurevatn (på innsjøen)		
Aug. 7-13	7	Johansen, Engejordet 96. Meget stygt vann (Rørbrudd 6/8)		
	"	Haugen, Skogveien 81B. Stygt vann		
	"	Arnesen, Sjøveien 2B	" "	
	"	Engfaret 8C, Haslum. Meget stygt vann i flere dager		
	8	Valaker, Dr. Barths vei 7	Stygt vann	
	10	Kitty Kiellandsvei 15	" "	
	"	K. Pettersen, Lommedalsvn. 315. Meget	" "	
	11	Harriett Bachersvei 2, Nesheim	" "	
	"	Kitty Kiellandsvei 15	" "	
	12	Kitty Kiellandsvei 10A kl. 1030 Meget	" "	
	"	Kitty Kiellandsvei 12	Brunt	" "
	"	Victor Plathes vei 16	" "	
			Klager over stygt vann	
Aug. 14-20	14	Burten, Vallervn. 78	Meget stygt vann i flere	
	"	dager		
	"	Harriett Bachers vei 2	" "	
	"	Oksehovedveien 4B	" "	
"	Bjerkeholtet 3	" "		

TABELL 19 (Forts.)

	14	Åsterudvn. 82	Stygt vann
	"	Hermansen, Vallerkroken 14	" " lenge
	"	Skogfaret 44	" "
	"	Kitty Kiellandsvei	" "
	"	Kåre Hansen, Vallerkroken 6 dager	Meget " " i 14
	"	Kitty Kiellandsvei 15 dager. Klaget 3 ganger	Meget " " i 14
	15	Waalder, Engerjordet 12	Meget " "
	"	Ing. Hansen, Engerjordet 110	" "
	"	Byråsjef Kvamme, Løkebergvei 15	" "
	"	Skogfaret 47C, Endresen. Brunt vann i 3 uker	
	16	Sune, Skogfaret. Helt ubrukelig vann	
	"	Sandvoll, Oksehovedveien 4B.	Stygt vann
	17	Abrahamsen, Kolsåsli 47	" "
	18	Erik Werenskioldsv. 27	" "
Aug. 21-27	22	Dr. Bauge, Blommenholmvn. 30	" "
	23	Øverlandsvn.	" "
		Spyling har pågått siden 21/8	
Aug. 28-Sept. 3	28	Kirkeveien 72	Stygt vann
	"	Stenstadvold, Bjerkeholtet 11.	Meget stygt vann
	"	Grinibråten, Kirkerudbakken	" " "
	"	Dr. Bauge, Blommenholmvn. 30	" " "
	29	Blomberg, Stasjonsveien 48.	Sandkorn i vannet
	30	Lillian Lorentzen, Engerjordet 11.	Mørkebrunt vann i hele sommer
Sept. 4-10	4	Perdy Thorsen, Lillehagveien 47, Blommenholm.	Brev med klage på stygt vann
Sept. 11-17	12	Hans Øverlandsvei 43A	Stygt vann
	"	Anton Tschudis vei 61	Meget " "
Sept. 18-24	18	Fru Sune, Skogfaret 47	" " "
	"	Fru Vang, Dugnadsvei 19	" " "
	19	Underhaugsvei 59	" " "
	20	Nordstrøm, Kitty Kiellandsvei 15.	Meget stygt vann siden august
	"	Stranden, Skogfaret 43.	Meget stygt vann



TABELL 19 (Forts.)

	22	Laksfoss, Skogfaret 6. Stygt vann
	23	Fru Hansen, Vallerkroken 6, Haslum. Klaget pr. brev på stygt vann
1968		
Mars 4-10		Klorlukt- og smak på vannet i Lommedalen
Mars 11-17		Klorlukt og smak av drikkevannet
Mars 18-24		Stadige klager over sterk klorsmak- og lukt av drikkevannet i Lommedalen
Mars 25-31		Spyling hele denne uken Utbedret en lekkasje i Sandvika og i M. Linges vei
Apr. 1-7		Spyling hele uken Utbedret en lekkasje i Sarbuvollen og i Dragveien
Apr. 15-21	18	Lekkasje utbedret i Sarbuvollveien
Mai 27- Juni 2		Stort vannforbruk på grunn av hagevanning
Juni 10-16		Stort vannforbruk grunnet hagevanning og oppfylling av Kolsåsmagasinet
Okt. 14-20	14	Hovedledningen Aurevatn - Løken spylt om natten Spyling, derav stort vannforbruk
Okt. 21-27		Spyling også denne uken
Okt. 28- Nov. 3		Spyling avsluttet
Nov. 4-10		Lekkasje på Langodden

Kommentarer til tabell 19

Det ser ikke ut til å være noen gjennomført sammenheng mellom klagen og rapporterte lekkasjer og ledningsbrudd. Spyling av ledningsnettene førte ikke til tydelig reduksjon i antall klager i sommer-høst-periodene.

Det tyder på at slammet er under kontinuerlig produksjon i ledningsnettene, og at spyling derfor bare kan gi en kortvarig forbedring av problemene.

Tabell 20. Antall klager pr. år og fordeling av klagesteder for "stygt vann" i Bærum.

Postadresse til klageren	Antall klager			
	1965 Febr.-des.	1966 Hele året	1967 Jan.- sept.	Totalt i perioden
Lommedalen	1	0	1	2
Rykkinn	3	4	0	7
Skui	1	0	0	1
Vøyenenga	7	1	1	9
Sandvika	20	6	2	28
Slependen	4	0	0	4
Gjettum	22	5	4	31
Haslum	52	19	28	99
Blommenholm	43	14	16	73
Høvik	34	10	3	47
Hosle	0	0	1	1
Bekkestua	13	2	1	16
Stabekk	4	2	2	8
Jar	1		1	2
Lysaker	1	1		2
Totalt	206	64	60	330

Kommentarer til tabell 20

Klagerens adresser er registrert som gatenummerets postadresse, slik at det vil være mulig å finne ut om noen distrikter i Bærum er mer utsatt for klager enn andre.

Tabellen viser at Haslum har flest klager, med Blommenholm på annenplass, med henholdsvis 33 og 24% av antall klager. Høvik, Gjøttum og Sandvika kommer i neste gruppe, med fra 15 til 10% av antall klager for hvert sted. De resterende steder har hver under 3% av klagene, bortsett fra Bekkestua som har litt over 5%.

Disse data kan være til hjelp dersom man ønsker å undersøke nærmere om og eventuelt hvorfor enkelte deler av ledningsnettets er mer plaget av slamproblemer enn andre.

Tabell 21. Fordeling av klager over "stygt vann" pr. måned i årsperiodene.

År	Antall klager pr. måned												
	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oktober	November	Desember	Total
1965	-	36	76	8	0	7	37	24	12	2	0	0	204
1966	1	0	2	0	0	0	0	29	24	5	3	0	64
1967	2	0	0	1	0	0	10	37	10	-	-	-	60

Kommentarer til tabell 21

Tabellen viser at året 1965 hadde langt flere klager enn de etterfølgende år, og at det dette år også var en lang periode med mange klager om vinteren. Dette har ikke gjentatt seg i 1966-67.

August og september ser ut til generelt å være de verste klagemånedene, men klagene må ventes å begynne i juli og bli færre igjen i oktober-november. Det foreligger ingen data som kan forklare hvorfor det var en klageperiode vinteren 1965.

Tabell 22. Spesialanalyser av slamprøver fra Berum vannverk.

Dato	Type prøve	Lokalitet	Mørk brunt slam med Hyphomicrobium oë/eller stavbakterier	Rustbrunt slam m/jernbakterier Callionella Leptothrix	Sopp	Protozoer F: flagellater C: ciliater	Større dyr N: nematode H: hjuldyr B: fåbørstemarkk	Kornet, antatt uorganisk materiale	Diverse	mg pr. 100 mg tørrstoff		Fe Mn
										Gløderest (uorganisk)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
1966												
13.sept.	SPYLE-	Løkenhagen		LG XX				XX				
"	SLAM	Løkentoppen I	X	LG XX				XX				
"	"	Løkentoppen II	XX									
"	"	Løktoppen III	X	G X	X							
16.sept.	KLAGE	Dragveien 46	XX			F X	N X					
21.sept.	LEDN.V	Jordbærhaugen	XX				N X					
"	"	Grinda	XX									
"	"	Åmødtgården	XX									
"	"	Fjordveien	XX					X				
"	"	Conradis vei	XX									
"	"	Angerstveien	XX									
23.sept.	"	Jordbærhaugen				F X		X				
"	"	Grinda	XX									
"	"	Åmødtgården	XX									
"	"	Fjordveien	XX									
"	"	Conradis vei	XX									
27.sept.	"	Jordbærhaugen										
"	"	Grinda	X					XX	intet slam turbid			
"	"	Conradis vei	XX					X	litt turbid			
"	"	Fjordveien	XX					X	"			
"	"	Åmødtgården	XX					X	"			
27.sept.	KLAGE	Blommenholm	x									
28.sept.	"	Fudsveien	XX									
"	"	Umerket	X		XX							
"	"	Umerket	X									
"	"	Dragveien 46	XX		X							
7.okt.	KAR	"	XX									
11.okt.	"	"	XX			XX	N,H X					





Tabell 22. Forts. 3

Dato	Type prøve	Lokalitet	Mørk brunt slam med Hyphomicrobium og/eller stavbakterier	Rustbrunt slam m/jernbakterier Gallionella Leptothrix	Sopp	Protozoer F: flagellater C: ciliater	Større dyr N: nematode H: hjuldyr B: fåbørstemaker	Kornet, antatt uorganisk materiale	Diverse	mg pr. 100 mg tørrstoff			Fe Mn
										Gløderest (uorganisk)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>3</sub>	
1967													
21. jan.	KLAGE	Dragveien 46	XX			F	H		Rørbrudd				
6. mars	SPYLE-SLAM	Løken	XX			XX			<u>Siderocapsa</u>	21	4,6		5,1
7. mars	"	Horniveien I	X	LG	X	F, C		Debris, XX	Lyst gråbrunt				
"	"	" II	X		X	F		"	Grått og brunt	6	0,4		12
"	"	Tunheimbakken	XX	LG		XX	N	X					
"	"	Tåjeveien	XX	G		XX							
"	"	Brenneveien	XX			XX		Debris	<u>Siderocapsa</u>				
"	"	Smestad	XX	G	X	F, C							
10. mars	"	Tokerud		LG	X	X		XX		60	26	3,7	8,0
"	"	Grinibråten	X	G		X							
"	"	Kirkerudlia		G		XX			Hvite part.				
"	"	Vinkelveien	X	LG		X	H		Org.debris				
14. mars	"	Grini	X	LG		XX							
"	"	Ramstadsletta		LC		XX							
"	"	Sandviksåsen	X	LG		XX			<u>Siderocapsa</u>				
"	"	Askliveien		LG		XX			Hvite part.				
"	"	Kirkeveien 19	XX	L	X	F	B		<u>Siderocapsa</u>				
"	"	Endekum, Sarbu-vollveien		G		X		XX		64	23	4,9	5,1
"	FRA-	Mikrosilt vann								19	1,7		12
"	FILTR.	Ozonert vann								18	1,3		19
"	KAR	Dragveien 46	XX			X			Spyling				
29. mars	"	"	XX			X							
4. apr.	"	"	XX			F, C							
11. apr.	"	"	XX			X							
16. aug.	KLAGE	Okseshovveien	XX			X	H						

Tabell 22. Forts. 4

Dato	Type prøve	Lokalitet	Mørk brunt slam med Hyphomicrobium og/eller stavbakterier	Rustbrunt slam m/jernbakterier Callionella Leptothrix	Sopp	Protozoer F: flagellater C: ciliater	Støttere dyr N: nematode H: hjuldyr B: fåbørstemaker	Kornet, antatt uorganisk materiale	Diverse	mg pr. 100 mg tørrstoff			Fe Mn
										Gløderest (uorganisk)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>3</sub>	
1968	FLYTE-SLAM	Utløp, renev. magasin											
15. mars	SPYLE-SLAM	Ende, Fjordvn.		G XX				X		I 74 II 75	41 37	0,16 0,16	290 260
25. juli	LEDN.V	Stabekk st.	XX				X						
26. juli	"	Fornebu	XX			F X				39	29	9,8	3,1
31. juli	"	Stabekk st.	XX							76	16	0,5	36
22. aug.	KLAGE	Tiriltoppen 18 Løkenlia	X	C XX				X			22	8,3	3,0
6. sept.	RÅVANH	Filtret vann									23	8,2	3,7
"	MIKROS.	"									30	12,0	2,7
"	OZONERT	"									21	5,9	3,9
"	LEDN.V	Jordberh.filtr.									24	8,2	3,3
"	"	Dragvn.									27	9,0	3,3
"	"	Fornebu											
13. sept.	KLAGE	Skogfaret 47C	XX			F X		X					
19. "	"	Gyssestak. 25	XX	LG X	X					74	8,1	2,8	3,2
1969													
5. aug.	KLAGE	Pedersen, Boyesv. 1	XX	L X		F X	N						
1970.													
16. juli	LEDN.V	Rådhuset, Bærum											
6. okt.	KLAGE	Dragveien 46								37	13	14	1,0
1971													
29. mars	LEDN.V	Jordberh.filtr.											
"	"	Rådhuset											
"	"	Fornebu											
											26	3,9	7,4
											21	2,8	8,2
											19	6	3,5

Tabell 22. Forts. 5

Dato	Type prøve	Lokalitet	Mørk brunt slam med Hyphomicrobium og/eller stavs bakterier	Rustbrunt slam m/jernbakterier <u>Gallionella</u> <u>Leptothrix</u>	Sopp	Protozoer F: flagellater C: ciliater	Større dyr N: nematode H: hjuldyr B: fåbørstermakk	Kornet, antatt uorganisk materiale	Diverse	mg pr. 100 mg tørrstoff			$\frac{Fe}{Mn}$
										Gløderest. (uorganisk)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>3</sub>	
15. apr.	KLAGE	Dragv. varmt v.								38	10	14	0,66
"	"	" kaldt "								31	11	18	0,59
18. aug.	"	"Mark i vannet"					B	X					
Antall undersøkte prøver:		105											
Antall mikroskoperte prøver:		94											
Fordeling av antall observasjoner			80	28	13	34	23	25					
Fordeling i % av antall observasjoner			85	30	14	36	24	27					

Tegnforklaring: X observert  
 XX dominerende  
 G Gallionella  
 L Leptothrix  
 Debris: plante- og dyrestoffer.

Kommentarer til tabellene 22 og 23

Ved slutten av tabell 22 er data sammenstilt slik at de viser hvor hyppig de forskjellige kategorier av organismer og partikler forekommer. Det viser seg at i 85% av prøvene er slammet dominert av mørke brune partikler med innhold av stavbakterier, *Hyphomicrobium* og fargeløse trådbakterier, flere ganger også med innhold av *Siderocapsa*. 30% av de undersøkte prøver inneholdt *Leptothrix* og *Gallionella*, hvorav sistnevnte er en sikker indikasjon på tilstedeværelse av to-verdige jernsalter, ofte dannet ved korrosjon av metallisk jern.

14% av prøvene inneholdt sopphyfer, og dette tyder på tilstedeværelse av organisk stoff, partikulært og/eller oppløst.

36% av prøvene inneholdt protozoer; som oftest zooflagellater, men også frittlevende og fastsittende ciliater, som lever av partikulært organisk stoff. Det er uklart i hvilken grad zooflagellatene kan være istand til å nyttiggjøre seg oppløst, organisk stoff i lave konsentrasjoner.

24% av prøvene inneholdt større mikroorganismer, hyppigst nematoder, men også fåbørstemakker og hjuldyr ble observert. Dessuten inneholdt en rekke prøver debris av krepsdyr og kiselalger. Dette kan være rester av organismer fra råvannet, men krepsdyrene kan også ha hatt ledningsnettets som tilholdssted.

27% av prøvene inneholdt kornet, antatt uorganisk materiale som i de fleste tilfeller ble vurdert å være "rust". Noen prøver inneholdt gråhvite partikler som gjorde vannet turbid, og andre inneholdt små, hvite, skumplastliknende partikler.

Data fra tabell 22 kan også systematiseres i henhold til type prøve. Dette er utført, og resultatene sammenstilt i tabell 23.

Etter en slik systematisering ser man at de mørke brune partikler med innhold av *Hyphomicrobium* og stavbakterier er karakteristisk for klageslam og slam fra oppsamlingskaret, og for frafiltrerbart materiale fra ledningsvannet, men i mindre grad karakteristisk for spyleslammet.

Tabell 23. Hyppighet for forekomst av diverse organismer i forskjellige typer slam.

Sammensetning av prøven	Prosentvis fordeling			
	Spyle slam	Klage slam	Kar	Ledn. vann
Mørke brune partikler med innhold av stavbakterier, fargeløse trådbakterier, <u>Hyphomicrobium</u> og <u>Siderocapsa</u>	71	100	100	96
Lysere brunt slam med inn- hold av <u>Gallionella</u> og <u>Leptothrix</u>	75	32	19	0
Sopp	3	16	6	8
Protozoer	6	32	62	11
Større dyr (inkl. debris)	1	42	25	29
Kornet, antatt uorganisk stoff	5	26	0	32

Spyleslammet var karakterisert ved høyt innhold av lyse brune partikler med indikatororganismer for to-verdige jernsalter. Da det i dette ledningsnett ikke benyttes grunnvann til vannkilde, er den sannsynligste forklaringen at de brune partiklene dannes ved korrosjon av metallisk jern i ledningssystemet.

Sopp fremkom hyppigst i klageslam. Sopp vil gjerne vokse i ansamlet slam, så dette kan tyde på at det foregår en ansamling av slam enkelte steder i ledningsnett, og at det vesentlig er videreføring av slike ansamlinger som fører til klager.

Protozoer forekom hyppigst i slam fra karet. I bakteriebelegget på karetts vegger og bunn har protozoer og større dyr et ypperlig tilholdssted, og strømhastigheten av vannet er ubetydelig slik at de ikke lett føres ut av karet. Tilstedeværelse av disse dyrene i karet er derfor ingen indikasjon på at de finnes i store mengder i ledningsnett. Klageslam inneholdt imidlertid også store mengder protozoer.

Større dyr forekom hyppigst i klageslam, men også hyppig i ledningsvannet. Sammen med den relativt hyppige forekomst av protozoer, tyder dette på at ledningsnett er betydelig infisert med slike dyr. De kan leve der fordi bakteriebelegget og det oppsamlede materialet fra råvannet gir dem rikelig tilgang på næringsstoffer.

Spyleslammet inneholdt få dyr.

Kornet, antatt uorganisk materiale, ble funnet oftest i ledningsvann, og også i klageslam. Det var ikke registrert i slam fra karet, og det tyder på at materialet var tungt og ikke så lett ble ført med vannet, men at det opptrådte mer lokalt i ledningsnett ved spesielle situasjoner. De fleste av ledningsvanns-prøvene ble mikroskopert fordi det ble observert partikler på bunnen av prøveflaskene, og de er derfor indikasjon på "unormale" tilstander i nett. Dette er antakelig grunnen til at kornet materiale ble funnet så hyppig i ledningsvanns-prøvene.

Analysen av tørrstoff, gløderest, jern og mangan

Disse analyseverdier representerer spesialprøver som ikke er medtatt i de foregående vurderinger. Resultatene lar seg ikke så lett systematisere, men det er en tendens til skille mellom spyleslam og de øvrige slamtyper. Spesielt er spyleslam med stort innhold av *Gallionella* karakterisert med høyt innhold av jern i forhold til mangan, og en stor gløderest. Dette har sin årsak i oksydasjonen av oppløste, to-verdige jernsalter til uløselige jernoksyder (rust), og har som før nevnt sannsynligvis sammenheng med korrosjon i ledningssystemet. Det resterende slam viser liten forskjell fra det som allerede er omtalt i hoveddelen av rapporten.

9. BILAG II

TABELLER MED GRUNNDATA OG DATA SOM ER PRESENTERT I FIGURFORM  
I RAPPORTENS HOVEDDEL.

	Side
A 1 Analyser fra rutineprøvesteder, kimtall	1-8
A 2 Analyser fra rutineprøvesteder, pH	9-14
A 3 Analyser fra rutineprøvesteder, farge	15-20
A 4 Analyser fra rutineprøvesteder, klorrest	21-26
C 1 Frafiltrerbart stoff, Dragveien. Vann fra ledning	27-31
C 2 Frafiltrerbart stoff, Dragveien. Vann fra slamsamler	32-37
B 1 Klorbehovsanalyser med og uten $\text{NH}_3$ -tilsats. Mikrosilt, ozonert og kalket vann fra Aurevatn renseanlegg	38
B 2 Total restklor-konsentrasjon etter tilsats av $\text{NH}_3$ og $\text{Cl}_2$ til mikrosilt, ozonert og kalket vann fra Aurevatn renseanlegg	39
B 3 Klorrest, etter forskjellige målemetoder, som funksjon av tiden, ved forskjellige doseringsmengder av $\text{Cl}_2:\text{NH}_3$ i vektforholdet 3:1, til mikrosilt, ozonert, men <u>ikke</u> kalket vann	40
B 4 Ozons innvirkning på ammoniakk i vann	41
B 5-7 Undersøkelser av korrosjon på kobber i vann som inneholder små mengder ammoniakk:	
B 5 Konstant neddypping	42
B 6 Vekselsvis neddypping	42



DATO	JORD- I BARH.	GRINDA I	AMODTGD. I	DRAGVN. I	FJORDVN. I	KNABBE- I RUD	STABEKK I	FORNERU I	EIKS- I MARKA
1966 9 20	I	I	I	170.+1	I	I	I	I	I
1966 9 21	I	I	160.+1	I	170.+1	I	I	I	I
1966 9 23	I	I	550.+1	I	130.+1	I	I	I	I
1966 9 27	I	I	200.+1	I	170.+1	I	I	I	I
1966 9 29	I	I	I	180.+1	I	I	I	I	I
1966 9 30	I	I	150.+1	I	700.+0	I	I	I	I
1966 10 2	I	I	I	110.+1	I	I	I	I	I
1966 10 3	I	I	I	130.+1	I	I	I	I	I
1966 10 7	I	I	I	100.+1	I	I	I	I	I
1966 10 10	I	I	120.+1	I	I	I	I	I	I
1966 10 11	I	I	820.+0	I	480.+0	I	I	I	I
1966 10 12	I	I	I	885.+0	I	I	I	I	I
1966 10 13	I	I	730.+0	I	I	I	I	I	I
1966 10 14	I	I	I	640.+0	I	I	I	I	I
1966 10 15	I	I	600.+0	I	580.+0	I	I	I	I
1966 10 17	I	I	I	720.+0	I	I	I	I	I
1966 10 18	I	I	I	740.+0	I	I	I	I	I
1966 10 20	I	I	I	790.+0	I	I	I	I	I
1966 10 22	I	I	I	440.+0	I	I	I	I	I
1966 10 24	I	I	480.+0	I	280.+0	I	I	I	I
1966 10 25	I	I	I	610.+0	I	I	I	I	I
1966 10 27	I	I	870.+0	I	500.+0	I	I	I	I
1966 10 28	I	I	I	940.+0	I	I	I	I	I
1966 10 29	I	I	I	I	110.+1	I	I	I	I
1966 10 31	I	I	130.+1	I	I	I	I	I	I
1966 11 1	I	I	I	940.+0	I	I	I	I	I
1966 11 2	I	I	110.+1	I	840.+0	I	I	I	I

TARELL A1 SIDF 2

KIMTALL (KIM/ML )

RUTINEPRØVESTEDER

ANALYSER FRA

DATE	JORD- I BARTH.	GRINDA I GRINDA	AMODTGD. I AMODTGD.	DRAGVN. I DRAGVN.	FJORDVN. I FJORDVN.	KNABBE- I KNABBE- HUC	STABEKK I STABEKK	FORNERU I FORNERU	EIKS- I EIKS- MARKA
1966 11 3	I	I	I	520.+0	I	I	I	I	I
1966 11 4	I	180.+1	170.+1	I	190.+1	I	I	I	I
1966 11 7	I	310.+1	110.+1	I	110.+1	I	I	I	I
1966 11 9	I	160.+2	510.+1	I	280.+1	I	I	I	I
1966 11 10	I	I	I	220.+1	I	I	I	I	I
1966 11 11	I	160.+2	120.+2	I	900.+1	I	I	I	I
1966 11 12	I	I	I	170.+1	I	I	I	I	I
1966 11 14	I	I	I	180.+1	I	I	I	I	I
1966 11 15	I	140.+2	330.+2	I	I	I	I	I	I
1966 11 16	I	I	I	140.+1	I	I	I	I	I
1966 11 18	I	260.+2	980.+1	I	290.+2	I	I	I	I
1966 11 21	I	I	I	280.+1	I	I	I	I	I
1966 11 22	I	260.+2	160.+2	I	100.+2	I	I	I	I
1966 11 23	I	I	I	220.+1	I	I	I	I	I
1966 11 25	I	360.+1	720.+1	I	960.+1	I	I	I	I
1966 11 29	I	820.+1	850.+1	I	320.+1	I	I	I	I
1966 11 30	I	I	I	200.+1	I	I	I	I	I
1966 12 2	I	150.+2	110.+2	I	140.+2	I	I	I	I
1966 12 5	I	160.+2	660.+1	I	730.+1	I	I	I	I
1966 12 6	I	I	I	I	I	I	I	I	I
1966 12 9	I	220.+1	330.+1	I	590.+1	I	I	I	I
1966 12 12	I	240.+2	160.+2	I	100.+1	I	I	I	I
1966 12 13	I	I	I	450.+1	I	I	I	I	I
1966 12 16	I	140.+2	100.+2	I	440.+1	I	I	I	I
1966 12 20	I	560.+1	630.+1	I	320.+1	I	I	I	I
1966 12 21	I	I	I	350.+1	I	I	I	I	I
1966 12 29	I	I	I	I	I	I	I	I	I
1966 12 30	I	210.+1	420.+1	I	I	I	I	I	I
1967 1 4	I	I	I	230.+1	I	I	I	I	I

TABELL A1 SIDE 3

KIMTALL (KIM/ML )

RUTINEPRØVESTEDER

ANALYSER FRA

DATO	JORD- I BARH.	GRINDA I	AMONTGD. I	DRAGVN. I	FJORDVN. I	KNABBE- I RUD	STABEKK I	FORNERU I	EJKS- I MARKA
1967	1 6	150.+1	108.+2	460.+1	880.+0	680.+1	I	I	I
1967	1 11	130.+0	340.+1	278.+1	350.+1	200.+1	I	I	I
1967	1 13	130.+0	340.+1	278.+1	350.+1	200.+1	I	I	I
1967	1 17	750.+0	170.+2	230.+2	970.+1	150.+2	I	I	I
1967	1 20	750.+0	170.+2	230.+2	970.+1	150.+2	I	I	I
1967	1 24	450.+1	330.+2	210.+2	310.+1	210.+2	I	I	I
1967	1 27	450.+1	330.+2	210.+2	310.+1	210.+2	I	I	I
1967	2 3	490.+1	160.+2	150.+2	380.+1	150.+2	I	I	I
1967	2 7	110.+2	170.+2	620.+1	490.+1	560.+1	I	I	I
1967	2 10	320.+1	680.+1	600.+1	320.+1	580.+1	I	I	I
1967	2 17	320.+1	680.+1	600.+1	490.+1	580.+1	I	I	I
1967	2 22	380.+1	230.+2	170.+2	320.+1	910.+1	I	I	I
1967	2 24	380.+1	230.+2	170.+2	320.+1	910.+1	I	I	I
1967	2 28	300.+1	700.+1	540.+1	490.+2	290.+1	I	I	I
1967	3 3	340.+0	950.+1	620.+1	490.+0	540.+1	I	I	I
1967	3 7	340.+0	950.+1	620.+1	490.+0	540.+1	I	I	I
1967	3 10	130.+2	200.+1	400.+1	100.+1	I	I	I	I
1967	3 14	130.+2	200.+1	400.+1	100.+1	I	I	I	I
1967	3 17	840.+0	260.+1	430.+1	I	230.+1	I	I	I
1967	3 29	840.+0	260.+1	430.+1	I	230.+1	I	I	I
1967	3 31	840.+0	260.+1	430.+1	I	230.+1	I	I	I
1967	4 5	200.+0	.	.	370.+0	150.+1	I	I	I
1967	4 7	200.+0	.	.	370.+0	150.+1	I	I	I
1967	4 11	29.+0	300.+0	200.+0	270.+0	130.+1	I	I	I
1967	4 14	29.+0	300.+0	200.+0	270.+0	130.+1	I	I	I
1967	4 19	240.+0	410.+1	1380.+1	I	L230.+1	I	I	I
1967	4 21	240.+0	410.+1	1380.+1	I	L230.+1	I	I	I





DATO	JORD- I BÅRH.	GRINDA I	AMODTGD. I	DRAGVN. I	FJORDVN. I	KNABBE- I	RUD I	STABEKK I	FORNERU I	ETKS- MARKA
1968 2 9	140.+0	S210.+1	570.+0	L570.+1	I	L720.+1	I	20.+0	I	6.+0
1968 2 16	20.+0	304.+0	660.+0	160.+1	I	800.+0	I	43.+0	I	10.+0
1968 2 21	28.+0	84.+0	120.+1	150.+1	I	110.+1	I	150.+0	I	31.+0
1968 2 28	11.+0	32.+0	I	I	I	I	I	210.+0	I	6.+0
1968 3 5	19.+0	31.+0	400.+0	170.+0	I	140.+0	I	20.+0	I	14.+0
1968 3 8	70.+0	92.+0	8.+0	37.+0	I	162.+0	I	50.+0	I	5.+0
1968 3 15	150.+0	110.+0	15.+0	25.+0	I	82.+0	I	73.+0	I	8.+0
1968 3 22	85.+0	86.+0	28.+0	210.+0	I	120.+0	I	S260.+1	I	6.+0
1968 3 29	7.+0	7.+0	3.+0	430.+0	I	56.+0	I	70.+0	I	5.+0
1968 4 19	74.+0	55.+0	58.+0	S290.+1	I	110.+0	I	S160.+1	I	4.+0
1968 4 26	13.+0	7.+0	13.+0	I	I	64.+0	I	S500.+0	I	5.+0
1968 5 3	120.+0	86.+0	28.+0	530.+0	I	110.+0	I	S350.+1	I	9.+0
1968 5 10	60.+0	22.+0	30.+0	S980.+0	I	250.+0	I	S270.+1	I	12.+0
1968 5 15	95.+0	38.+0	15.+0	360.+0	I	46.+0	I	210.+0	I	9.+0
1968 5 24	31.+0	8.+0	S850.+0	S130.+1	I	290.+0	I	S260.+1	I	8.+0
1968 5 31	170.+0	130.+0	690.+0	S280.+1	I	270.+0	I	S150.+1	I	15.+0
1968 6 7	14.+0	16.+0	160.+0	770.+0	I	250.+0	I	150.+0	I	12.+0
1968 6 14	17.+0	26.+0	270.+0	I	I	260.+0	I	280.+0	I	11.+0
1968 6 21	52.+0	31.+0	480.+0	670.+0	I	140.+0	I	600.+0	I	9.+0
1968 6 28	110.+0	95.+0	S140.+1	680.+0	I	180.+0	I	I	I	22.+0
1968 7 5	39.+0	24.+0	S210.+1	L650.+0	I	50.+0	I	I	I	10.+0
1968 7 12	240.+0	80.+0	S200.+1	S150.+1	I	230.+0	I	L100.+1	I	120.+0
1968 7 19	250.+0	100.+0	160.+1	110.+1	I	470.+0	I	110.+1	I	110.+0
1968 7 26	230.+0	97.+0	200.+0	410.+1	I	220.+1	I	190.+1	I	18.+0

KIMTALL (KIM/ML)

FRA RUTINEPRØVESTEDER

ANALYSER

TABELL A1:

***** DATO *****	***** I JURU- *****	***** I GRINDA *****	***** I AMOUTGD. *****	***** I DRAGVN. *****	***** I FJORDVN. *****	***** I KNABBE- *****	***** I STABEKK *****	***** I FORNERU *****	***** I ETKS- *****
1968 6	260.+0	240.+0	460.+1	S130.+2	I	L660.+1	200.+1	510.+1	72.+0
1968 8	110.+0	C300.+0	L620.+1	L560.+1	I	S280.+2	L440.+1	320.+1	120.+0
1968 8	140.+0	300.+0	L500.+1	S170.+2	I	S270.+2	650.+0	S100.+2	98.+0
1968 8	65.+0	150.+0	400.+1	S930.+1	I	S400.+2	78.+0	L580.+1	6.+0
1968 8	28.+0	83.+0	200.+1	S130.+2	I	S5720.+2	310.+0	S160.+2	9.+0
1968 9	30.+0	150.+0	110.+1	260.+2	I	S100.+1	750.+0	S120.+2	15.+0
1968 9	420.+0	110.+0	250.+1	S240.+2	I	S540.+2	480.+1	S100.+2	11.+0
1968 9	320.+0	S970.+0	270.+1	S200.+2	I	S5520.+2	5830.+1	S120.+1	17.+0
1968 9	130.+0	100.+1	420.+1	S180.+2	I	I	I	I	30.+0
1968 10	240.+0	660.+0	S980.+1	S130.+2	I	200.+2	110.+1	S860.+1	40.+0
1968 10	110.+0	S100.+1	S130.+2	490.+1	I	400.+1	700.+0	530.+1	23.+0
1968 10	180.+0	S130.+1	S160.+2	S140.+2	I	120.+0	76.+0	160.+1	33.+0
1968 10	120.+0	130.+1	S250.+2	600.+1	I	700.+0	210.+1	330.+1	13.+0
1968 11	77.+0	150.+1	S310.+2	S190.+2	I	570.+0	630.+1	150.+2	26.+0
1968 11	98.+0	170.+1	S220.+2	S160.+2	I	900.+0	470.+1	770.+1	18.+0
1968 11	75.+0	100.+1	S280.+2	S230.+2	I	920.+0	660.+1	S100.+2	30.+0
1968 11	390.+0	740.+0	S320.+2	330.+2	I	490.+0	670.+1	S160.+2	27.+0
1968 11	48.+0	410.+0	S240.+2	S260.+2	I	I	S120.+2	S190.+2	11.+0
1968 12	17.+0	240.+0	S130.+2	S100.+2	I	460.+0	230.+1	600.+1	15.+0
1968 12	120.+0	130.+0	620.+1	S920.+1	I	360.+0	350.+1	540.+1	6.+0
1968 12	63.+0	29.+0	S140.+2	100.+2	I	700.+0	200.+1	300.+1	40.+0
1969 1	43.+0	180.+0	I	470.+1	I	500.+0	240.+1	350.+1	12.+0
1969 1	20.+0	100.+0	I	610.+1	I	450.+0	950.+0	150.+1	19.+0

KIMTALL (KTM/ML )

RUTINEPRØVESTEDER

FRA ANALYSEK

***** DATO	***** I JORU-	***** I GKINDA	***** I AMODTGD.	***** I DRAGVN.	***** I FJORDVN.	***** I KNABBE-	***** I STABEKK	***** I FORNEPU	***** I EIKS-	***** I MARKA
* 1969	* I 17 I 130.+0	* I 120.+0	* I 150.+1	* I 330.+1	* I 280.+0	* I 110.+1	* I 200.+1	* I 6.+0	* I 200.+1	* I 6.+0
* 1969	* I 24 I 45.+0	* I 79.+0	* I 290.+1	* I 340.+1	* I 360.+0	* I 220.+1	* I 280.+1	* I 17.+0	* I 280.+1	* I 17.+0
* 1969	* I 31 I 47.+0	* I 81.+0	* I 290.+1	* I 590.+1	* I 490.+0	* I 460.+1	* I 700.+1	* I 8.+0	* I 700.+1	* I 8.+0
* 1969	* I 7 I 12.+0	* I 61.+0	* I 300.+1	* I 550.+1	* I 250.+0	* I 230.+1	* I 700.+1	* I 8.+0	* I 700.+1	* I 8.+0
* 1969	* I 17 I 24.+0	* I 24.+0	* I 500.+0	* I 5150.+1	* I 300.+0	* I 480.+0	* I 110.+1	* I 8.+0	* I 110.+1	* I 8.+0
* 1969	* I 24 I 25.+0	* I 40.+0	* I 490.+0	* I 120.+1	* I 300.+0	* I 530.+0	* I 800.+0	* I 5.+0	* I 800.+0	* I 5.+0



TABELL A2 SIDE 1

( )

(

PH

RUTINEPRØVESTEDER

FRA

ANALYSER

TABELL A2: (

DATE	JORD- BARTH.	GRINDA	AMODTGD.	DRAGVN.	FJORDVN.	KNABBE- RUD	STABEKK	FORNERU	EIKS- MARKA
1966 12 16	7.8	7.8	7.5		7.2				
1966 12 20	8.0	7.5	7.3	7.3	7.3				
1966 12 21				7.3					
1966 12 29				7.4					
1966 12 30	7.8	7.6	7.3						
1967 1 4				7.0					
1967 1 6	7.0	7.0	6.9	6.9	6.8				
1967 1 11	7.0	7.1	6.9	6.9	6.9				
1967 1 13				7.1					
1967 1 17	7.4	7.1	7.0	6.9	7.0				
1967 1 20	7.4	7.5	7.5		7.2				
1967 1 24				7.1					
1967 1 27				7.1					
1967 2 3	7.1	7.0	7.0	7.1	7.0				
1967 2 7	7.3	7.2	7.2	7.0	7.1				
1967 2 10	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1				
1967 2 17	7.0	6.9	6.9	7.0	6.9				
1967 2 22				7.0					
1967 2 24				7.0					
1967 2 28				7.0					
1967 3 3	7.3	7.2	7.1	7.0	7.1				
1967 3 7				7.0					

TARFLI A2 SIDE 2

TABELL A2: ANALYSER FRA RUTINEPRØVESTEDER PH ( )

DATO	I JORL- I BARTH.	I GRINDA I	I AMOUTGD. I	I DRAGVN. I	I FJORDVN. I	I KNABBE- I RUD	I STABEKK I	I FORNEPU I	I ETKS- I MARKA
1967	3 10	6.8	6.8	7.0	6.8	6.8			
1967	3 14	7.0	7.0	7.0					
1967	3 17	7.0	7.0	7.0					
1967	3 29	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0			
1967	3 31	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0			
1967	4 5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0			
1967	4 7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0			
1967	4 11	7.3	7.3	7.3	7.1	7.1			
1967	4 14	7.3	7.2	7.2	7.2	7.2			
1967	4 21	7.3	7.1	7.1	7.1	7.1			
1967	4 28	7.4	7.3	7.3	7.2	7.2			
1967	5 19	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1			
1967	5 23	7.0	7.2	7.2	7.1	7.1			
1967	5 26	7.0	7.1	7.1	7.2	7.2			
1967	5 31	7.0	7.1	7.1	7.2	7.2			
1967	6 2	7.2	7.1	7.1	7.2	7.2	7.3	7.3	7.3
1967	6 7	7.0	7.1	7.1	7.2	7.2	7.1	7.1	7.1
1967	6 9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	7.1	7.0	7.0
1967	6 16	6.8	6.8	6.8	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0
1967	6 21	6.8	6.8	6.8	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0
1967	6 23	6.8	6.8	6.8	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0
1967	6 30	6.8	6.8	6.8	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0
1967	7 7	6.5	6.5	6.5	6.7	6.7	7.0	6.8	6.0
1967	7 14	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	6.7	5.9
1967	7 21	6.6	6.7	6.7	6.7	6.8	6.7	6.7	5.7
1967	7 31	7.0	6.8	6.6	6.6	6.8	6.8	6.8	5.9

TABELL A2 SIDE 3

)

(

PH

RUTINEPRØVESTEDER

FRA

ANALYSEK

A2: DATO

DATO	I JORD- I BARK.	I GRINDA	I AMODTGN.	I DRAGVN.	I FJORDVN.	I KNABBE- I RUD	I STABEKK	I FORNEPU	EIKS- MARKA
1967 8 4	7.1	7.0	6.8			6.9	6.9	6.8	6.0
1967 8 11	7.0	6.9	6.9			7.0	7.0	7.0	6.0
1967 8 17			6.9	7.0		7.0	7.0	6.9	6.0
1967 8 18	7.0	7.0	7.0	7.0		7.2	6.8	6.9	5.8
1967 8 25	7.1	6.9	7.0						
1967 9 1	6.9	6.9	6.9	7.1		7.1	7.0	7.1	5.7
1967 9 8	7.0	7.0	7.0	6.9		7.1	7.0	6.9	5.8
1967 9 15	6.5	7.1	7.0	7.1		7.2	7.0	7.1	5.8
1967 9 22	7.7	7.4	6.9	7.2		7.3	7.0	7.1	5.8
1967 9 29	7.6	7.3	7.2	7.3		7.3	7.2	7.1	6.0
1967 10 6	7.7	7.3	7.2	7.3		7.4	7.2	7.1	6.1
1967 10 13	6.8	7.1	7.0			7.0	7.0	7.0	5.9
1967 10 14			7.0	6.9		6.8	7.0	7.0	6.0
1967 10 20	7.8	7.0	7.0	6.8		7.4	7.1	7.2	6.1
1967 10 27	7.5	7.4	7.2	7.2		7.4	7.1	7.2	6.1
1967 11 3	7.5	7.5	7.1	7.2		7.4	7.2	7.2	6.0
1967 11 10	7.8	7.5	7.5	7.1		7.6	7.3	7.3	6.2
1967 11 17	7.7	7.2	7.5			7.5	7.3	7.2	6.0
1967 11 24	7.0	7.2	6.9			7.1	7.1	7.1	6.0
1967 12 1	7.0	7.0	7.0	6.8		7.2	7.1	7.1	5.9
1967 12 9	7.3	7.2	7.1	7.0		7.3	7.2	7.2	6.3
1967 12 15	7.3	7.2	7.2	7.1		7.2	7.2	7.1	6.1
1967 12 19	6.9	6.9	6.9	6.8		7.3	7.2	7.2	6.0
1967 12 27		6.8	6.8				7.0	6.7	6.1
1968 1 5	6.7	6.8	6.8	6.8		6.8	6.9	6.8	6.1

TABELL A2 SIDF 4

( )

PH

FRA RUTINEPRØVESTEDER

ANALYSEK ( )

DATO	JORD- I BARKH.	GRINDA I	AMODTGD. I	DRAGVN. I	FJORDVN. I	KNABBE- I RUD	STABFKK I	FORNERU I	MARKA I	FKS- I
1968	1 12	6.6	6.6	6.8	I	6.8	I	6.8	I	6.1
1968	1 19	6.6	6.6	6.6	I	6.7	I	6.7	I	6.1
1968	1 26	7.2	7.2	7.0	I	7.2	I	6.8	I	6.5
1968	2 2	6.6	6.6	6.7	I	6.7	I	6.7	I	6.0
1968	2 9	6.9	6.7	6.7	I	6.8	I	6.7	I	6.0
1968	2 16	7.1	6.8	6.8	I	7.1	I	6.8	I	6.0
1968	2 21	7.1	7.0	7.0	I	7.0	I	6.8	I	6.2
1968	2 28	6.9	6.9	7.0	I	7.0	I	6.9	I	5.9
1968	3 8	7.0	6.9	6.9	I	7.0	I	7.0	I	5.9
1968	3 15	7.2	7.0	7.0	I	7.2	I	7.1	I	6.0
1968	3 22	7.1	7.1	7.1	I	7.2	I	7.1	I	6.0
1968	3 29	7.0	7.1	7.0	I	7.0	I	7.0	I	5.8
1968	4 5	7.1	7.0		I	7.2	I	7.0	I	6.0
1968	4 19	7.3	7.1	7.0	I	7.1	I	7.1	I	5.9
1968	4 26	7.1	6.9	7.2	I	7.0	I	7.1	I	6.0
1968	5 10	7.0	7.2	6.9	I	7.1	I	6.8	I	6.0
1968	5 15	7.0	6.9	6.9	I	7.0	I	6.9	I	6.0
1968	5 24	6.9	6.9	7.1	I	7.1	I	7.0	I	6.0
1968	5 31	7.0	6.9	6.9	I	7.0	I	6.9	I	6.0
1968	6 7	6.8	6.7	6.7	I	6.6	I	6.5	I	5.9
1968	6 14	6.9	6.9	6.9	I	7.0	I	6.9	I	6.0
1968	6 21	6.9	6.8	6.9	I	7.1	I	6.9	I	5.8
1968	6 28	6.9	7.1	7.0	I	7.0	I	6.7	I	5.8
1968	7 5	7.1	7.0	6.8	I	6.8	I	6.7	I	5.7

TARFELL A2 SIDE 5

TARFELL A2 SIDE 5

( )

PH

RUTINEPRØVESTEDER

FRA

ANALYSER

A2:

TABLL

LATO	JURD- I BARH.	GRINDA I GRINDA	AMOUTGD. I AMOUTGD.	DRAGVN. I DRAGVN.	FJORDVN. I FJORDVN.	KNABBE- I KNABBE-	RUD I RUD	STABEKK I STABEKK	FORNERU I FORNERU	EIKS- I EIKS-	MARKA I MARKA
1968	7.2	7.1	7.0	6.8	I	6.9	6.8	6.6	6.6	6.0	I
1968	6.1	6.3	6.3	6.6	I	6.6	6.7	6.7	6.7	6.1	I
1968	7.3	6.1	6.9	6.8	I	7.2	7.0	7.0	7.0	5.9	I
1968	7.0	6.7	6.6	6.8	I	I	7.0	6.9	6.9	6.6	I
1968	7.3	7.4	7.2	7.2	I	7.3	7.2	7.1	7.1	6.2	I
1968	7.1	7.3	7.2	7.2	I	7.3	7.2	7.2	7.2	6.3	I
1968	7.2	7.2	7.0	7.1	I	7.2	7.1	7.0	7.0	6.2	I
1968	7.2	7.2	7.1	7.2	I	7.4	7.1	7.0	7.0	6.2	I
1968	7.0	6.9	6.8	6.9	I	7.0	6.8	6.7	6.7	5.9	I
1968	7.1	7.0	6.6	6.9	I	7.0	6.9	6.9	6.9	5.9	I
1968	7.1	7.1	7.0	7.1	I	7.3	7.0	7.0	7.0	6.0	I
1968	7.3	7.1	7.0	7.0	I	7.4	7.0	6.9	6.9	5.9	I
1968	8.1	7.6	7.0	7.1	I	7.7	7.0	7.0	7.0	6.0	I
1968	8.0	7.8	7.5	7.2	I	7.6	7.0	7.1	7.1	6.0	I
1968	8.3	7.8	7.4	7.3	I	7.5	7.1	7.3	7.3	6.2	I
1968	8.4	8.3	7.4	7.2	I	8.1	7.1	7.1	7.1	6.2	I
1968	7.6	7.5	7.1	7.1	I	7.3	7.1	7.0	7.0	6.2	I
1968	7.5	7.6	7.2	7.1	I	7.2	7.1	7.0	7.0	6.1	I
1968	7.7	7.7	7.3	7.3	I	7.6	7.2	7.0	7.0	6.1	I
1968	7.5	7.6	7.1	7.2	I	7.3	7.2	7.1	7.1	6.1	I
1968	7.3	7.1	7.0	7.2	I	7.3	7.2	7.1	7.1	6.2	I
1968	7.3	7.2	7.0	7.0	I	7.2	7.0	6.9	6.9	6.2	I
1968	6.8	6.9	6.8	7.0	I	7.1	7.0	7.8	7.8	6.0	I
1968	7.9	7.2	7.0	7.1	I	7.2	7.0	6.9	6.9	6.3	I
1969	7.3	7.2	7.3	7.3	I	7.4	7.3	7.1	7.1	6.3	I

TABELL A2: ANALYSEK FRA RUTINEPRØVESTEDER PH ( ) TABELL A2 SIDE 6

***** * DATO *****	***** * I JORL- ***** * I BARTH. *****	***** * I GRINDA I ***** * I I *****	***** * I AMODTGD. ***** * I I *****	***** * I DRAGVN. ***** * I I *****	***** * I FJORDVN. ***** * I I *****	***** * I KNABBE- ***** * I I *****	***** * I SIABEKK I ***** * I I *****	***** * I FORNERU I ***** * I I *****	***** * I EIKS- ***** * I MARKA *****
***** * 1969 *****	***** * 1 10 *****	***** * I 7.0 *****	***** * I 7.1 *****	***** * I 7.2 *****	***** * I I *****	***** * I 7.3 *****	***** * I 7.1 *****	***** * I 6.9 *****	***** * I 6.1 *****
***** * 1969 *****	***** * 1 17 *****	***** * I 7.5 *****	***** * I 7.3 *****	***** * I 7.2 *****	***** * I I *****	***** * I 7.4 *****	***** * I 7.2 *****	***** * I 7.2 *****	***** * I 6.2 *****
***** * 1969 *****	***** * 1 24 *****	***** * I 9.1 *****	***** * I 7.6 *****	***** * I 7.3 *****	***** * I I *****	***** * I 7.6 *****	***** * I 7.3 *****	***** * I 7.3 *****	***** * I 6.3 *****
***** * 1969 *****	***** * 1 31 *****	***** * I 7.5 *****	***** * I 7.3 *****	***** * I 7.3 *****	***** * I I *****	***** * I 7.8 *****	***** * I 7.4 *****	***** * I 7.4 *****	***** * I 6.3 *****
***** * 1969 *****	***** * 2 7 *****	***** * I 6.4 *****	***** * I 6.4 *****	***** * I 6.8 *****	***** * I I *****	***** * I I *****	***** * I 7.1 *****	***** * I 6.8 *****	***** * I 6.0 *****
***** * 1969 *****	***** * 2 17 *****	***** * I 6.4 *****	***** * I 6.4 *****	***** * I 6.5 *****	***** * I I *****	***** * I 6.5 *****	***** * I 6.6 *****	***** * I 6.4 *****	***** * I 6.0 *****
***** * 1969 *****	***** * 2 24 *****	***** * I 6.4 *****	***** * I 6.4 *****	***** * I 6.4 *****	***** * I I *****	***** * I 6.4 *****	***** * I 6.6 *****	***** * I 6.4 *****	***** * I 6.0 *****

TABELL A3: ANALYSEK FRA RUTINEPRØVESTEDER FARGE (GRAD.H ) TAPPELL A3 SIDE 1

DATO	JORL- I BARTH.	GRINDA	AMODTGP.	DRAGVN.	FJORDVN.	KNABBE- I RUD	STABEKK	FORNERU	EIKS- MARKA
1966	12 16		19.0						
1966	12 20	20.0	15.0		12.0				
1966	12 21	17.0		14.0	12.0				
1966	12 29			12.0					
1966	12 30	21.0	21.0						
1967	1 4			20.0					
1967	1 6	27.0	29.0	29.0	26.0				
1967	1 11		30.0	20.0					
1967	1 13	35.0			25.0				
1967	1 17	13.0	9.0	14.0	10.0				
1967	1 20								
1967	1 24	16.0	15.0	10.0	27.0				
1967	1 27								
1967	2 3	10.0	12.0	12.0	12.0				
1967	2 7			10.0					
1967	2 10	16.0	9.0	10.0	11.0				
1967	2 17	14.0	12.0		12.0				
1967	2 22			12.0					
1967	2 24	15.0	14.0		13.0				
1967	2 28			12.0					
1967	3 3	22.5	15.0						
1967	3 7			20.3	13.0				

TABELL A3 SIDE 2

(GRAD.H )

FARGE

RUTINEPRØVESTEDER

FRA ANALYSER

DATO

DATO	JORD- I BARTH.	JORD- I GRINDA	AMOUTGD. I GRINDA	DRAGVN. I DRAGVN.	FJORDVN. I FJORDVN.	KNABBE- I KNABBE-	RUD I RUD	STABEKK I STABEKK	FORNERU I FORNERU	EIKS- I EIKS-	MARKA I MARKA
1967	3 10	15.0	17.3	13.0	18.0	14.3	10.6	12.1	15.0	17.0	13.5
1967	3 14	12.0	12.0	11.0	14.3	10.6	12.1	15.0	17.0	13.5	13.5
1967	3 17	12.0	12.0	11.0	14.3	10.6	12.1	15.0	17.0	13.5	13.5
1967	3 29	13.5	13.5	13.5	12.1	10.6	12.1	15.0	17.0	13.5	13.5
1967	3 31	13.5	13.5	13.5	12.1	10.6	12.1	15.0	17.0	13.5	13.5
1967	4 5	16.5	17.6	16.5	12.1	12.1	12.1	15.0	17.0	13.5	13.5
1967	4 7	16.5	17.6	16.5	12.1	12.1	12.1	15.0	17.0	13.5	13.5
1967	4 11	18.5	17.6	16.5	12.1	12.1	12.1	15.0	17.0	13.5	13.5
1967	4 14	17.0	18.5	16.0	12.1	12.1	12.1	15.0	17.0	13.5	13.5
1967	4 21	16.5	15.0	13.5	12.1	12.1	12.1	15.0	17.0	13.5	13.5
1967	4 28	20.9	22.9	20.9	19.7	17.0	17.0	19.7	19.7	19.7	19.7
1967	5 5	17.6	17.6	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
1967	5 13	4.5	6.0	5.4	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
1967	5 16	26.3	26.3	27.0	33.2	3.9	3.9	33.2	33.2	33.2	33.2
1967	5 19	19.4	22.3	20.9	19.4	22.9	20.0	19.4	19.4	19.4	19.4
1967	5 23	17.6	20.0	17.6	16.5	22.9	20.0	17.6	17.6	17.6	17.6
1967	5 26	15.0	19.4	15.0	16.5	20.0	20.0	19.4	19.4	19.4	19.4
1967	5 31	16.5	19.4	16.5	16.5	20.0	20.0	17.6	17.6	17.6	17.6
1967	6 2	19.4	22.3	20.9	19.4	22.9	20.0	19.4	19.4	19.4	19.4
1967	6 7	17.6	20.0	17.6	16.5	22.9	20.0	17.6	17.6	17.6	17.6
1967	6 16	15.0	19.4	15.0	16.5	20.0	20.0	19.4	19.4	19.4	19.4
1967	6 21	16.5	19.4	16.5	16.5	20.0	20.0	17.6	17.6	17.6	17.6
1967	6 23	16.5	19.4	16.5	16.5	20.0	20.0	17.6	17.6	17.6	17.6
1967	6 30	19.4	19.4	16.5	16.5	20.0	20.0	17.6	17.6	17.6	17.6
1967	7 7	19.4	20.0	24.7	22.9	20.0	20.0	23.7	23.7	23.7	23.7
1967	7 14	17.0	17.0	22.9	19.4	19.4	19.4	29.8	29.8	29.8	29.8



TABELL A3 SIDF 3

(GRAD.H )

FARGE

RUTINEPRØVESTEDER

FRA ANALYSER

TABELL A3: ANALYSER

DATE	JORD- I BARH.	GRINDA I	AMOUTGD. I	DRAGVN. I	FJORDVN. I	KNABBE- I	RUD I	STABEKK I	FORNERU I	FIKS- I	MARKA I
1967	7 21	15.6	16.5			20.0	19.4	20.3	18.5	22.9	
1967	7 31	20.0	29.3			19.4		18.5	18.5	26.3	
1967	8 4	20.9	98.0			20.0		21.5	19.4	25.3	
1967	8 11	22.3	34.0			20.9		22.3	22.3	27.0	
1967	8 17			25.3							
1967	8 18	20.9	32.5			23.7		25.3	21.5	27.5	
1967	8 25	19.4	77.5			19.4		32.5	20.0	25.3	
1967	9 1	20.9	25.3			17.6		24.7	17.6	25.3	
1967	9 8	22.9	23.7			22.3		28.5	16.5	25.3	
1967	9 15	17.6	27.0			18.5		27.0	16.5	25.3	
1967	9 22	20.9	20.9			16.5		19.4	16.5	23.7	
1967	9 29	25.3	22.3			18.5		20.9	15.6	24.7	
1967	10 6	25.3	27.0			20.9		19.4	20.0	23.7	
1967	10 13	18.5	17.6			16.5				22.3	
1967	10 14		20.9					22.9	16.5		
1967	10 20	19.4	19.4			18.5		19.4	16.5	28.5	
1967	10 27	19.4	17.6			17.6		16.5	17.0	26.3	
1967	11 3	20.9	20.9			19.4		15.0	17.0	36.6	
1967	11 10	25.3	22.9			26.3		19.4	21.5	30.8	
1967	11 17	22.3	20.9			19.4		19.4	18.5	20.8	
1967	11 24	20.9	17.6			20.9		20.9	19.4	29.8	
1967	12 1	17.6	15.0			20.0		18.5	17.6	31.6	
1967	12 9	19.4	17.6			17.6		17.6	16.5	34.8	
1967	12 15	22.3	20.9			17.6		15.0	15.0	31.6	
1967	12 19	22.3	21.5			25.3		21.5	22.3	32.5	

TABELL A3 SIDF 4

(GRAD.H)

FARGE

RUTINEPRØVESTEDER

FRA ANALYSER

TABELL A3: DATO

DATO	JURC- I BARK.	SKINDA I	AMOTTGD. I	DRAGVN. I	FJORDVN. I	KNABBE- I	RUD I	STAHEKK I	FORNERU I	FIKS- MARKA		
1967	12	27	I	25.5	I	18.8	I	18.8	I	18.0	I	37.5
1968	1	5	I	20.0	I	19.5	I	17.3	I	18.8	I	41.3
1968	1	12	I	24.5	I	35.0	I	27.5	I	23.8	I	41.3
1968	1	19	I	20.0	I	22.0	I	24.5	I	23.8	I	40.0
1968	1	26	I	28.5	I	20.0	I	25.5	I	20.0	I	33.3
1968	2	2	I	19.5	I	16.3	I	18.0	I	17.3	I	34.5
1968	2	9	I	15.3	I	18.8	I	22.0	I	18.0	I	33.3
1968	2	16	I	22.0	I	20.0	I	23.8	I	20.0	I	43.5
1968	2	21	I	20.0	I	18.0	I	22.0	I	18.8	I	35.0
1968	2	28	I	19.5	I	16.3	I	21.0	I	18.0	I	28.5
1968	3	8	I	15.0	I	15.0	I	15.0	I	15.0	I	20.0
1968	3	15	I	16.0	I	17.0	I	16.0	I	15.0	I	26.0
1968	3	22	I	17.0	I	17.0	I	14.0	I	17.0	I	26.0
1968	3	29	I	17.0	I	15.0	I	13.0	I	11.0	I	24.0
1968	4	5	I	27.5	I	18.8	I	22.0	I	20.0	I	31.5
1968	4	19	I	22.0	I	20.0	I	21.0	I	21.0	I	31.5
1968	4	26	I	18.8	I	19.5	I	23.8	I	18.8	I	29.3
1968	5	10	I	23.8	I	22.8	I	25.5	I	20.0	I	45.8
1968	5	15	I	19.5	I	21.0	I	22.8	I	24.5	I	34.5
1968	5	24	I	22.8	I	24.5	I	23.8	I	24.5	I	30.5
1968	5	31	I	16.3	I	15.3	I	18.8	I	18.0	I	29.3
1968	6	7	I	17.3	I	14.5	I	14.5	I	14.5	I	31.5
1968	6	14	I	18.8	I	22.8	I	21.0	I	18.8	I	31.5

TABELL A3 SIDE 5

(GRAD.H )

FARGE

RUTINEPRØVESTEDER

FRA

ANALYSER

TABELL A3:

DATO	JORD- I BARH.	JORD- I	GRINDA I	AMOUTGD. I	DRAGVN. I	FJORDVN. I	KNABBE- I	RUD I	STABEKK I	FORNERU I	EIKS- I	MARKA I
1968	6 21	11.3	11.3	10.5	12.0	12.0	10.5	10.5	13.8	10.5	10.5	22.0
1968	6 28	12.0	31.5	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	17.8	10.5	10.5	22.0
1968	7 5	15.3	10.5	9.0	10.5	10.5	43.5	43.5	21.0	12.0	12.0	17.3
1968	7 12	12.0	12.0	13.0	17.3	17.3	11.3	11.3	29.3	14.5	14.5	21.0
1968	7 19	23.8	11.3	9.0	10.5	10.5	13.0	13.0	45.8	13.8	13.8	23.8
1968	7 26	21.0	19.5	25.5	20.0	20.0	20.0	20.0		39.5	39.5	25.5
1968	8 2	22.0	28.0	32.0	24.0	24.0		24.0	32.0	33.0	33.0	33.0
1968	8 9	24.0	26.0	28.0	22.0	22.0	24.0	24.0	20.0	26.0	26.0	29.0
1968	8 16	17.0	22.0	24.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	26.0
1968	8 23	19.0	15.0	19.0	18.0	18.0	15.0	15.0	15.0	13.0	13.0	23.0
1968	8 30	17.0	19.0	19.0	20.0	20.0	20.0	20.0	15.0	16.0	16.0	26.0
1968	9 6	9.0	11.0	12.0	17.0	17.0	10.0	10.0	4.0	9.0	9.0	19.0
1968	9 13	26.0	28.0	26.0	28.0	28.0	26.0	26.0	24.0	23.0	23.0	35.0
1968	9 20	11.0	15.0	9.0	13.0	13.0	11.0	11.0	9.0	11.0	11.0	21.0
1968	9 27	10.0	13.0	11.0	15.0	15.0	10.0	10.0	16.0	10.0	10.0	20.0
1968	10 4	15.0	16.0	11.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	14.0	14.0	21.0
1968	10 11	11.0	12.0	12.0	14.0	14.0	13.0	13.0	15.0	12.0	12.0	20.0
1968	10 18	19.0	16.0	22.0	17.0	17.0	17.0	17.0	19.0	24.0	24.0	28.0
1968	10 25	16.0	17.0	16.0	14.0	14.0	15.0	15.0	13.0	14.0	14.0	22.0
1968	11 1	12.0	14.0	15.0	16.0	16.0	16.0	16.0	19.0	12.0	12.0	26.0
1968	11 8	11.0	12.0	38.0	10.0	10.0	31.0	31.0	11.0	33.0	33.0	24.0
1968	11 15	12.0	11.0	14.0	9.0	9.0	11.0	11.0	8.0	9.0	9.0	21.0
1968	11 22	19.0	15.0	14.0	13.0	13.0	10.0	10.0	12.0	11.0	11.0	24.0
1968	11 29	10.0	11.0	11.0	9.0	9.0	10.0	10.0	9.0	8.0	8.0	22.0
1968	12 6	12.0	15.0	13.0	11.0	11.0	11.0	11.0	14.0	10.0	10.0	25.0

TABELL A3 SIDE 6

(GRAD.H )

FARGE

RUTINEPRØVESTIFDER

FRA

ANALYSEK

A3:

TABELL

DATO	JORU- I BARH.	GRINDA I	AMODTGD. I	DRAGVN. I	FJORDVN. I	JORDVN. I	KNABBE- I	RUD I	STABEKK I	FORNERU I	EIKS- I	MARKA I
1968 12 13	I 11.0	I 12.0	I 12.0	I 12.0	I 12.0	I 14.0	I 13.0	I 11.0	I 11.0	I 11.0	I 22.0	I 22.0
1968 12 20	I 12.0	I 8.0	I 8.0	I 11.0	I 11.0	I 11.0	I 11.0	I 6.0	I 6.0	I 6.0	I 21.0	I 21.0
1969 1 3	I 6.0	I 4.0	I 9.0	I 6.0	I 6.0	I 4.0	I 4.0	I 4.0	I 4.0	I 4.0	I 15.0	I 15.0
1969 1 10	I 8.0	I 9.0	I 9.0	I 10.0	I 10.0	I 8.0	I 11.0	I 8.0	I 8.0	I 8.0	I 19.0	I 19.0
1969 1 17	I 15.0	I 16.0	I 13.0	I 14.0	I 14.0	I 12.0	I 20.0	I 13.0	I 13.0	I 13.0	I 22.0	I 22.0
1969 1 24	I 26.0	I 28.0	I 24.0	I 19.0	I 19.0	I 21.0	I 20.0	I 20.0	I 20.0	I 20.0	I 32.0	I 32.0
1969 1 31	I 14.0	I 14.0	I 11.0	I 11.0	I 11.0	I 14.0	I 11.0	I 11.0	I 11.0	I 11.0	I 20.0	I 20.0
1969 2 7	I 11.0	I 12.0	I 12.0	I 14.0	I 14.0	I 9.0	I 15.0	I 14.0	I 14.0	I 14.0	I 22.0	I 22.0
1969 2 17	I 9.0	I 8.0	I 10.0	I 9.0	I 9.0	I 9.0	I 11.0	I 9.0	I 9.0	I 9.0	I 20.0	I 20.0
1969 2 24	I 11.0	I 11.0	I 11.0	I 12.0	I 12.0	I 9.0	I 11.0	I 9.0	I 9.0	I 9.0	I 19.0	I 19.0

TARELL A4 SIDE 1

KLORREST (MG/L )

FRA RUTINEPRØVESTEDER

ANALYSER

DATE	JORD- I BARH.	GRINDA I	AMODTGD. I	DRAGVN. I	FJORDVN. I	KNABBE- I	RUD I	STABEKK I	FORNERU I	EJKS- MARKA
1966 10 11	1.30	1.30	1.00							
1966 10 13	.50	1.00	1.00		1.00					
1966 10 14				.80						
1966 10 15				.90						
1966 10 17	.50	.90	.70		M .10					
1966 10 18				.90						
1966 10 20				.60						
1966 10 25	1.80	1.80	1.50		.90					
1966 10 28	1.80	1.50	1.50		1.30					
1966 10 31	1.50	1.50	1.00		1.00					
1966 11 2	2.00	2.00	1.80		1.50					
1966 11 4	2.00	2.00	2.00		1.80					
1966 11 7	2.00	2.00	1.50	1.30	1.20					
1966 11 9	1.20	.70	.80		.50					
1966 11 11	2.00	2.00	1.80		1.80					
1966 11 15	.00	.00	1.00							
1966 11 18	2.00	1.70	2.00	1.80	1.60					
1966 11 22	2.10	.90	1.50		2.00					
1966 11 25	1.50	1.40	1.60		1.80					
1966 11 29	1.40	2.30	1.80		1.20					
1966 12 2	2.20	.80	1.90		2.00					
1966 12 5	1.70	2.00	2.00		1.50					
1966 12 9	1.80	1.80	.30		2.00					
1966 12 12	2.00	2.10	1.50		.20					
1966 12 16	1.20	2.00	1.60		.80					
1966 12 20	2.00	2.00	.50		2.00					



TARELL A4 SIDE 3

KLORREST (MG/L )

RUTINEPRØVESTEDER

FRA ANALYSER

TABELL A4:

DATE	TIME	ANALYSER	FRA	RUTINEPRØVESTEDER	KLORREST (MG/L)	DRAGVN.	FJORDVN.	KNABBE-	RUD	STABEKK	FORNERU	ETKS-	MARKA
1967	4 14	I	JORU-	I	I	I	.70	I	I	I	I	I	I
1967	4 21	I	BARH.	I	I	I	.00	I	I	I	I	I	I
1967	5 5	I		I	I	I	.10	I	I	I	I	I	I
1967	5 13	I		I	I	I	.20	I	I	I	I	I	I
1967	5 16	I		I	I	I	.40	I	I	I	I	I	I
1967	5 19	I		I	I	I	.20	I	I	I	I	I	I
1967	5 26	I		I	I	I	.20	I	I	I	I	I	I
1967	5 31	I		I	I	I	.50	I	I	I	I	I	I
1967	6 2	I		I	I	I	.20	I	I	I	I	I	I
1967	6 7	I		I	I	I	.30	I	I	I	I	I	I
1967	6 9	I		I	I	I	1.10	I	I	I	I	I	I
1967	6 16	I		I	I	I	.50	I	I	I	I	I	I
1967	6 21	I		I	I	I	.40	I	I	I	I	I	I
1967	6 23	I		I	I	I	.90	I	I	I	I	I	I
1967	6 30	I		I	I	I	.00	I	I	I	I	I	I
1967	7 21	I		I	I	I	.40	I	I	I	I	I	I
1967	7 31	I		I	I	I	.60	I	I	I	I	I	I
1967	8 4	I		I	I	I	.50	I	I	I	I	I	I
1967	8 11	I		I	I	I	.70	I	I	I	I	I	I
1967	8 18	I		I	I	I	.50	I	I	I	I	I	I
1967	8 25	I		I	I	I	.90	I	I	I	I	I	I
1967	9 1	I		I	I	I	.80	I	I	I	I	I	I
1967	9 8	I		I	I	I	.50	I	I	I	I	I	I
1967	9 15	I		I	I	I	.70	I	I	I	I	I	I
1967	9 22	I		I	I	I	.70	I	I	I	I	I	I

TABELL A4 SIDE 4

KLORREST (MG/L)

RUTINEPRØVESTIFDER

ANALYSER FRA

DATO	JORU- I PARH.	GRINDA I	AMODTGD. I	DRAGVN. I	FJORDVN. I	KNABBE- I	RUD I	STABEKK I	FORNERU I	EIKS- I	MARKA
1967	9 29	1.20	.90	.80	.80	.90	.90	.40	.60	.00	.00
1967	10 6	.90	.80	.60	.60	.70	.70	.30	.50	.00	.00
1967	10 14	.90	.80	.80	.80	.50	.50	.10	.30	.10	.10
1967	10 20	.90	.80	.80	.10	.70	.70	.10	.30	.10	.10
1967	10 27	.90	.80	.60	.60	.50	.50	.30	.50	.10	.10
1967	11 3	.80	.00	.50	.60	.50	.50	.20	.40	.10	.10
1967	11 10	.00	.00	.00	.00	.10	.10	.00	.00	.00	.00
1967	11 17	.60	.50	.50	.50	.50	.50	.10	.40	.00	.00
1967	11 24	.60	.70	.50	.50	.50	.50	.30	.30	.00	.00
1967	12 1	1.10	1.10	.90	1.00	.40	.40	.30	.40	.30	.30
1967	12 9	1.00	1.00	.80	.90	.90	.90	.40	.70	.00	.00
1967	12 15	.10	.00	.10	.70	.50	.50	.50	.80	.10	.10
1967	12 19	.50	.60	.60	.40	.00	.00	.00	.00	.20	.20
1967	12 27		.00	.00	.40	.10	.10	.10	.40	.10	.10
1968	1 5	.10	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1968	2 16	.15	.05	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.02	.02
1968	2 21	.13	.08	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03	.03
1968	2 28	.35	.30	.07	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1968	3 5	.45	.35	.25	.15	.09	.09	.00	.00	.01	.01
1968	3 8	.40	.35	.25	.13	.25	.25	.00	.00	.00	.00
1968	3 15	.35	.35	.22	.13	.25	.25	.00	.00	.00	.00
1968	3 22	.27	.24	.14	.08	.13	.13	.00	.00	.01	.01
1968	3 29	.30	.30	.15	.06	.14	.14	.00	.00	.01	.01



TARFELL A4 SIDE 5

KLORREST (MG/L)

RUTINEPRØVESTEDER

ANALYSEK FRA

DATO	JORD- I BARH.	GRINDA	I AMODTGD.	I DRAGVN.	I FJORDVN.	I KNABBE-	RUD	I STABEKK	I FORNERU	EIKS- I MARKA
1968	4	5					.08	.00	.00	.00
1968	4	19		.00			.05	.00	.00	.00
1968	4	26		.00			.02	.00	.00	.00
1968	5	3		.00			.03	.00		.00
1968	5	15		.00			.03	.00		.00
1968	5	24		.00			.00	.00		.00
1968	5	31		.00			.03	.00		.00
1968	6	7					.00			.00
1968	6	14					.05			.00
1968	6	21					.04			.04
1968	7	5					.04			.05
1968	7	12					.00			.03
1968	7	19					.01	.25	.03	.01
1968	7	26		.02			.01	.18	.13	.04
1968	8	2							.04	
1968	8	9		.01			.06	.03	.03	
1968	8	16		.02			.02	.00	.02	
1968	8	23		.00			.00	.00	.00	.02
1968	8	30		.00			.01	.00	.00	.03
1968	9	6		.00			.00	.00	.00	.07
1968	9	13		.00			.00	.00	.00	
1968	9	20		.00			.00	.00	.00	
1968	9	27		.00			.00	.00	.00	.12

TARELL A4 SIDE 6

( MG/L ) KLORREST

RUTINEPRØVESTEDER

FRA ANALYSER

TABELL A4:

DATE	I JORD- I BARTH.	I GINDA I I	I AMODTGD. I	I DRAGVN. I	I FJORDVN. I	I KNABBE- I RUD	I STABEKK I	I FORNERU I	I ETKS- I MARKA
1968 10 11	.25	.13	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.08
1968 10 18	.28	.17	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03
1968 10 25	.25	.20	.00	.00	.00	.04	.00	.00	.02
1968 11 1	.25	.20	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.04
1968 11 8	.28	.22	.00	.00	.00	.04	.00	.00	.03
1968 11 15	.28	.22	.00	.00	.00	.07	.00	.00	.02
1968 11 22	.28	.23	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03
1968 11 29	.28	.18	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03
1968 12 6	.30	.24	.00	.00	.00	.09	.00	.00	.03
1968 12 13	.25	.22	.00	.00	.00	.07	.00	.00	.10
1968 12 20	.25	.22	.00	.00	.00	.11	.00	.00	.02
1969 1 3	.25	.20	.00	.00	.00	.06	.00	.00	.04
1969 1 10	.22	.20	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.04
1969 1 17	.24	.20	.00	.00	.00	.07	.00	.00	.03
1969 1 24	.20	.15	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03
1969 1 31	.20	.15	.00	.00	.00	.05	.00	.00	.03
1969 2 7	.20	.15	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.02
1969 2 17	.24	.20	.00	.00	.00	.07	.00	.00	.03
1969 2 24	.24	.20	.00	.00	.00	.10	.00	.00	.02