

F E M S J Ø E N

En regulert rademt sjø i Haldensvassdraget.

av

Per Edgar Sønsterud

Hovedoppgave i limnologi til  
matematisk-naturvitenskapelig embetseksamen 1968<sup>I</sup>.

FORORD

Vårsemesteret 1966 ble Femsjøen i samråd med professor dr. Strøm valgt ut som område for mitt hovedfagsarbeid. Professor Strøm formidlet deretter kontakt for meg med Norsk institutt for vannforskning som på den tid foretok undersøkelser i sjøen.

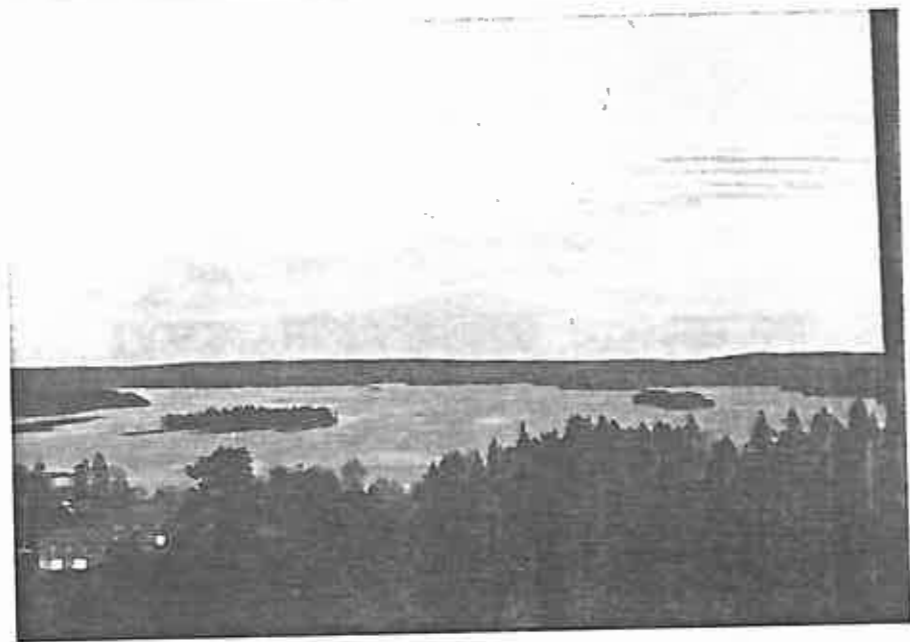
Ved Norsk institutt for vannforskning vil jeg spesielt takke cand. real. H. Holtan for de opplysninger som han har stillet til min disposisjon.

Videre vil jeg takke direktør Paulsen-Næss i Halden Hovedvassdrags Brukseierforening for de data som han har latt meg få anledning til å benytte.

Ved Limnologisk institutt vil jeg spesielt få takke universitetslektor dr. Kjensmo for den veiledning som jeg har fått under utarbeidelsen av denne avhandling.

Oslo, våren 1968.

*Per Edgar Sønsterud*  
Per Edgar Sønsterud



FEMSJÖEN SETT FRA SYD

INNHOILDSFORTEGNELSE

	SIDE
INNLEDNING	6
VASSDRAGSBESKRIVELSE OG HISTORIKK	8
GEOLOGI	10
KVARTÆRGEOLOGI OG GEOMORFOLOGI	14
BATYGRAFI	26
METEOROLOGI	33
HYDROLOGI	38
ISFORHOLD	44
METODIKK	53
TERMIKK	
Temperaturgangen i sjøen	56
Varmeinnhold	63
Varmebudsjettene	67
OPTIKK	
Innsjøens farge	69
Vannets farge	70
Turbiditet	73
Siktedyp	74
KMnO <sub>4</sub> -FORBRUK	77
OKSYGEN	79
HÅRDHET	86
KLORID	91
ALKALINITET	92
SPESIFIKK LEDNINGSEVNE	93
AKTIV REAKSJON	98

	SIDE
JERN OG MANGAN	105
FOSFAT OG NITRAT	109
BIOLOGISKE FORHOLD	
Relikter	111
Plankton	113
Bunnprøve	115
Bakterier	116
Littoralvegetasjon	116
SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	118
HYDROGRAFISKE TABELLER OG DIAGRAMMER	122
LITTERATURLISTE	161

## INNLEDNING

Da jeg skulle starte mine observasjoner fra Femsjøen, hadde Norsk institutt for vannforskning - heretter forkortet til NIVA - foretatt en observasjon fra sjøen. Denne var foretatt 9. november 1965 - og samme dato var det foretatt en foreløpig opplodding med ekkolodd. Senere foretok NIVA 3 observasjoner til, hvorav jeg var med for to av dem, undersøkelsen 12. mai ble jeg ikke varslet om.

Fra og med mars 1966 ble det således utført observasjoner stort sett en gang hver måned - disse ble til og med august måned foretatt i sjøens sydlige parti. Observasjonsperioden regnes derfor fra mars, men verdiene fra november året før er også tildels benyttet.

Ved den siste mer fullstendige ekko-opplodding av Femsjøen viste det seg at det dypeste parti av sjøen var lenger nord i sjøen enn der observasjonene til da var utført. Helland (1875) hadde allerede før århundreskiftet funnet dyp på 52 m i sjøen, men det ble jeg først klar over senere. Etter samråd med dr. Kjensmo ble de senere undersøkelser foretatt over sjøens dypeste parti - og likeledes ble undersøkelsesperioden forlenget noen måneder. Undersøkelsene ble først avsluttet i september 1967.

De observasjoner som jeg foretok hver gang var over: Temperatur, oksygen, total hårdhet, calcium hårdhet, spesifikk ledningsevne, aktiv reaksjon, vannets farge, innsjøens farge og siktedyp. Observasjoner over jern ble tatt fra og med november måned unntatt en gang. Observasjoner over  $\text{KMnO}_4$ -forbruk ble utført en gang og over alkalinitet 2 ganger - alt over største dyp. Planktontrekk ble foretatt 4 ganger og bunnprøve ble hentet opp en gang.

Ved NIVA ble det også tatt observasjoner for turbiditet, fosfat, nitrat, klorid og mangan, observasjoner over calcium hårdhet ble det ikke foretatt ved NIVA. Videre ble det foretatt observasjoner over innsjøens farge og siktedyp bare siste gang av NIVA.

Det ble foretatt observasjoner fra tre av tilsigene til sjøen - derav hovedtilsiget som er Haldensvassdraget. Gjennomstrømmingen av dette vassdraget viste seg tidlig å ha stor innflytelse på forholdene i sjøen. En gang ble det samme dag tatt observasjoner fra partiet syd i sjøen som blir berørt av gjennomstrømmingen og lenger nord i sjøen hvor innflytelsen av den er mindre.

For de observasjonene der variasjonene har vært beskjedne - i relasjon til usikkerheten ved nevnte observasjon - er isopletdiagram for disse utelatt. Observasjonene er satt opp grafisk og tabellarisk. Da det ble byttet observasjonssted i løpet av undersøkelsesperioden, er observasjonene fra rett før og etter dette forbundet med stiplede linjer på isopletdiagrammene.

Bekkeprøvene fra Rjør og Tue, refererer seg til at prøvene er tatt der bekkene renner forbi disse gårdene.

Noe godt topografisk kart over nedslagsfeltet har jeg ikke funnet, og av den grunn utelatt et slikt kart i oppgaven.

Berggrunnen og kvartæravsetningene er usedvanlig godt undersøkt i dette området - av et stort antall geologer. Dette arbeid bygger vesentlig på disses arbeider angående de geologiske forhold.

Forholdene i Femsjøens store nedslagsfelt er forsøkt omtalt noe fyldigere i omegnen nærmest sjøen, enn for de mer perifere lokaliteter.

## VASSDRAGSBESKRIVELSE OG HISTORIKK

Rygh (1897) hevder at det neppe er tvil om at første ledd i gårdsnavnet Fismedal er det gamle navn på elven som renner ut i Femsjøen nordøst ved Tue. Han hevder videre at det er sannsynlig at Femsjøen er oppkalt etter den, og at Femsjøens opprinnelige navn kan ha vært Fismi eller Fismir.

Femsjøen ligger i Haldensvassdragets nedre del - rett før det ender ved Iddefjorden. Sjøen ligger i dag i Halden kommune - før kommunesammenslutningen 1. januar 1967 i Idd og Berg. Vassdraget er både regulert og kanalisert - av Haldensvassdragets kanalselskap i 1850-1870 årene, - senere av Halden Hovedvassdrags Brukseierforening.

Kanaliseringen av vassdraget ble påbegynt i 1852 etter initiativ av Engebret Soot og varte i 25 år. Steinselva - mellom Aspern og Femsjøen gikk før kanaliseringen i små fosser og stryk, men disse ble ved kanaliseringen konsentrert ved Krappeto og Brekke - med fall på respektive 14 m og 12 m - begge hadde 4 sluser. Disse anleggene ble ødelagt av flom i 1861, - men gjenoppbygd i 1873-77.

Senere, i 1924, ble Brekke kraftstasjon anlagt og de to fallene konsentrert der. Etter at Krappeto-slusene ble nedlagt fikk man ved Brekke etter sigende verdens høyeste sammenhengende slusetrapp - den består av 4 sluser på til sammen 26,6 m.

Å kommentere Haldensvassdraget uten å nevne "Turisten" - "Femsjøens hvite svane" - faller vanskelig. Skipet trafikkerte vassdraget mellom Femsjøen og Skulerud i Høland - og har vært med på å gjøre vassdraget kjent. Denne ruten har vært beskrevet av flere - bl.a. i Den Norske Turistforenings årbøker (1911 og 1955). Turisten trafikkerte vassdraget (unntatt noen få år) fra 1887 til 1963 - for så i desember 1967 å bli senket på Femsjøens bunn.

Det har fra kanalanlegget ble ferdig vært gods- og persontrafikk i vassdraget - og hadde tidligere i så henseende



en ikke uvesentlig betydning for de bygdene som grenset opp til vassdraget.

Foruten Brekke sluser har man i vassdraget en sluse ved Strømsfoss på 2,5 m og 3 sluser ved Ørje på tilsammen 9,9 m; - slik at vassdraget tilsammen har sluser på 39 m.

Langs vassdraget er det anlagt flere kraftstasjoner - alt er utbygd. Den største stasjonen ligger ved Femsjøens utløp, Tistedalsfoss med ca. 20.000 kW. Brekke kraftstasjon med avløp til Femsjøen følger så med 8.000 kW. De øvrige kraftstasjoner er mindre - fra ca. 1.000 kW eller mindre.

Flere av sjøene i vassdraget er regulerte og magasinene for disse utgjør samlet 136,76 mill. m<sup>3</sup>. (Se kap. om hydrologi).

Haldensvassdraget har meget stor betydning som tømmerfløtningselv, allerede på 1300-tallet ble det fløtet tømmer fra Høland til Halden (Parmer 1959). Nå fløtes det årlig ca. 250.000 m<sup>3</sup>, av disse kommer ca. 60-70.000 m<sup>3</sup> over fra Store Le. Tidligere ble det her benyttet en kanal - i det Haldensvassdraget står i forbindelse med kanalsystemet i Dalsland i Sverige, men i dag fraktes tømmeret over land fra Store Le og til Haldensvassdraget (Parmer 1959).

Av kartet s. 41 går det også frem at Haldensvassdraget står i forbindelse med Mangenvassdraget gjennom Grasmø Kanal. Det er det eldste kanalanlegg i Norge - fra 1849 (Parmer 1959).

Femsjøen er drikkevannskilde for Halden.

## GEOLOGI

Hele nedslagsfeltets berggrunn ligger i det sydøst-norske grunnfjellsområde og består av gneis og granitt; - gneisen utgjør den alt overveiende del. Av det geologiske kartet s. 12 (Bryn 1961) går det frem at det bare er nord i området, øst for Mjærmen, og i syd ved Iddefjorden at det er større granittområder.

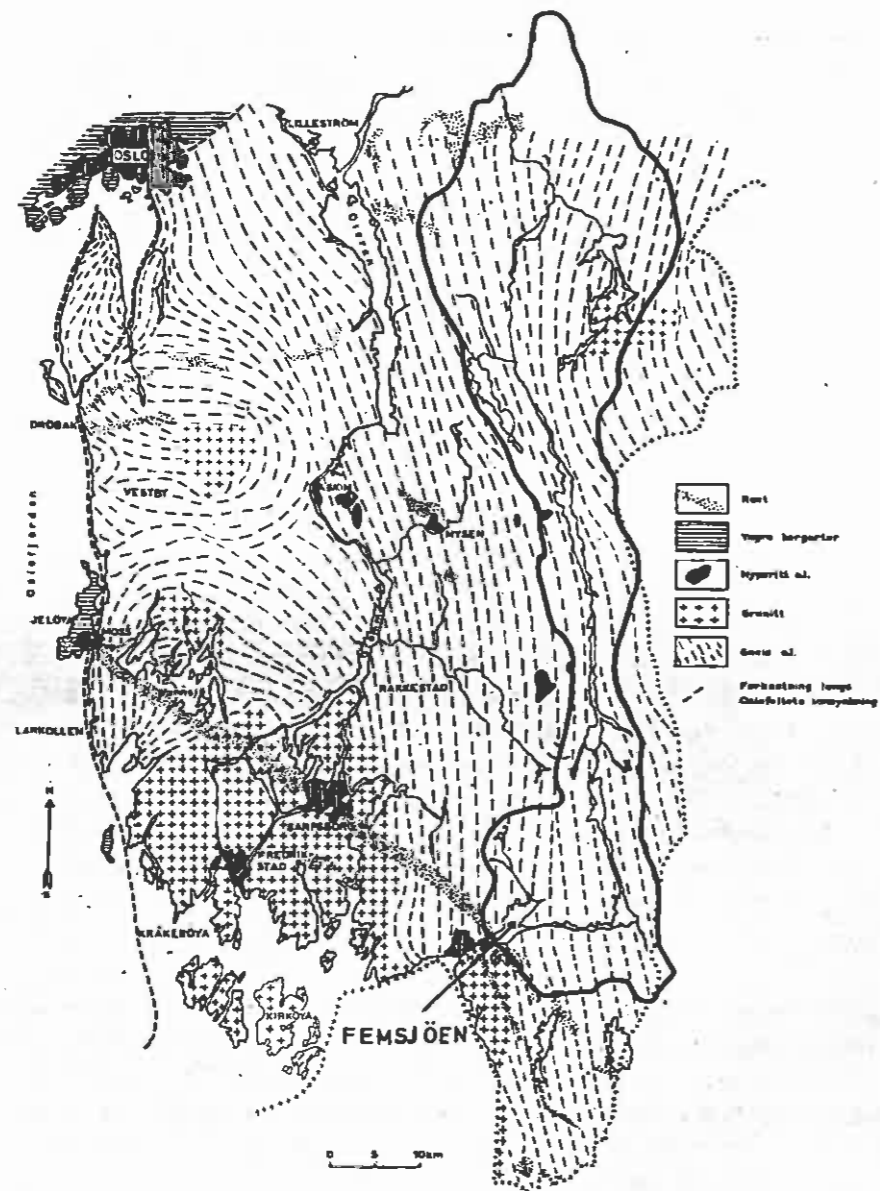
Mindre områder med mørke, basiske eruptivbergarter, som gabbro, hyperitt og noritt, finner man i små åser med bratte sider (Bryn 1961). En lokalisering av noen av disse åsene finnes beskrevet hos Bjørlykke (1933), - han omtaler også partier med amfibolitt og hornblendeskifer fra Rødenes, - disse kunne også være granatførende.

Grensen mellom gneis - og granitt går i syd ikke langt fra Femsjøen - og blir av Oxaal (1916) beskrevet slik: "Grensen forløper fra midt mellom grønsers I og J ved det sydligste punkt av landegrensen som en litt bugtet linje i nordlig retning til Berby ved bunden av Iddefjorden, derfra over Brekke og Bøen til Aspedammen station og videre nordover paa østsiden av jernbanelinjen; men saa bøier den av i NV-lig retning over Orød til Tista og langs denne til fjorden ved Fredrikshald". Oxaal skriver videre at denne grense har han selv gått opp i detalj. Vogt (1881) beskriver overgangen mellom bergartene ved Tistedal slik: "Der eksisterer ingen overgang mellom gneisen og graniten, thi man kan bestemme grensen nøiaktigt paa tommen".

Granitten er yngre enn gneisen og har brutt igjennom denne (Bjørlykke 1933). Granittens omgivende bergarter har i stort antall blitt gjennomsatt av ganger som har sin opprinnelse i granitten selv. Slike pegmatittganger finnes også i granittområdet selv - og da oftest langs granittens grense (Oxaal 1916). Ettersom gangene kan finnes i granitten må de være yngre enn granitten selv, og Bjørlykke (1939) mener at gangene er dannet av den siste rest av smeltemasse som dannet

# GEOLOGISK KART

MED  
FEMSJÖENS NEDSLAGSFELT INNTEGNET



KARTET ER HENTET FRA NGU NR. 213

Landskapet er delt tektonisk etter kløfter, men høydeforskjellene er ubetydelige for landskapet som helhet. Trekker man en linje fra Trøgstad Varde og (mot SSØ) til Linnekleppen, ser man at peneplanet vest for denne ligger ca. 150-160 m.o.h., mens det øst for linjen raskt kommer opp i 220-230 m.o.h. (Rosendahl 1943). Videre skriver Rosendahl at i dette høyere strøk finnes flere av de høyeste fjell i Østfold. Disse når 70-100 m over dette peneplan og han anfører at disse "er kanskje rester av enda eldre peneplan".

Disse forhold som Rosendahl (1943) har framholdt med hensyn til Østfoldlandskapet, vil jeg anse for å være holdbare også for de deler av området som strekker seg utenfor Østfold, - i nord inn i det sydøstlige Akershus.

Hovedretningene for de kløftesystemene en har i Østfold er i følge Rosendahl (1943) strøk-kløftene som følger gneisens strøk, N 30° V, og de som går uforandret gjennom gneis og granitt, N 40-50° Ø. Vogt (1881) hevder at Tistedalen er en fortsettelse av kløften fra Sponviken og Svinesund, og Høltedahl (1953) hevder videre at Svinesund-Tistedalsrennen kan følges i retningen VSV-ØNØ i 30 km, nesten inn til riksgrensen. Med andre ord, denne renne går gjennom Femsjøen, videre gjennom Steinselva og ender i Aspern.

## KVARTÆRGEOLOGI OG GEOMORFOLOGI

I slutten av siste istid da isen trakk seg tilbake, hadde den flere opphold i sin tilbaketrekning som var lange nok til at vi fikk dannet endemorener. Under sitt lengste opphold under tilbaketrekningen fikk vi dannet det store "Østfold-raet".

Raets sammenhengende og rettlinjede forløp viser at det må være avsatt i havet, - iskanten har blitt avbrutt her. Grusets eiendommelige lagning viser også at det er utfelt fra isranden i havet (Rekstad 1922a). Han hevder videre at det rettlinjede forløp viser at isens mektighet ikke kunne ha vært stor, i det isen da ville gått lenger ut i havet langs innsenkningene. I Haldensvassdraget ville det ha medført at f. eks. isen måtte ha gått ut Tistedalen. Han anslår at isen hadde en mektighet av 50-200 m ute ved isranden. Et annet forhold som taler for at isens mektighet var liten, er at de små terrengformene i området har påvirket isen.

Raets høyde varierer fra et par meter til over 20 m over omgivelsene og bredden kan være flere hundre meter - over 1000 m der bølgeslaget har vasket gruset utover (Holmsen 1965).

Dette raet har demmet opp flere store sjøer i Østfold, bl.a. Vannsjø, Vestvannet, Tunevann, Isesjø, Tvetervann, Rokkevann og Femsjøen. Dette veldige raet har bare blitt brutt igjennom av Glommavassdraget (to steder) og Haldensvassdraget, - de fleste vann har derfor mistet sine naturlige utløp sydover. Glommas hovedløp har imidlertid fått et noe østligere utløp enn tidligere på grunn av raet, - ved Sarpsfossen (Sund og Sømme 1947).

Det samme gjelder også Haldensvassdragets utløp fra Femsjøen, - det har blitt hindret av "Vedenraet" fra å ta sitt naturlige utløp. Det renner i dag ut noe lenger øst gjennom Svanedammen. Raet demmer opp Lille Ertevang og Holvang øst for Femsjøen og fortsetter videre østover -

tildels i supramarin utforming. Øst for Holvann deler raet seg i to, med en blokkrygg ved gården Fagerli og Gullerud og en annen med et ujevnt blokkdekke øst for Haugen og Haugli-plass (Holmsen 1965). Raet fortsetter inn i Sverige ved Søndre Boksjø, utenfor raet mellom Femsjøen og grensen har vi det "ytre ra" som bl.a. demmer opp Ørsjøen.

Vogt (1881a) hevdet at raene var skiktet. På bakgrunn av de snitt han så i morenen - bl.a. ved Bjørnstad rett foran Femsjøen - skrev han at denne skiktningen ikke var noe overflatefenomen; - for "... i alle snitt viser den sig at være skiktet fra øverst til nederst".

De sirlige foldingene han fant i snittet (nevnt over) - med foldingenes akselinje parallelt med morenens retning - tolket han slik; "... og følgelig maa foldningene være fremkaldte ved tryk lodret paa morænen, og dette tryk er rimeligvis foraarsaget ved bevægelse i isen bagenfor".

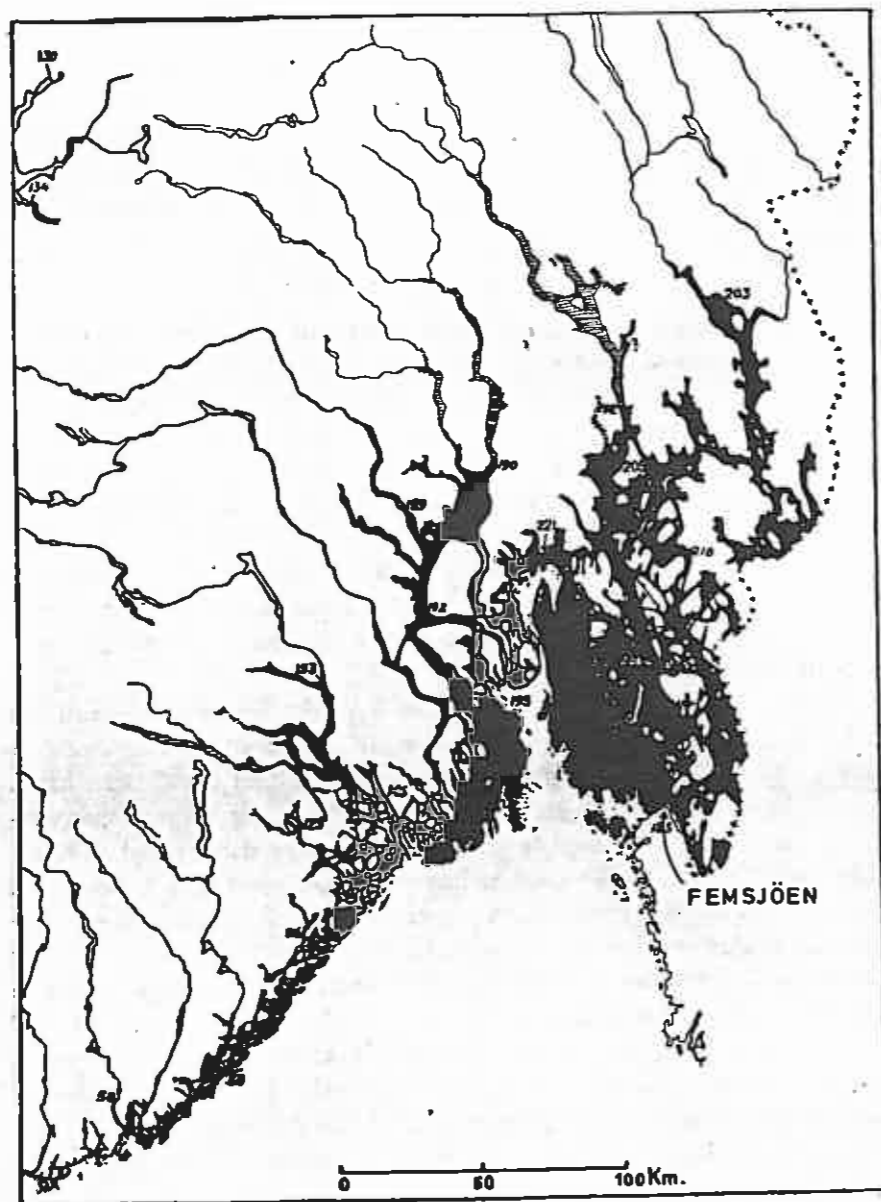
Da isen trakk seg videre nordover etter sitt lange opphold, fulgte havet etter og en stor del av de sydøstlige områder, til nord mot Mjøsa, var dekket av hav - som det går frem av kartet s. 16.

Den vanligste jordartsgruppe er havleire som ble avsatt opp mot den marine grense - syd ved Femsjøen er den ca. 170 m.o.h. og nord i området ubetydelig høyere enn 200 m.o.h.

Utenfor raene finner man Yoldialere - etter ishavs-muslingen Portlandia arctica (tidligere kalt Yoldia arctica) og innenfor raene portlandialere og arcalere - som også har sine navn fra ishavsmuslinger - disse levde dog under noe mildere arktiske forhold enn førstnevnte (Bjørlykke 1933).

Ettersom landet steg fikk vi dannet skjellbanker - og de er ikke sjeldne i Østfold - hverken i de indre eller ytre deler av fylket. Bjørlykke (1933) sier at Yoldialere bare er funnet utenfor raene, men nevner det funn av Yoldia (Portlandia) som Øyen (1914) fant ved raets topp foran Femsjøen i 110 m's høide ved Bjørnstad.

# OMRÅDER DEKKET AV HAV ETTER ISTIDEN



KARTET ER HENTET FRA NGU NR. 213

Skjellbankforekomster fra senglacial tid er det mange av i Haldensvassdraget - særlig i Aremark - og ofte med betydelige mengder skallmateriale. Holtedahl (1953) hevder at: "Det må i disse trakter, i de forskjellige mest N-S-gående fjellrenner, ha vært særlig gode livsbetingelser for strand- og grundtvannsformer med friskt strømmende vann i de mest trange sund som her en gang fantes".

Skjellbankene ble tidligere gjerne betraktet som "autoktone", noe som i alminnelighet langt fra er riktig. Skjellbankenes skallmasser er som oftest skyllet ned fra høyere partier av sjøen, - eller blitt flyttet av bølger og strøm (Holtedahll 1953).

Postglaciale skjellbanker har man ikke funnet i vassdraget ovenfor Femsjøen - men i Tistedal nedenfor sjøen er en slik banke påvist (Rekstad 1907).

Likeledes skal omtales det funn Ramus (1715) beskriver fra 1682 om et funn av "en Hvalfisk med alle sine Beene" i Tistedal - og som "blev opphugget Stykkeviis, hvert eftersom de gravede", - sannsynligvis ved Skaaningsfoss (Keilhau 1838). I følge Øyen (1908) må dette være samme funn som Pontoppidan (1752) beskriver fra 1687 - og som sistnevnte mente var bevis for syndflodens virkning.

Isens skuring er det tydelige merker etter mange steder i området, disse skuringsstripene peker hovedsaklig mot sydvest - vinkelrett på hovedraets retning.

Foruten disse går noen i mer sydøstlig retning. De følger her ganske godt terrengforholdene; i det de følger de før omtalte kløfter som har sin strøkretning og sitt sprekkesystem som hovedvassdraget. Dette elveløpet må man anta er eldre enn fra siste istid - og sannsynligvis av høy alder - i det det står i forbindelse med bergbygningen (Rekstad 1922a).

Han hevder videre at der det er kryssende skuring er de yngst som har en retning mot SSØ.



Syd i området, ved Aspern, går skuringsstripene på tvers av innsenkningen for vassdraget (N-S) - og Isachsen (1951) hevder at merkene er fra en noe eldre brebevegelse enn dem som er nord i området.

Retningsangivelse for skuringsstripene finner man bl.a. hos Rekstad (1921, 1922a, 1931) og av nyere dato hos Holtedahl (1960). Det kvartærgeologiske kartet s. 21 - med skuringsstipenes retning inntegnet er fra Holmsen (1951).

Som tidligere nevnt ligger Femsjøen i en forkastning/svakhetssone - men er utvilsomt også bearbeidet av isen. Brøgger (1901) nevner at den trange canyon som er nedenfor Krappeto - men som i dag ikke lenger kommer så godt frem på grunn av betydelig oppdemning (s. 8 ) må anses for mest sannsynlig å være eldre enn fra senglacial tid.

Istransporterte blokker langveisfra er det vanskelig å finne innen området, i det f. eks. Oslofeltets bergarter ikke når så langt øst. Man kan finne dem østover mot den tidligere dislokasjonsgrensen som er omtalt.

I Enningdalen, noe sydøst for området, har man funnet materiale fra Oslofeltet, men dette mener Rekstad (1922a) må være transportert med kalvet is fra Oslofjorden, - og ikke landisen i det alle funnstedene er gjort under den marine grense.

Foruten den før omtalte avsetning som danner hovedraet - har vi flere avsetninger av marine israndavsetninger. Langs vassdraget finnes det flere steder breelvdeltaer som er dannet i havet - og i nord, mellom Bjørkelangen og Rødenessjøen, - er det store områder av utskylte avsetninger. Slike har vi også nordøst for Bjørkelangen og likeså vest for Floen. Dette går tydelig frem av det kvartær-geologiske kart s. 21 (Holmsen 1951).

I noen tilfeller er det ikke nyttet egne fotografier til oppgaven. Dette gjelder f. eks. fotoet som viser raet foran Femsjøen og fotoet over terrassene foran raet ved Tistedal stasjon. Disse lokalitetene er nå bebygd og

fotografier tatt i dag ville derfor ikke illustrert forholdene så godt som bildene fra Øyen (1914) s. 23.

Elven som renner ut ved Tue har som det går frem av foto s. 22 meandrer som ligger under nåværende vannstand. Når disse meanderne ble dannet er det umulig å kunne si, men det må ha skjedd ved en lavere vannstand enn i dag.



---> i rygger og åser

---> i moer og ører

### Breavleiringer

Fortrinsvis lerholdig bregrus

Do. sandholdig bregrus (store blokker)

Bregrus i rygger og hauger (morener, drumliner)



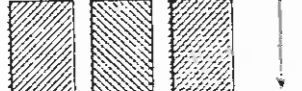
### Kombinasjoner (eks.)

Sparømt dekke av bregrus og lynghumus

forvittringsgrus og havavleiringer

bregrus, lynghumus og havavleiringer

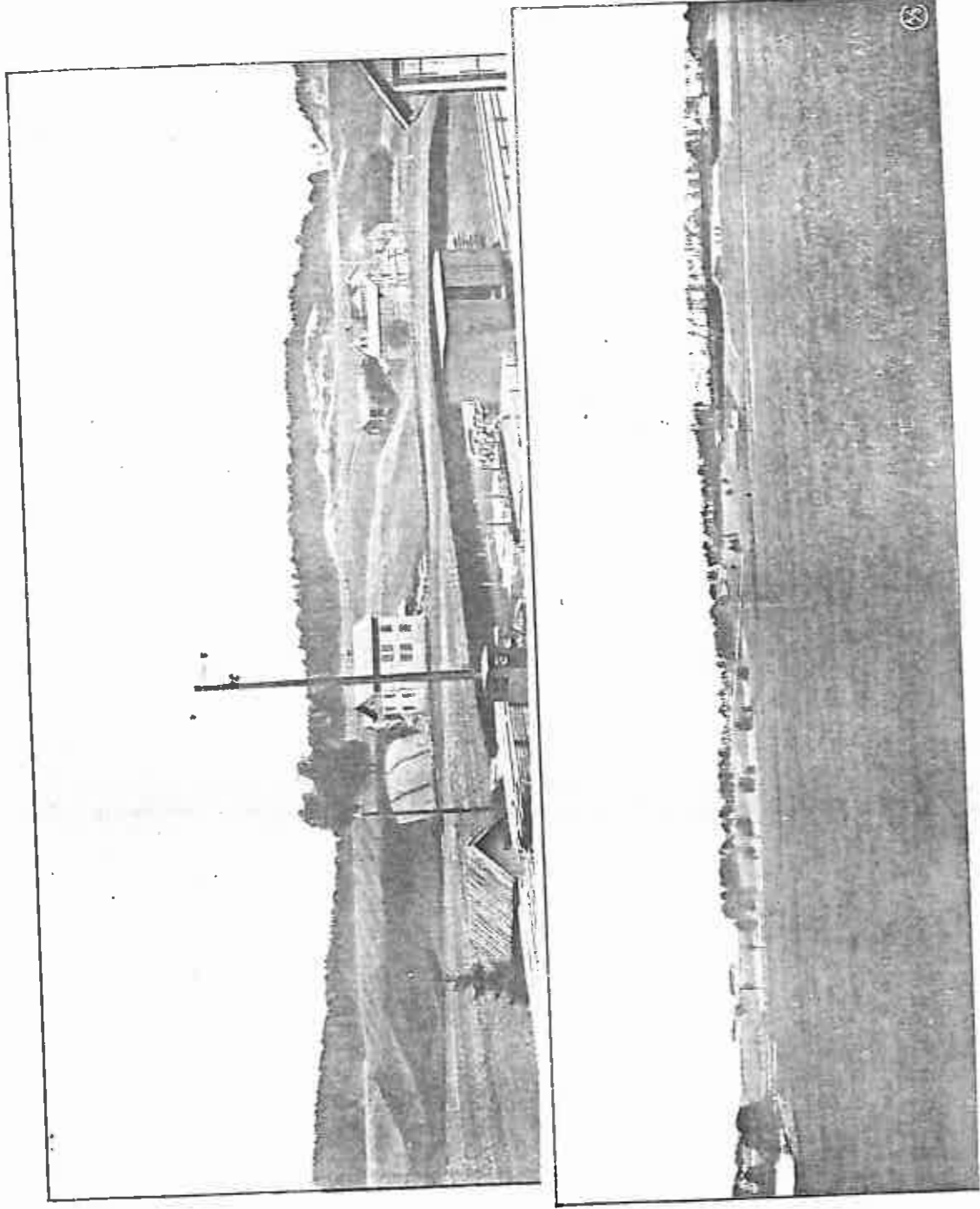
Skuringsstripe med observasjonspunkt



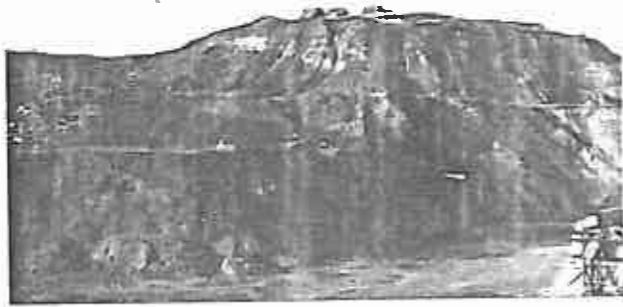


BILDET VISER BLÅ. BEKKEN VED TUE MEANDRERE UT I SJÖEN, BREKKE SLUSER OG GÅRDSBRUK PÅ STORÖYA OG LILLÖYA.

↓ N



ÖVERST: MARINE TERRASSER SETT FRA TISTEDAL ST. NEDERST: RAET FORAN FEMSJÖEN,  
SJÖEN HELT TIL VENSTRE. BEGGE BILDENE ER FRA ÖYEN (1914).



FRA GRUSTAK I RAET RETT VED UTLÖPET AV FEMSJÖEN, DE ÖVERSTE VEST - OG  
DET NEDERSTE ÖST FOR DETTE.



RUNDSVA I FEMSJÖEN

## BATYGRAFI

Femsjøen ble den 9/11 1965 og 23/8 1966 loddet opp ved hjelp av ekkolodd. Under opploddingen ble det kjørt med jevn fart mellom karakteristiske punkter på strendene, - og disse punktene ble merket av på både ekkogrammene og et kart over sjøen. Profilene som kom frem under kjøringen dannet så grunnlaget for tegningen av dybdekartet. Vannstanden de dagene opploddingen ble foretatt var henholdsvis 7,50 og 7,00 (desimal-) fot eller respektive 79,15 og 79,0 m.o.h., målt ved vannmerket ved Bjørnstadbyggen helt syd i Femsjøen.

Til utarbeidelsen av dybdekartet for Femsjøen ble omrisset av den tegnet av fra et flyfotografi fra den 3/6 1962, - vannstanden var da 7,60 fot, tilsvarende 79,2 m.o.h. Vannstandsvariasjonene er beskjedne i sjøen (s. 40), og det utslag som vårflommen gir fører bare til helt ubetydelig arealøkning, når man ser bort fra et mindre område helt nord i sjøen. Arealet av sjøen har jeg ut fra disse betraktninger regnet som konstant for de foran nevnte datoene.

Ekkogrammene som kartet er tegnet på grunnlag av, tilsvarer en utkjørt distanse av ca. 60 km. Kartet ble først tegnet i målestokk 1:18 000. Isobatene ble planimetrert på dette kartet, dessuten ble strandlinjen beregnet på grunnlag av dette. Kartet side 29 er en forminsket utgave av dette.

Den batygrafiske kurve ble trukket opp på grunnlag av de nevnte arealplanimetreringene over isobatene på dybdekartet. Kurven viser slakt skrånende bunnforhold ned mot 25 meters dyp, dette avspeiler de store grunne områdene syd og nord i sjøen. Mellom 25 og 40 m har vi en steilere skråning som flater ut videre mot 45 meters dyp. Denne utflatning som gjenspeiler bunnforholdene i det sydlige parti av sjøen må man anta kan skyldes sedimentering av tilført slam (Strøm 1933). Side 30 er det inntegnet to snitt direkte av fra ekkogrammene som viser dette forhold. At noe av materialet ved bunnen her kan ha blitt vasket ut fra raet foran sjøen under landhevingen er også en mulighet, men den overveiende del må antas skyldes slam som er fraktet med elvene ut i sjøen.



Volumet av vannskiktene er beregnet ut fra den batygrafiske kurve. Av denne beregning ser man at 55% av volumet utgjøres av vannmassene ned til 15 meters dyp.

OBSERVASJONER FOR FEMSJØEN OVER:

AREAL			VOLUM			
Dyp	Areal	Areal	Skikt	Volum	Skiktet	Sum av
m	km <sup>2</sup>	% av overfl.	m	mill. m <sup>3</sup>	% av volum	skiktene % av vol.
0	10,83	100,0	0- 5	47,20	22,1	
5	8,44	77,9	5-10	38,45	18,0	40,1
10	7,10	65,6	10-15	32,35	15,2	55,3
15	5,93	54,8	15-20	27,35	12,8	68,1
20	5,06	46,7	20-25	22,25	10,4	78,5
25	3,71	34,3	25-30	16,65	7,8	86,3
30	2,98	27,5	30-35	13,15	6,2	92,5
35	2,31	21,3	35-40	10,10	4,7	97,2
40	1,72	15,9	40-45	5,60	2,6	99,8
45	0,36	3,3	45-50	0,50	0,2	100,0
50	0,00	0,0	Totalt	213,6	100,0	100,0

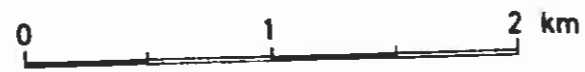
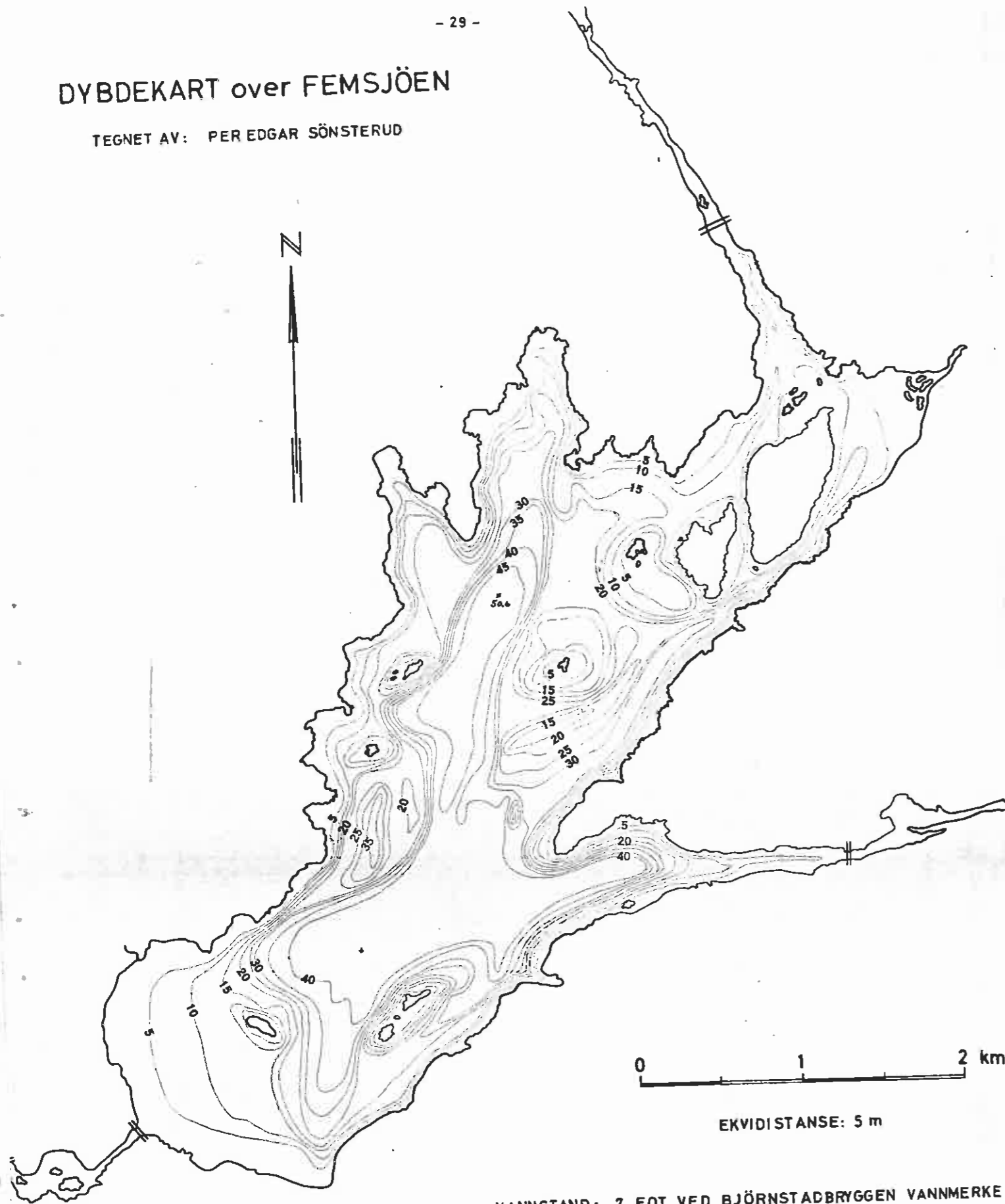
Data for nedslagsfeltets areal er fra Hydrologiske undersøkelser i Norge (1958). Arealet av Femsjøen som er oppgitt, refererer seg til den avgrensning som er gjort med to parallelle streker og avmerket på kartet s. 29.

MORFOMETRISKE DATA

Sjøoverflatens høyde over havet ved opploddingsnivå i m:	79,0
Største dyp ( $D_{maks.}$ ) i m:	50,6
Største dyps høyde over havet i m:	28,4
Største lengde (l) i km:	7,0
Største bredde (b) i km:	2,5
Gjennomsnittlig bredde ( $A/l$ ) i km:	1,55
Overflateareal med øyer og holmer i $km^2$ :	11,37
Overflateareal av øyer og holmer i $km^2$ :	0,54
Overflateareal (A) av innsjøen i $km^2$ :	10,83
Lengde av strandlinje (ekskl. øyenes) i km:	30,6
Øyenes strandlinje i km:	7,6
Strandlinjens lengde (S) totalt i km:	38,2
Strandlinjens utvikling ( $S/2\sqrt{\pi A}$ ):	3,3
Nedslagsfelt i $km^2$ :	1550
Vannoverflaten i % av nedslagsfeltet:	0,7
Sjøens volum (V) i millioner $m^3$ :	213,6
Volumets utvikling ( $V/\frac{1}{3} \cdot AD_{maks.}$ ):	1,17
Gjennomsnittlig dyp ( $V/A$ ) i m:	19,7
Utkjørt distanse ved ekkolodding i km:	60

# DYBDEKART over FEMSJÖEN

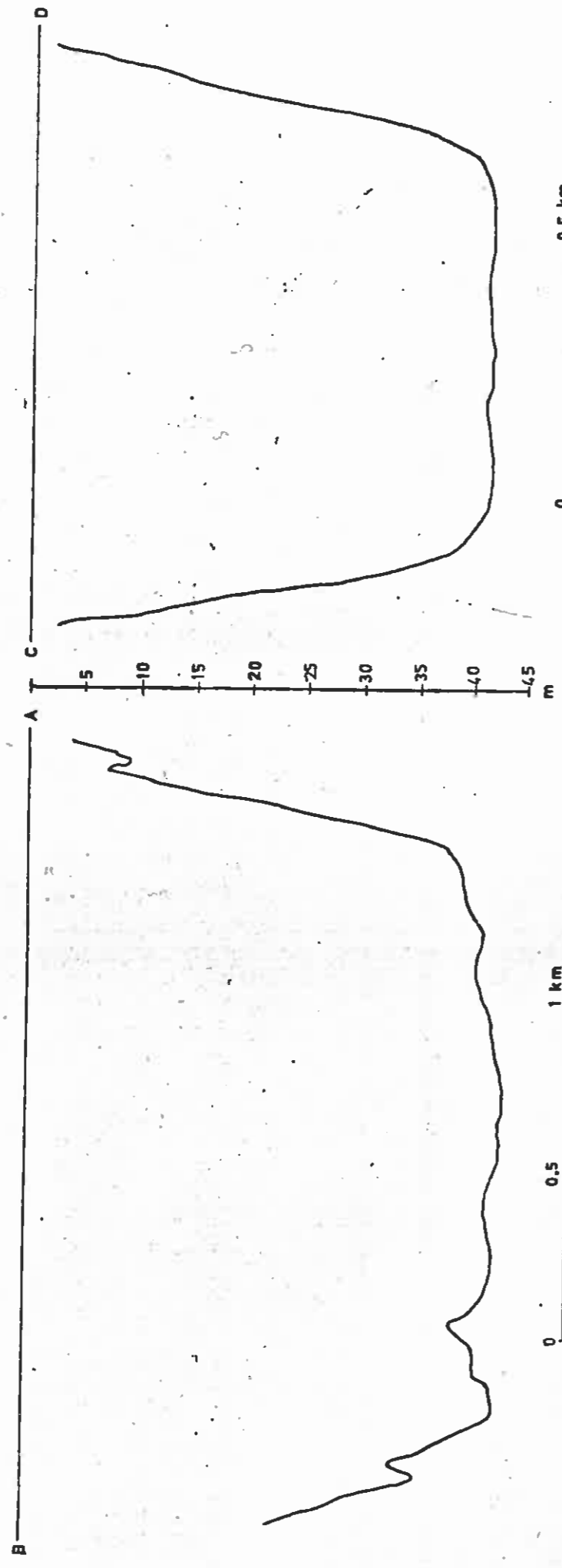
TEGNET AV: PER EDGAR SÖNSTERUD



EKVIDISTANSE: 5 m

VANNSTAND: 7 FOT VED BJÖRNSTADBRYGGEN VANNMERKE  
D: 79.0 m. o. h.

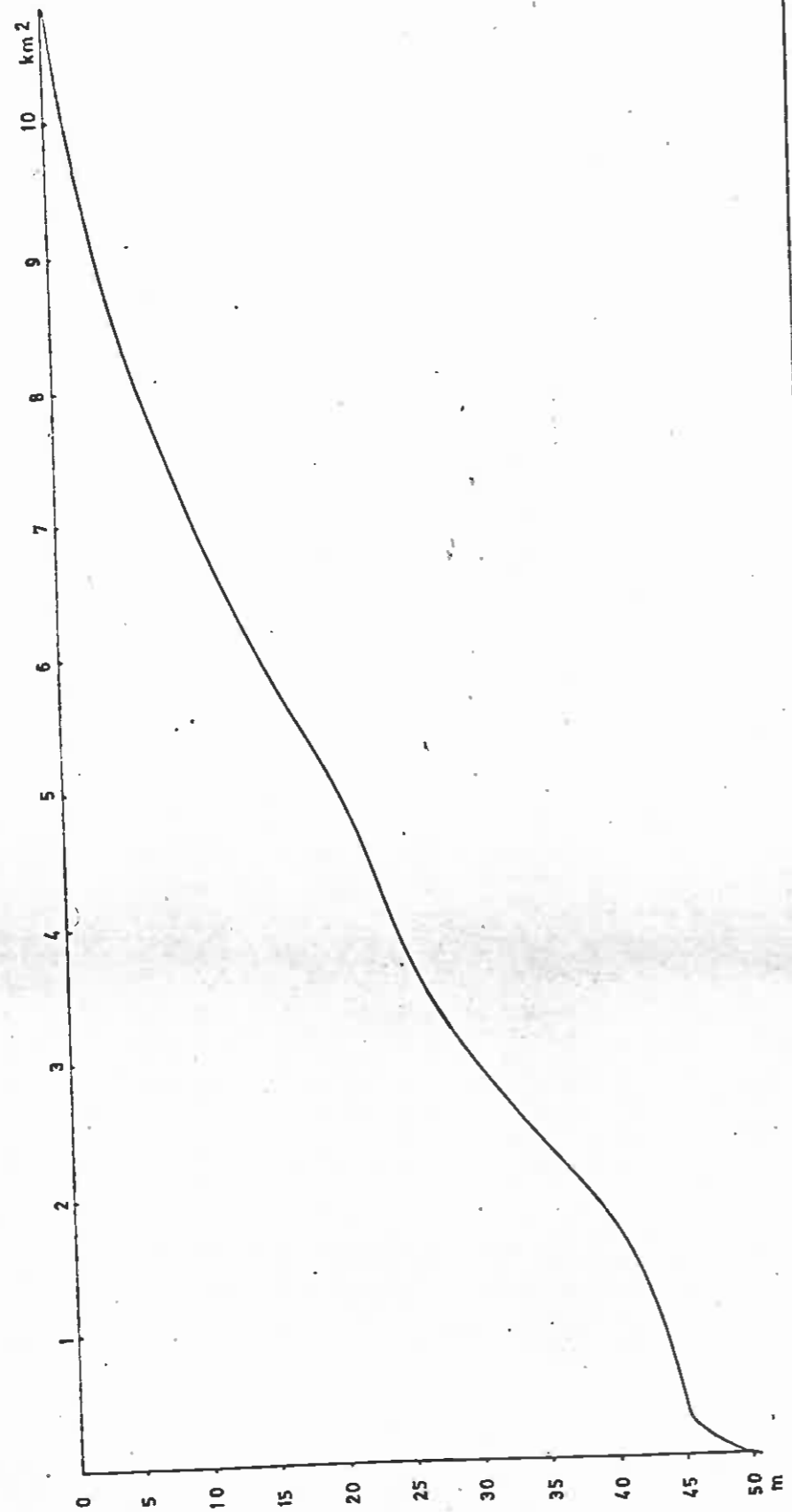
# TO PROFILER OVER BUNNFORHOLDENE I FEMSJÖEN



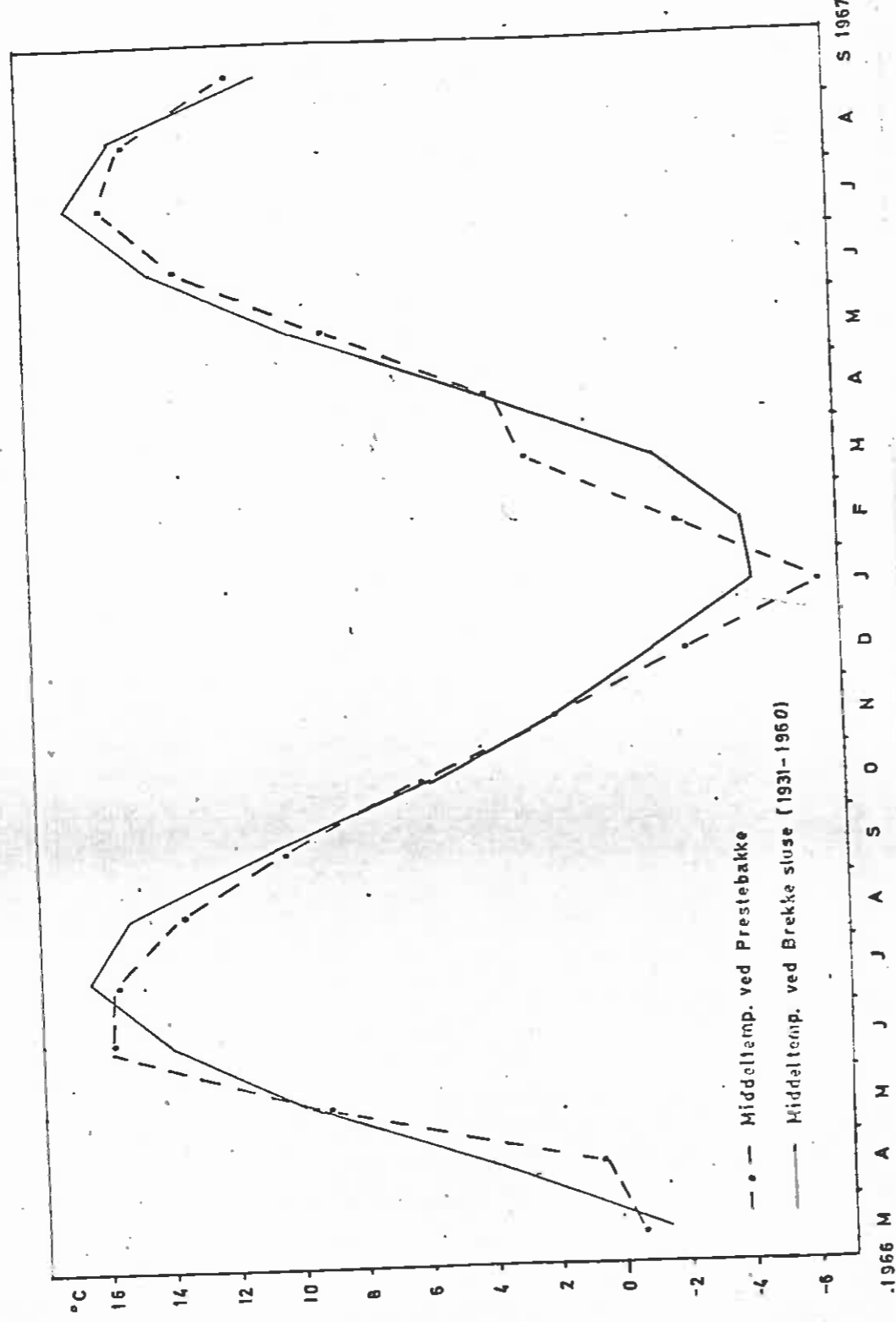
0 0.5 1 km  
Etter ekkogram fra 9. nov. 1965

0 0.5 km  
Etter ekkogram fra 23 aug. 1966

BATYGRAFISK KURVE



# Variasjon over månedlig middeltemperatur



Også i 1966 var nedbøren over det normale for stasjonene - minst ved Brekke med ca. 106% - og mest ved Bjørkelangen med ca. 127%.

Observasjonene over nedbørmengde - unntatt verdiene for normalene - er innhentet ved Halden Hovedvassdrags Brukseierforening. Det samme gjelder for observasjonene over maks- og minimumstemperaturen fra Brekke. Alle de øvrige observasjonene som er benyttet er innhentet ved Det norske meteorologiske institutt i Oslo.

NEDBØROBSERVASJONER FRA STASJONENE I FEMSJØENS NEDSLAGSFEIT  
(Nedbørhøyde i mm)

STASJON	BREKKE		STRØMSFOSS		ØRJE		SØNDRE HØLAND		BJØRKEIANGEN						
	1966	1967	1966	1967	1966	1967	1966	1967	1966	1967					
Måned	1966	1967	1966	1967	1966	1967	1966	1967	1966	1967	1966	1967	Normal		
Jan.	37,0	54,1	64	41,1	45,1	59	35,9	43,5	52	31,5	43,9	50	42,1	44,7	40
Febr.	88,1	76,3	42	92,3	80,9	41.	81,3	88,0	37	74,7	91,9	37	98,4	77,1	34
Mars	74,7	99,6	33	70,7	114,9	31	61,4	105,8	27	68,8	73,6	27	65,4	62,7	34
April	39,0	37,5	50	44,9	49,5	49	53,1	45,0	46	28,8	41,7	47	44,9	36,8	38
Mai	66,6	75,2.	48	61,8	102,6	49	60,3	92,6	45	63,1	87,0	44	67,6	86,4	45
Juni	54,2	83,3	60	38,8	70,8	59	36,9	74,3	63	58,0	50,6	65	28,0	53,2	52
Juli	62,5	53,6	84	67,5	39,1	83	68,5	54,7	85	123,1	41,9	79	110,7	62,5	71
Aug.	83,2	53,8	93	100,8	82,3	87	87,2	84,9	86	84,4	64,5	85	71,9	80,0	101
Sept.	84,7		92	79,3		83	69,4		80	58,1		75	55,8		54
Okt.	94,2		90	96,6		87	113,5		82	102,0		75	103,7		78
Nov.	100,2		91	101,7		87	95,4		79	68,5		75	81,1		63
Des.	101,0		83	122,8		77	112,5		71	94,6		68	73,5		52
Årsned- bør	885,4		830	918,3		792	875,4		753	855,6		728	843,1		662
Normal for:			1931-60			1931-60			1931-60			1931-60			1901-30



## HYDROLOGI

Femsjøen får sitt hovedtilløp fra Haldensvassdraget. Det har sitt utspring fra Flolangen (178 m.o.h.) i Nes i Akershus og renner så sydover gjennom Floen og videre forbi Liermosen. Syd for Bjørkelangen får vassdraget tilløp fra Øgderen gjennom Vestelva, og før vassdraget renner ut i den lange smale Rødenessjøen får det tilløp fra Østelva - som kommer fra Setten og Mjermen - også kalt Mjermenvassdraget.

Fra Rødenessjøen går vassdraget videre gjennom de store sjøene Øymarksjøen og Ara (Aremarksjøen) for så å dreie ca. 90° mot vest i Asperen. Herfra renner så Steinselva videre til Femsjøen og Tista utgjør den siste 5 km lange elvestrekning før vassdraget renner ut i Iddefjorden ved Halden. Vassdraget har en lengde på ca. 130 km med et fall av ca. 100 m fra Flolangen til Femsjøen (derav 26,6 m ved Brekke) - og hele 78,4 m fall på Tistas korte elveløp. Tistavassdraget er også brukt som navn for hele Haldensvassdraget av enkelte.

Av kartet s.41 får vi et godt inntrykk av vassdragets omfattende dreneringsmønster - og som det går frem av dette er tilløpene i tillegg til hovedvassdraget beskjedne, bare et par bekker er av noen betydning. Nedslagsfeltet grenser i øst hele veien til grensen mot Sverige og kommer også såvidt inn i Sverige et par steder.

Hvor stor betydning Haldensvassdraget har som tilløpselv for Femsjøen i forhold til de øvrige kommer klart frem av følgende data:

Avrenning fra Femsjøen var i 1966 gjennomsnittlig på 26,97 m<sup>3</sup>/sek. og fra Brekke 24,97 m<sup>3</sup>/sek. I tillegg til å ha kompensert for fordunstningen fra Femsjøens overflate har de øvrige tilsig ikke bidratt med mer enn tilsvarende en vannføring på 2 m<sup>3</sup>/sek.

Flere av sjøene i vassdraget er regulerte - og data over disse er samlet i følgende tabell.

## REGULERTE SJØER I HALDENSVASSDRAGET

Navn	Areal km <sup>2</sup>	H.o.h. m	Reguleringshøyde	Magasin mill. m <sup>3</sup>
Setten	11,29	166	0,00 til 2,09 m	21,38
Mjermen	5,61	163	0,00 " 1,25 "	8,26
Bjørkelangen	2,90	124	0,00 " 1,36 "	4,85
Øgderen	13,50	132	0,00 " 1,40 "	18,70
Rødenessjøen	15,24	117	4,000 til 7,000 fot	15,97
Øymarksjøen	11,12	107	6,000 " 9,187 "	13,14
Aspern & Ara	16,83	105	4,000 " 9,187 "	25,26
Store Ertevann	2,9	105	0,00 " 4,00 m	17,50
Femsjøen	10,83	79	4,813 " 8,000 fot	11,2

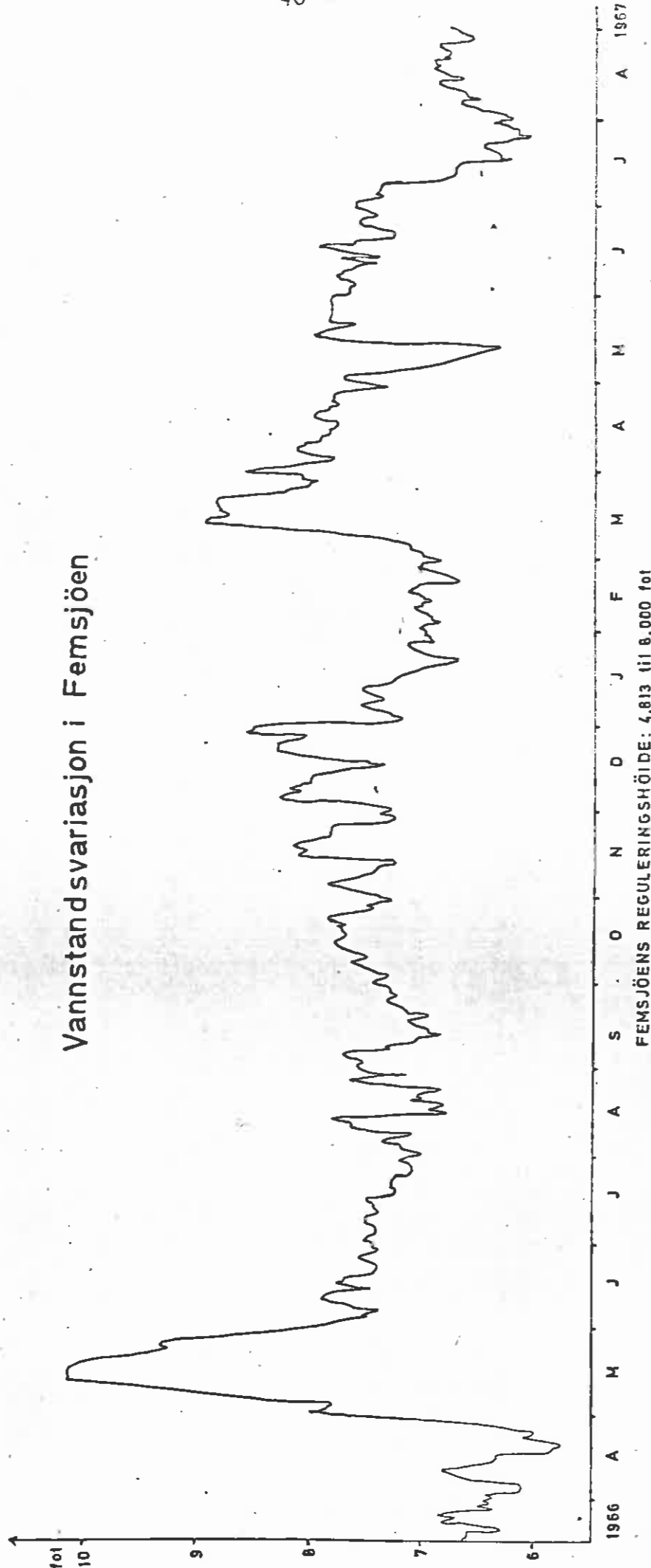
Femsjøen har blitt regulert flere ganger, ved kgl. res. i 1878, 1893 og senest i 1929 hvor den reguleringshøyde som er nevnt i tabellen ble bestemt, - denne høyden refererer seg til vannmerket ved Bjørnstadbryggen syd i Femsjøen.

Vannstandsvariasjonene er beskjedne ettersom sjøen er regulert jfr. s. 40. Den maksimale variasjon forekom i løpet av undersøkelsesperioden i løpet av våren 1966 med laveste registrerte vannstand 5,75 fot og høyeste vannstand på 10,15 fot.

Av diagrammet ser man at det er betydelig forskjell i vårflommens virkning i 1966 og 1967. I 1966 var flommen kortvarig, men voldsom og medførte en stigning i vannstanden på 4,40 fot på få dager; - til tross for at det ble tappet flomvann gjennom Svanedammen, utløpet av Femsjøen, hele mai (i alt 42 døgn i 1966). Den synkende vannstand som er registrert for 3. mai skyldes at magasinene i Aspern og Ara ble fylt opp da.

Det blir tappet flomvann ved utløpet av Femsjøen, om vannstanden overstiger, - eller om forholdene lenger oppe i vassdraget er således at man må anta - den høyeste regulerte vannstand på 8 fot blir oversteget.

### Vannstandsvariasjon i Femsjön



FEMSJÖENS REGULERINGSHÖJDE: 4,813 till 8,000 fot

At flommen ble så kortvarig våren 1966, til tross for de store snemengder, skyldtes den meget hurtige snesmeltingen. I nedre del av vassdraget merket man lite til dette, mens man i områdene ved Bjørkelangen hadde store oversvømmelser. Våren 1967 ble det tappet flomvann ved Svanedammen i alt 46 døgn - fra 9. mars til 24. april.

Vannstandsvariasjonene i Femsjøen følger variasjonene i avrenningen fra Brekke.

Den teoretiske fornyelse (Strøm 1938) i Femsjøen var i 1966 på 92 døgn og i 1967 på 75 døgn - i det avrenningen de respektive år var henholdsvis 26,97 og 33,09 m<sup>3</sup>/sek. Gjennomsnittlig avrenning 1911-55 var 23,7 m<sup>3</sup>/sek. (Hydrologiske undersøkelser i Norge 1958), med andre ord en teoretisk fornyelse på ca. 104 døgn. I følge samme avhandling var den største registrerte avrenning (1911-55) i 1926-27 med et avløp på 40,5 m<sup>3</sup>/sek. og minste avrenning i 1941-42 på 11,6 m<sup>3</sup>/sek.

Under vårflommen i 1966 var den midlere avrenning for de to ukene med størst avløp fra Femsjøen 194,68 og 181,92 m<sup>3</sup>/sek. Den midlere avrenning for disse ukene gir en teoretisk fornyelse på ca. 13 døgn - med andre ord en total fornying i løpet av vårflommen. Det samme var tilfelle våren 1967 der den teoretiske fornyelse var ca. 14 døgn, - største avrenning for en uke var da 189,27 m<sup>3</sup>/sek.

Ved vurderingen av disse tall må man ta i betraktning at store områder av sjøen ligger i "le" for gjennomstrømmingen av hovedvassdraget.

Fordunstingen i Haldensvassdraget fant Holmsen (1916) var 34,5% av nedbørsmengden - han mente at denne verdien var nogenlunde pålitelig i det den var utregnet på bakgrunn av data fra omkring 12 nedbørsstasjoner i nedslagsfeltet.

For året 1966 har jeg selv beregnet fordunstingen i nedslagsfeltet. Nedbørsmengden for de 5 stasjonene som nå er i vassdraget - se s. 37 - var i middel 875 mm og av denne ble ca. 71 mill. m<sup>3</sup> magasinert i 1966. Med den avrenning som er

nevnt for 1966 gir dette en fordunstning av ca. 32% for dette året, - dog skal tilføyes at beregningen her ikke er gjort for et hydrologisk år, men for et kalenderår.

Rekstad (1922b) nevner at avløpsmengden avtar om hellingen er liten i vassdraget. Dette passer for forholdene i Haldensvassdraget

Et annet forhold som kan ha betydning for den store fordunstning i vassdraget er de store areal med åpen vannflate - i det innsjøene i nedbørsområdet utgjør vel 100 km<sup>2</sup>. Klæboe (1958) hevder at fordunstningen fra en fri vannflate er betraktelig større enn områdefordunstningen, og foruten de meteorologiske faktorer gir bl.a. større vegetasjon og fuktig grunn større fordunstning. En stor del av vegetasjonen i nedbørfeltet består av barskog.

Av den før nevnte avrenning for Femsjøen er inkludert en avrenning på 0,15 m<sup>3</sup>/sek. som tas ut i sjøens sydøstlige hjørne til Halden vannverk. Denne uttapping anses uvesentlig for forholdene i sjøen - sammenlignet med gjennomstrømmingen av hovedvassdraget.

For alle data der ikke annet er angitt, er opplysningene innhentet ved Halden Hovedvassdrags Brukseierforening.

ISFORHOLD

Når det gjelder Femsjøen og noen av de øvrige sjøene i Haldensvassdraget - finnes der en del opplysninger om disse sjøenes isleggings- og isfrittdatoer.

Holmsen (1901) har på grunnlag av opplysninger om når skipstrafikken startet om våren og ble avsluttet om høsten, - antydnet når sjøene i vassdraget ble isfri og islagte i perioden 1893-99. Ut fra dette kom han frem til at: "For de nedre sjøer i vassdraget skulde islægningen pleie at finde sted noget over midten af december, og isløsningen pleie at foregaa omkring 23de april".

Når det gjelder mer nøyaktige observasjoner for isfritt om våren foreligger dette fra 1924 frem til i dag (minus 1925) for fire større sjøer i vassdraget. På bakgrunn av disse data er den gjennomsnittlige dato for isfritt beregnet i denne perioden. Når det gjelder Femsjøen er beregningen foretatt for 42 års observasjoner - et år mindre enn de øvrige - i det Femsjøen var isfri vinteren 1933-34. For Femsjøens vedkommende er isfrittdatoene samlet i tabell s. 51 - og fremstillet grafisk s. 52.

ISFRITTDATOER FOR FIRE SJØER I VASSDRAGET  
(1924 - 1967)

Isfri	Femsjøen	Aspern & Ara	Øymarksjøen	Rødenessjøen
Middel	14. april	20. april	22. april	24. april
Senest	19. mai (1924)	20. mai (1924)	21. mai (1924)	23. mai (1924)
Tidligst	15. febr. (1949)	1. mars (1943)	13. mars (1961)	25. mars (1961)

Når det gjelder tidspunkt for islegging er der ikke opplysninger for dette så mange år tilbake. En oversikt for islegging fra de senere år er samlet i tabell s. 49.

Som det fremgår av tabellen og den grafiske fremstilling s. 50 over isleggingsdata for Femsjøen - varierer lengden av isleggingsperioden sterkt for et så kort tidsrom som fra høsten 1957 til vinteren 1967-68. I det den hurtigste islegging skjedde høsten 1966 på et døgn, mens den varte lengst vinteren 1963-64 - 41 døgn. For samme periode har jeg beregnet den dato som Femsjøen i gjennomsnitt har vært helt islagt ved til 4. januar.

Disse datoene som er nevnt for isfritt og islegging avviker en god del fra de før omtalte datoene hos Holmsen (1901). Dette forhold kan skyldes flere årsaker - også det forhold at Holmsens beregninger er usikre - som han selv også fremholder.

Flere forhold spiller inn ved isleggingen av en sjø. Holmsen (1901) nevner følgende faktorer: lufttemperaturen, skydekket, nedbøren og vinden av de meteorologiske forhold - og videre faktorer som sjøens dyp, størrelse, form, omgivelser, tilløp og strøm. De siste faktorene hevder han har en underordnet betydning for de større innsjøene, men at deres betydning øker for mindre sjøer.

Som det går frem hos Devik (1932) har skydekket en meget stor betydning for isleggings-tidspunktet i en sjø.

Når det gjelder isleggingen i Femsjøen starter den først i vikene - og i de grunne partiene i nord. Det partiet som islegges sist er syd i sjøen - mellom Steinselvas utløp i sjøen og Gjelnesøya - dette forhold må skyldes gjennomstrømmingen. Isløsningen foregår nærmest i motsatt rekkefølge i det området fra Steinselva til Gjelnesøya alltid først blir isfri.

Ved den første observasjon 16. mars var isdekket ca. 50 cm. og med et snelag på ca. 5 cm, - ved den neste, 13. april, var isen nærmest helt snefri over de sentrale delene og is-tykkelsen var avtatt ca. 5 cm. Isløsningen foregikk i første

uken av mai.

For å få dannet et bilde av hvilke faktorer som hadde størst innvirkning på isleggingen vinteren 1966-67 satte jeg opp i tabell de viktigste observasjoner over meteorologiske data s. 48.

I hele desember frem til 17. var skydekket 8, og først 19. desember ble det registrert skyfritt. Isleggingen startet 20. desember og denne dato var middeltemp.  $-4,7^{\circ}\text{C}$  mot  $2,0^{\circ}\text{C}$  dagen før. Ettersom det er en viss sammenheng mellom skydekke og temperatur, er det naturlig at den lave temperatur blir registrert først etter at utstrålingen har vart en tid. Det omvendte tilfelle viser seg 23. og 24. desember der skydekket øker igjen - da stiger temperaturen.

Det ser for meg ut som om det er skydekket som er årsak til at isleggingen ikke blir startet tidligere dette året, men at det er av noe mindre betydning når isleggingen først har kommet i gang. Vindens betydning må man på bakgrunn av verdiene i tabellen kunne sette tilnærmet lik null. Derimot vil jeg ikke se bort fra at den nedbøren som er registrert 24. desember - med tilførsel av krystallisasjonskjerner kan ha fremskyndet tidspunktet for hel islegging noe.

I løpet av den siste tiårsperioden begynte isleggingen mens himmelen var skydekket bare en gang - de øvrige årene var det ved isleggingens begynnelse helt eller delvis skyfritt. Under islegging av den siste del av sjøen - fra Steinselva mot Gjelnesøya - der det er gjennomstrømming, var det bare to av årene det skjedde mens det var skydekke.

Spesielt interessante er forholdene høsten 1961 da hele isleggingen skjedde i løpet av 26. desember. Skydekket var de to siste ukene før dette ca. 8, bortsett fra 22.-23. desember da skydekket var ca. 2-3, for så 24. desember å bli observert 6-8-8, 25. desember 8-4-0 og endelig 26. desember da skydekket var 0-0-0. Temperaturen var også sunket ca.  $10^{\circ}\text{C}$  i forhold til de to foregående dagene til omlag  $-14,5^{\circ}\text{C}$ .



Istykkelsen økte raskt vinteren 1966-67 - 29 cm - i løpet av 22 dager. Minimumstemperaturene ble målt til ca.  $-11,5^{\circ}\text{C}$  som middelverdi fra isleggingsdagen og til 15. januar - og maksimumstemperaturene respektive ca.  $-4^{\circ}\text{C}$  - alt ved Brekke. Ettersom det kom lite nedbør - 30 mm - som kunne isolere isdekket, og sneen delvis også ble blåst vekk fra de sentrale områder av sjøen er den raske vekst naturlig ut fra nevnte forhold.

Middeltemp. var i januar godt under middels, mens den for februar var over normalen - det er derfor ikke usannsynlig at en stor del av den videre isvekst foregikk i løpet av januar. For alle målinger av istykkelse viste isen seg å være utelukkende stålis.

At isløsningsperioden ble kortvarig våren 1966 - fra 1. mai til 4. mai - er naturlig i det isløsningskommet sent på våren. Likeledes ble flommen voldsom da snesmeltingen foregikk meget hurtig i nedslagsfeltet og også dette favoriserte en hurtig fjerning av isdekket i sjøen (se kap. om hydrologi).

Våren 1967 varte isløsningsperioden 30 dager i det den ble registrert begynt 11. mars - og avsluttet 10. april. 16. mars ble det også foretatt brytning av råk i Femsjøen mellom Tistedal og Brekke. Etter utsagn fra mannskapet på båten "var isen da i full oppløsning, bare skum". Hvorvidt denne isbrytning har hatt noen nevneverdig betydning for tidligere isfritt i sjøen er derfor mindre sannsynlig.

Lufttemperaturen var betydelig høyere i mars enn normalt, - dette førte til en meget tidlig snesmelting som igjen førte til flom i vassdraget allerede i mars. Denne ble ikke så voldsom i det den varte betydelig lengre. Til tross for ca. 4 uker lenger isløsningsperiode - ble dog sjøen helt isfri nærmere 4 uker tidligere enn året før.

Opplysningene angående isforholdene i perioden 1924-68 er fra Halden Hovedvassdrags Brukseierforening.

## OBSERVASJONER OVER METEOROLOGISKE DATA UNDER ISLEGGINGEN HØSTEN 1966

(Islegging: 20.-24. desember)

## PRESTEBAKKE

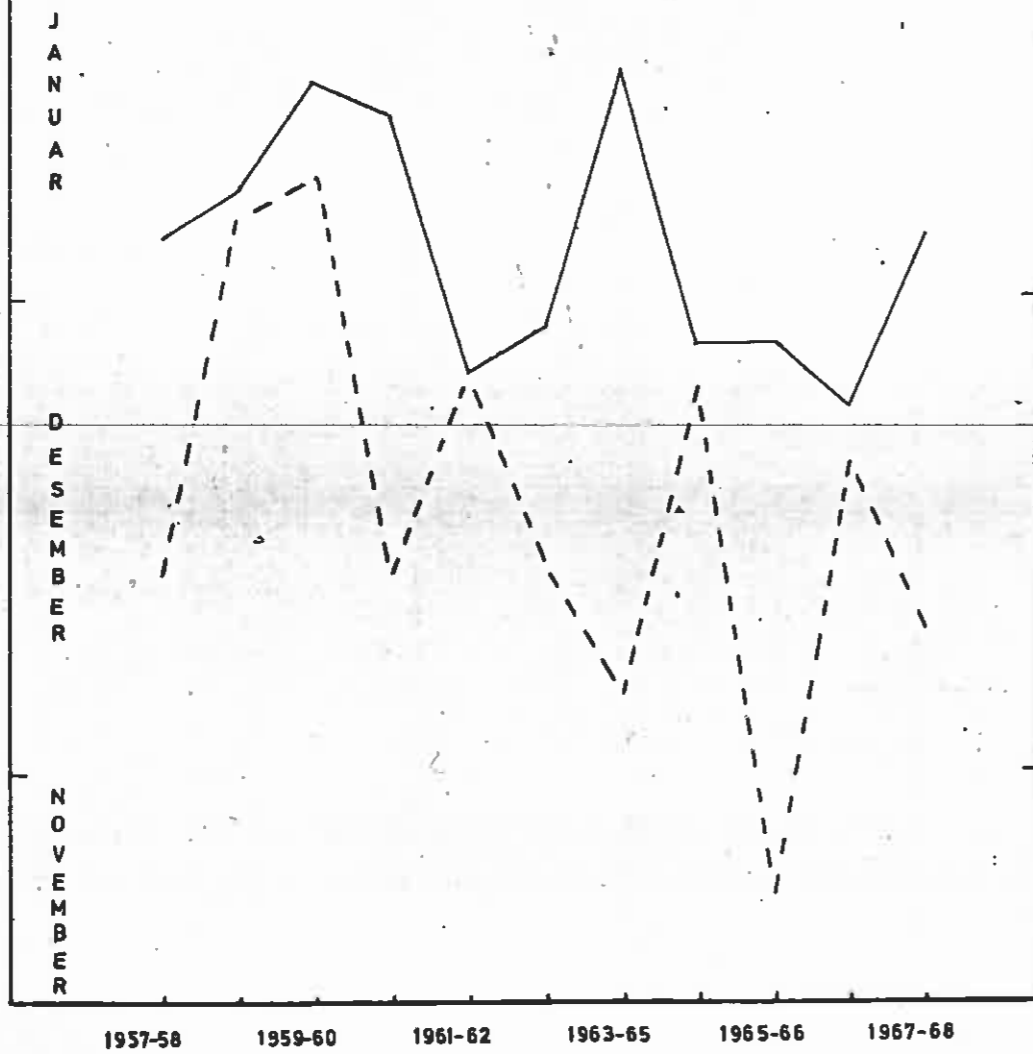
## BREKKE

Dato	Skydekke n/8	Vindstyrke Beaufort	Temp °C		Dato	Temp. °C		Nedbør mm
			Middel	max.		min.	max.	
17	888	121	0,9	4,5	17	+4,5	+5,5	5,1
18	827	333	5,4	6,8	18	7	6	8,9
19	110	211	2,0	5,3	19	6	+1	6,6
20	010	111	+4,7	0,5	20	1	+9	0
21	110	111	+7,3	+4,5	21	+3	+9	0
22	078	111	+8,5	+6,4	22	+5	+11	0
23	883	131	+3,2	0,7	23	+4	+7	0
24	881	121	+1,2	0,8	24	0,5	+4	10,4

OBSERVASJONER OVER ISLEGGING I FEMSJØEN

Vinter	Islegging begynt	Islegging avsluttet	Varighet
1957-58	8. desember 1957	4. januar 1958	27 dager
1958-59	5. januar 1959	7. " 1959	2 "
1959-60	8. " 1960	14. " 1960	6 "
1960-61	13. desember 1960	12. " 1961	30 "
1961-62	26. " 1961	26. desember 1961	-
1962-63	13. " 1962	29. " 1962	16 "
1963-64	5. " 1963	15. januar 1964	41 "
1964-65	25. " 1964	28. desember 1964	3 "
1965-66	22. november 1965	28. " 1965	34 "
1966-67	20. desember 1966	24. " 1966	4 "
1967-68	9. " 1967	4. januar 1968	26 "
Gj. snitt.	ca. 18. desember	ca. 4. januar	ca. 17 dager

# ISLEGGING AV FEMSJÖEN 1957-1968

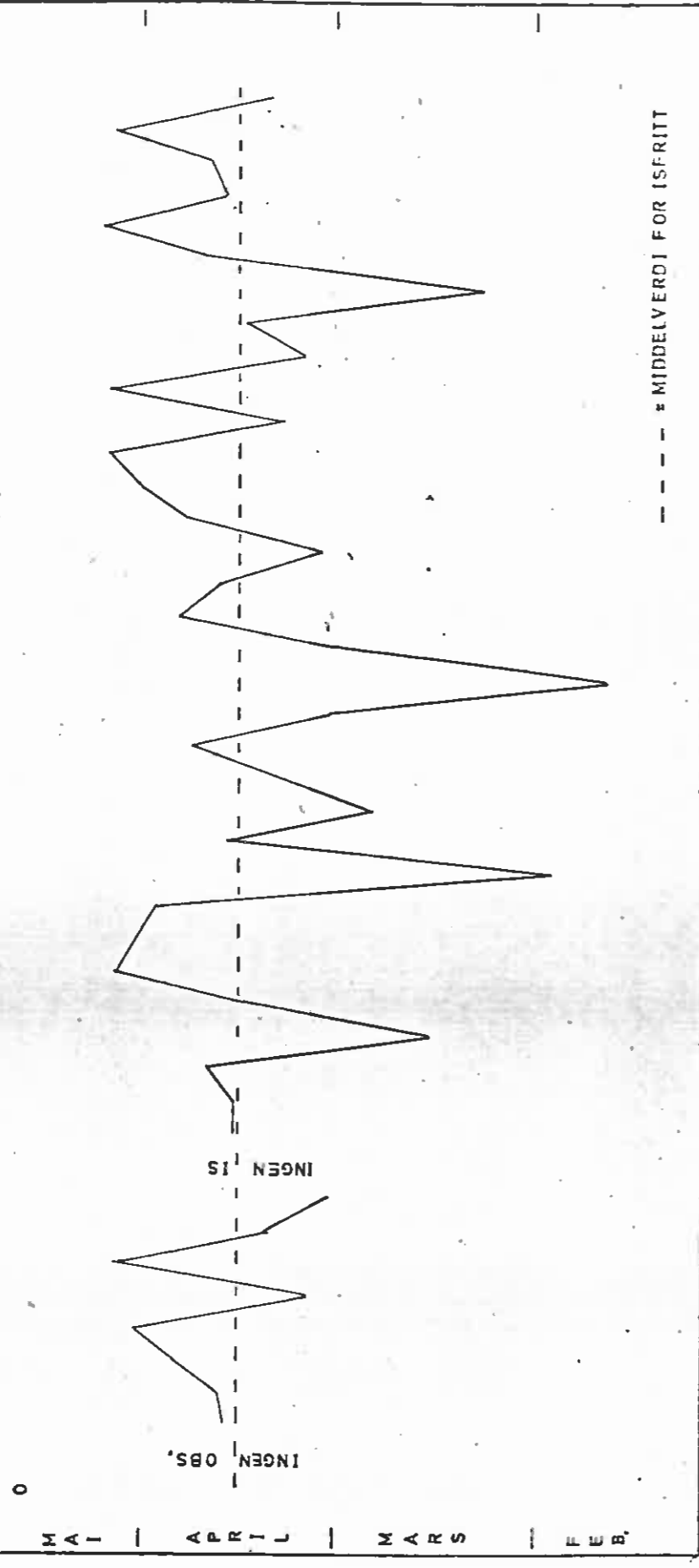


----- ISLEGGING BEGYNT, — ISLEGGING AVSLUTTET

OBSERVASJONER OVER ISFRITT I FEMSJØEN

1924	19. mai	1941	1. mai	1951	24. april	1961	8. mars
25	Ingen obs.	42	28. april	52	18.	62	20. april
26	17. april	43	26. febr.	53	2.	63	6. mai
27	18.	44	17. april	54	23.	64	17. april
28	25.	45	25. mars	55	30.	65	"
29	1. mai	46	8. april	56	5. mai	66	4. mai
30	4. april	47	22.	57	8. april	1967	10. april
		48	1.	58	5. mai		
		49	15. febr.	59	5. april		
		50	31. mars	60	14.		

# FEMSJÖEN ISFRI 1924-1967



--- \* MIDDELVERDI FOR ISFRITT

1924 -26 -28 1930 -32 -34 -36 -38 1940 -42 -44 -46 -48 1950 -52 -54 -56 -58 1960 -62 -64 -66

## METODIKK

### Observasjoner ved Femsjøen:

Observasjonene til og med august ble foretatt syd i sjøen ved merket x, og etter den tid over sjøens dypeste punkt; - begge avmerket på kartet s. 29.

Vannprøvene ble hentet med en Nansen-vannhenter, ved observasjonene til NIVA ble det benyttet en Ruttner-vannhenter. Alle gangene ble det benyttet vinsj med telleverk.

Vann for oksygen og alkalinitetsanalyser ble tappet på glassflasker, vann til de øvrige analysene ble tappet på polyetylenflaser.

Temperaturen ble målt med et Richter & Wiese vendetermometer festet til Nansenvannhenteren. Vendetermometerets temperatur ble avlest uten lupe, og usikkerheten i avlesningen regnes derfor å være ca.  $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$ . Temperaturen er korrigert etter den formel som er satt opp i Limnologisk metodikk (1963), og likeledes for de feil termometeret hadde i følge medsendt tabell. Ved NIVA ble målingene foretatt med samme type termometer festet til vanderamme, avlesningene ble foretatt med Nansen lupe.

Aktiv reaksjon ble bestemt ved hjelp av en Hellige komparator, bromthymolblått og metylrødt ble brukt som indikatorer.

Siktedypet ble målt ved hjelp av en Secchiskive, 13 cm \* 18 cm stor. Dypet er middelveiden for det dyp der skiven ikke lenger kunne sees når den ble firt ned, og det dyp den kom tilsyne på når den ble heist opp igjen.

Innsjøens farge ble observert mot Secchiskiven senket til det halve siktedyp.

Planktontrekk ble foretatt med hov med møllesilke nr. 25.

Bunnprøve ble hentet med en Ekmans bunngrabb.

Laboratoreiobservasjoner:

Oksygen: Oksygeninnholdet ble bestemt etter Winklers metode som beskrevet hos Gaarder (1915-16). Oksygeninnholdet i prosent av metning ble beregnet etter Fox's tabeller, og likeledes er det tatt hensyn til Femsjøens h.o.h. ved beregningen (Limnologisk metodikk 1963). Ved NIVA ble oksygen bestemt titrimetrisk ved Alsterbergs modifikasjon av Winklers metode (Methods of Chemical Analysis as applied to Sewage Effluents 1956).

Spesifikk ledningsevne ble målt med en Philips Philiscope målebro. Ved NIVA ble den målt med Philips direkteavlesende målebro PR9501. De oppgitte verdiene tilsvarer ledningsevnen ved 18°C,  $\kappa_{18} = n/10^6 \Omega \text{ cm}$ . I tekst, kurver og tabeller er av praktiske hensyn bare benyttet verdiene for n.

Aktiv reaksjon ble målt med et Radiometer pH-meter 25, og ved NIVA med et Radiometer pH-meter 22.

Vannets farge ble bestemt i gjennomfallende lys ved et B.D.H. Lovibond Nesleriser apparat. Fargen ble lest av mot en standardisert platina-kobolt skala. Ved NIVA ble fargen bestemt med "EEL" filter fotometer (Filter 601). Kalibrert mot standard platina-kobolt-klorid oppløsninger.

KMnO<sub>4</sub>-forbruk ble målt på ufiltrert vann som beskrevet av Weresćagin (1931). Ved NIVA ble det bestemt med Auto-Analyzer. Prøven ble behandlet med permanganat i svovelsur løsning. Varmebadets temperatur var 90°C. Fargereduksjon registrert ved 520 nm.

Total hardhet ble bestemt ved titrering med E.D.T.A. (Limnologisk metodikk 1963). Ved NIVA ble det titrert med E.D.T.A. og Eriocomsvart T som indikator. Vanligvis ble det benyttet boratbuffer (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1965).

Calcium. Innholdet av calcium ble funnet etter først å ha analysert på calcium hardhet (Limnologisk metodikk 1963).



Magnesium. Innholdet av magnesium ble beregnet etter først å ha funnet differensen mellom total hårdhet og calcium hårdhet.

Alkalinitet ble funnet ved titrering med N/10 HCl og en blandingsindikator til omslag ved pH 4,5. Ved NIVA ble det titrert potensiometrisk til pH 4,0.

Jern. Innholdet av jern ble funnet etter koking med saltsyre og tilsetning av hydroksylaminhydroklorid og orthofenantrolin. Fargen av den dannede jernkompleksforbindelse fikk stabilisere seg et døgn før ekstinksjonen av prøvene ble avlest på et Unicam spektrofotometer SP. 600. Ved NIVA ble jern bestemt med Auto-Analyzer med 2, 4, 6-tripirydyl-s-triazin som reagens. Før analysetrinnet behandles prøven med syre (thioglycolsyre) (Henriksen 1966a).

De resterende observasjonene ble alle foretatt ved NIVA.

Turbiditet ble målt på et Sigrist fotometer basert på spredning av lyset i prøven. Instrumentet var kalibrert mot standard løsninger av SiO<sub>2</sub>.

Klorid ble bestemt på Auto-Analyzer. Reagenser: Hg(CNS)<sub>2</sub> og FeNH<sub>4</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. Klorid frigjør rhodaminioner som i sur løsning gir farge med Fe<sup>+++</sup>.

Mangan ble oksydert til permanganat med ammoniumpersulfat. Sølvnitrat benyttes som katalysator. Det dannede permanganat ble bestemt kolorimetrisk (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1960).

Nitrat ble bestemt på Auto-Analyzer. Nitrat reduseres til nitritt i en kolonne pakket med metallisk kadmium. Reduksjonen blir foretatt med hydrazinkobbersulfatopløsning. Nitritt diazoteres med sulfanilsyre og kobles med naftylamin (Henriksen 1965b).

Ortho-fosfat ble bestemt på Auto-Analyzer. Molybdo-fosforsyre ekstraheres i svovelsurt miljø med isobutanol og reduseres med klorid løst i isobutanol (Henriksen 1965a, 1966b).

Total-fosfat ble analysert for orthofosfat etter oppslutning med svovelsyre og hydrogenperoksyd.

## TERMIKK

### Temperaturløpet i sjøen.

Da observasjonene startet 16. mars 1966 syd i sjøen var den isdekket og temperaturstratifikasjonen invers. Denne typiske temperaturfordeling for en vinterstagnasjonsperiode var det ikke ved neste observasjon, 13. april, temperaturen var da steget i de øvre 12 m av vannmassene og viste der homotermi. Årsaken til denne homotermi antas å være forårsaket av innstrømmende smeltevann som har forårsaket tetthetsstrømmer. Rodhe (1951-52) nevner at slike strømmer også kan bli satt i gang av oppvarming gjennom isen, - denne var på dette tidspunkt snefri, også i de dypere vannmasser var det en markert temperaturstigning.

Isdekket gikk sent våren 1966 (jfr. tabell s. 51) og hele isløsningen tok 3 dager med isfritt 4. mai. 12. mai sirkulerte vannmassene ved ca.  $3,7^{\circ}\text{C}$ , med andre ord ved lavere temperatur enn for maksimal tetthet,  $t_{mt}$ . Ved den neste observasjon 16. juni var det utviklet en begynnende sommerstratifikasjon, dypvannet hadde en temperatur på over  $6^{\circ}\text{C}$ . Det må antas at sirkulasjonen fortsatte forbi  $t_{mt}$  til homotermi ved ca.  $6^{\circ}\text{C}$  - og at dette skjedde i løpet av mai, før innstrålingen hindret videre sirkulasjon. For å holde ved like en sirkulasjon over  $t_{mt}$  kreves det ytre agenser, og i dette tilfelle er det to som sammen har holdt denne i gang, nemlig gjennomstrømming og vind.

Gjennomstrømmingen var i mai måned meget stor (s. 42) og har sannsynligvis vært årsaken til det store metalimnion som er dannet (Ruttner 1965), dette kan nok også ha vært forårsaket av vinden i det Femsjøen må kunne sies å være vindeksponert i ikke ubetydelig grad. At begge agensene har virket sammen er utvilsomt, men jeg er tilbøyelig til å tro at gjennomstrømmingen i mai har hatt større innvirkning på temperaturfordelingen gjennom hele vannmassen enn vinden. Temperaturen i de øverste 3 m må skyldes oppvarmingen i løpet

av dagen med skyfritt og stor innstråling (ca. 30°C ble målt da prøvene ble tatt) - denne antagelse støttes også av observasjonene for oksygenmetningen (s. 80) i det de 2 øverste meterene da hadde overmetning - de eneste under hele observasjonsperioden.

Den 4. august var det utviklet en typisk sommerstratifikasjon med en markert termoklin, temperaturavtak på ca. 8,5°C i løpet av 6 m. Temperaturen i hypolimnion har steget og termoklinen ligger dypere. Tre uker senere, 24. august har termoklinen blitt presset ytterligere 5 m ned. Høstavkjølingen har nå satt inn og epilimnion har ca. 2° lavere temperatur, hypolimnion ser ut til å ha fått en ubetydelig temperatursenkning.

Samtlige av observasjonene som er omtalt til nå er fra det sydlige parti av sjøen - der gjennomstrømmingen fra Steinselva merkes best. De observasjoner som videre skal omtales er alle fra over sjøens største dyp - med unntak av en observasjon fra det tidligere omtalte sted. Denne vil bli kommentert nærmere senere.

Den første observasjon over sjøens dypeste punkt ble foretatt 4. oktober. Temperaturkurven viser her tre termokliner utviklet (s. 138). 31. oktober var termoklinen blitt trykket ned til rundt 25 meters dyp. Differensen mellom temperaturen i epi- og hypolimnion var nå bare ca. 2°C, stabiliteten var avtatt. For å avgjøre om sirkulasjonen var begynt, foretok min far temperaturmålinger i det øvre vannlag for meg 19. november. Denne målingen viste en temperatur på ca. 6,3°C - og jeg antar at sirkulasjonen hadde startet få dager før. Vannmassene var kjølet ned til ca. 5,5°C 28. november, slik at temperaturen ved sirkulasjonen hadde avtatt ca. 0,1°C pr. døgn siden forrige måling.

Isleggingen begynte 20. desember med helt isdekke 4 døgn senere. Jeg vil anta vannet før isleggingen sirkulerte til en temperatur lavere enn  $t_{mt}$  - og at den siste sirkulasjon ble forårsaket av gjennomstrømmingen og vindens evne til å skape tetthetsstrømninger i de nå labile vannmasser.

Den planlagte observasjon siste uke i desember måtte utgå p.g.a. isleggingen, og neste observasjon foregikk ikke før 15. januar. Istykkelsen var da 29 cm, med variasjoner på 3-4 cm over et meget lite område, dette ble konstatert i det jeg søkte etter det dypeste punkt. Temperaturmålingen viste invers skiktning med  $1,22^{\circ}\text{C}$  for 1 m og  $3,58^{\circ}\text{C}$  for 48 m, - for 49 m fikk jeg opp en vannprøve som var noe forurenset og der temperaturen var  $3,64^{\circ}\text{C}$  (ikke ført i tabellene). Dessverre ble ikke det dypeste punkt lokalisert før mørket kom. Allikevel vil jeg uten sikre data fra 49 og 50 m anta det har foregått en ikke ubetydelig varmeavgivelse fra sedimentene frem til observasjonen 26. februar. Ser vi på temperaturen for 35 m er den lik for begge datoene  $3,26^{\circ}$  og respektive  $3,40$  og  $3,39^{\circ}\text{C}$  for januar og februar for 40 m. I 45 og 48 meters dyp har temperaturen i begge dyp øket med  $0,16^{\circ}\text{C}$  og for 49 m er økningen på  $0,39^{\circ}\text{C}$ . Jeg har tidligere antatt at vannet har sirkulert til en temperatur under  $t_{mt}$ , som er  $3,88^{\circ}\text{C}$  for 50 m (Strøm 1945). Selv om det bare har vært sirkulasjon ned til  $t_{mt}$  ville dette medføre at vannet i 50 m har blitt varmet opp  $0,19^{\circ}\text{C}$  fra isleggingen, - sannsynligvis har oppvarmingen vært større enn for 49 m - tilsvarende ca. en halv grad.

Kalle (1943) regner med en varmeavgivelse av 55 og 74 cal./cm<sup>2</sup>/år respektive for geotermisk varme og varme på grunn av oksydasjonsprosesser i slammet - begge disse beregninger er fra bunnforhold i havet. Disse faktorer anses som helt uvesentlige for den varmeøkning som har funnet sted - og årsaken til denne må være at slammet avgir den varme som det akkumulerte i løpet av sommeren - temperaturen var da hele tiden over  $6^{\circ}\text{C}$ . Temperaturene for 49 og 50 m skulle tilsi at vannet i disse dyp vil stige opp, men samtidig med turbulens som fremkommer på grunn av varmeavgivelsen har vi også fått en diffusjon av salter til de frie vannmasser over bunnen slik at tettheten har øket på grunn av dette. Disse to forhold kompenserer hverandre delvis. I de øvre vannlag har temperaturen avtatt ned til 16 m - istykkelsen var ved denne observasjon 46 cm.

Isløsningen begynte meget tidlig våren 1967 (se s. 47), nærmere bestemt 11. mars - og råk ble som omtalt s. 47, gått opp 16. mars til Brekke. Da jeg 27. mars skulle foreta

observasjoner var det fortsatt isdekke over det dypeste parti av sjøen. Første observasjon for våren ble foretatt 4. april. Fortsatt var da store partier ved og nord for Lilløya islagt, og likeledes de fleste vikene; - selv måtte jeg hugge råk ut fra viken ved Grindstad gård. Helt isfritt ble det 10. april.

Temperaturobservasjonene viste homotermi gjennom hele vannmassen med ca.  $2,4^{\circ}\text{C}$ . Hvis man tar den relativt lange periode med delvis isfritt og store partier is langs vikene i betraktning, vil jeg ikke holde det for usannsynlig at vannet begynte å sirkulere ved en temperatur litt under  $2^{\circ}\text{C}$ . Sirkulasjonsperioden ble ekstra lang denne våren i det vannet ble isfritt så mye tidligere enn normalt (se s. 44). 4. mai hadde vannet sirkulert frem til ca.  $4,6^{\circ}\text{C}$  - altså over  $t_{\text{mt}}$ . Jeg vil tro at vindens betydning har relativt større innflytelse ved å skape tetthetsstrømmer over dette dyp enn gjennomstrømmingen. Dette dyp har gjennomstrømming fra mindre elveutløp og kommer mer i "le" for hovedvassdraget - dog vil nok også dette ha sin innvirkning på vannmassene her. Sirkulasjonen fortsatte sannsynligvis ved disse agensers hjelp frem til ca.  $6^{\circ}\text{C}$ . 5. juni har de øverste metrene en temperatur på over  $11^{\circ}\text{C}$ , og bunnen ca.  $6^{\circ}\text{C}$  - ingen virkelig termoklin er etablert ved dette tidspunkt. Heller ikke en måned senere, 5. juli, var dette tilfelle - temperaturkurven har et forløp som skulle tyde på stor gjennomstrømming, - noe det ikke var. Temperaturen i hypolimnion har steget  $1^{\circ}\text{C}$  til ca.  $7^{\circ}\text{C}$  og temperaturfordelingen med det store metalimnion vil jeg tro er oppstått ved at vinden kort tid før denne observasjonen har drevet varmere vann ned, og at det i løpet av tiden siden dette ikke har rukket å bli dannet noen stabil sommerstratifikasjon. At gjennomstrømmingen også har hatt betydning ved å skape tetthetsstrømmer i termoklinområdet anses for sikkert - likeså at dette har øket vindens evne til å drive varme ned. Dog har den mere stabile sommerskiktningen etter hvert gjort det vanskeligere for disse agensene å drive mer varme ned mot bunnen, i det økningen frem til 5. august var  $0,3^{\circ}\text{C}$  og fra denne observasjon til 10. september ytterligere

0,1°C. Først 5. august var en virkelig termoklin utviklet denne sommer - og en måned senere var denne presset ned 5 m i det høstavkjølingen allerede hadde inntrådt ved denne tid.

For å se i hvilken utstrekning de målingen som ble foretatt ved de to forskjellige observasjonsstedene harmonerte med hverandre, ble det 5. august 1967 også foretatt målinger syd i sjøen som i første del av undersøkelsesperioden. Måleresultatene viste for temperaturens vedkommende at den var noe lavere i alle dyp til og med for 30 m (se s.155 og 157) i det sydlige parti av sjøen - med andre ord i de lag hvor vannet lettest blir påvirket av den store gjennomstrømmingen fra hovedvassdraget.

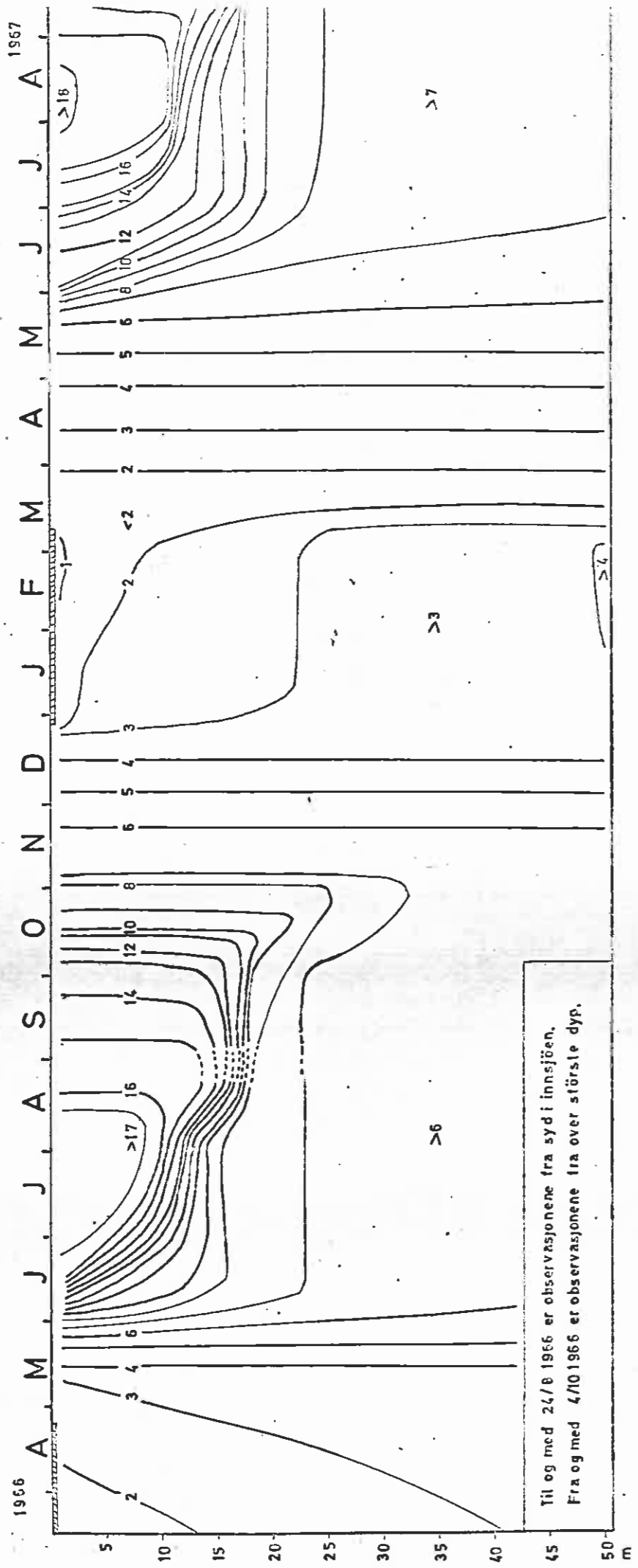
Ut fra den erfaring jeg her gjorde kan man ikke uten videre si at målingene ved det ene sted er representativt for det andre. Av denne grunn er isotermene (s. 62 ) stiplet for å markere dette ved skiftet av observasjonsplass fra august til oktober 1966.

Temperaturobservasjoner (°C) i Femsjøen 1966-1967.

DYP m	16/3	13/4	12/5	16/6	4/8	24/8	4/10	31/10	28/11	15/1	26/2	4/4	4/5	5/6	5/7	5/8	10/9
1	1,07	2,02	3,76	16,81	17,76	15,65	13,10	8,70	5,56	1,22	0,71	2,38	4,71	11,86	15,35	18,10	16,48
2		2,01		15,84	17,72		12,97	8,70	5,56	1,70	1,43	2,38	4,72	11,69	15,31	18,08	16,15
3		2,02		13,68	17,35												
4	1,48	2,02	3,76	13,52	17,41	15,55	12,89	8,70	5,56	2,18	1,65	2,38	4,71	9,28	15,29	17,72	15,71
5				11,71	17,41												
6	1,69	2,04	3,72	11,28	17,45	15,55	12,01	8,70	5,56	2,44	1,93	2,38	4,67	8,05	13,14	17,45	15,65
8				9,77	17,21	15,55	12,01	8,70	5,56	2,44	1,93	2,38	4,67	8,05	13,14	17,45	15,65
10				16,12												17,28	
11																16,32	
12	2,02	2,02	3,72	9,10	11,32	15,42	12,01	8,70	5,55	2,67	2,33	2,38	4,63	7,50	12,33	13,47	15,46
14				14,58													
16	2,43	2,62	3,73	7,77	7,48	11,40	11,97	8,65	2,84	2,66	2,66	2,38	4,67	7,05	10,86	10,56	12,34
17				11,61													
18				7,50													9,75
20	2,58	2,83	3,70	7,47	7,18	7,13	8,42	8,65	5,55	2,90	2,89	2,40	4,63	6,79	8,63	8,91	8,67
22,5				6,54	6,78		7,12	8,61		3,04	3,08	2,39	4,63	6,70	7,86	7,96	7,97
25		2,93					6,95	7,93									
27,5								7,25									
30	2,78	3,01	3,70	6,46	6,83	6,68	6,85	7,07	5,54	3,24	3,16	2,40	4,63	6,45	7,45	7,85	7,77
35		3,07		6,54	6,78			7,07		3,26	3,26	2,39	4,60	6,37	7,33	7,57	7,72
39		3,43															
40	2,98	3,48	3,73			6,50	6,78	6,82	5,56	3,40	3,39	2,41	4,60	6,30	7,27	7,53	7,65
41				6,27	6,59												
42,5				6,27	6,52												
45							6,71			3,47	3,63	2,43	4,60	6,14	7,15	7,46	7,60
48									5,59	3,58	3,74	2,45	4,60	6,08	7,14	7,46	7,54
49											4,03	2,47	4,60	6,07	7,12	7,46	7,54
50							6,81	6,72	5,56		4,07	2,49	4,60	6,03	7,11	7,44	7,54

Til og med 24/8 1966 er observasjonene fra syd i innsjøen. Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.

# ISOTERMER FOR FEMSJÖEN ( °C )



Til og med 24/8 1966 er observasjonene fra sydi innsjøen.  
 Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.



Varmeinnhold.

En sjøs totale varmemengde er karakterisert ved den varmemengde den er tilført over 0°C. Tilsvarende kan man også karakterisere varmemengden i en sjø i relasjon til den varmemengde den har ved t<sub>mt</sub>.

Femsjøens varmeinnhold er beregnet på grunnlag av sistnevnte definisjon, men det er gjort den forenkling under beregningen at t<sub>mt</sub> har vært regnet for 4°C gjennom alle dyp. Strøm (1945) fant at t<sub>mt</sub> ved overflaten tilsvarte 3,94°C og 3,88°C for 50 m dyp.

Femsjøens varmeinnhold er beregnet etter utregningsmetoden til Hobæk (1958), - som igjen bygger på Birge & Judays (1914) metode. Etter å ha innført redusert dyp kan varmeinnholdet regnes ut ved følgende integral.

$$Q = \int_0^R t_z dr - \int_0^R t_{mt} dr$$

I denne likning er Q lik varmeinnholdet under en arealenhet av sjøens overflate. t<sub>z</sub> er temperaturen i dypet Z og R er det reduserte dyp for maksimal-dypet.

De reduserte dyp er fremkommet ved å dividere et dyps ovenforliggende vannmasser - beregnet ut fra den batygrafiske kurve - med sjøens overflateareal. For Femsjøen er samsvaret mellom de reelle dyp z og de reduserte dyp r følgende:

Reelt dyp z m	Redusert dyp r m	Reelt dyp z m	Redusert dyp r m
1	0,96	14	10,34
2	1,88	15	10,90
3	2,75	16	11,43
4	3,57	18	12,47
5	4,36	20	13,43

forts.

forts.

Reelt dyp z m	Redusert dyp r m	Reelt dyp z m	Redusert dyp r m
6	5,12	25	15,47
7	5,86	30	17,02
8	6,57	35	18,23
10	7,91	40	19,16
11	8,55	45	19,68
12	9,17	50	19,72

Det varmeinnhold som blir funnet representerer ikke noe absolutt mål - i det det er flere forhold som påvirker det. Disse forholds innflytelse på varmebudsjettet er av varierende betydning og skal omtales nærmere i det følgende.

Det er ikke tatt hensyn til de beskjedne vannstandsvariasjonene (s. 40) som er i Femsjøen - i det det bare er under vårsirkulasjonsperioden at den er av noen størrelse, men ettersom sjøen ved denne tid har homotermi får heller ikke denne noen vesentlig betydning.

De observerte temperaturer fra målestedet er det regnet med som om de var representative for hele sjøen. Dette ble det påvist 5/8 1967 ikke var tilfelle - noe som vel trolig er forårsaket av gjennomstrømmingen i sjøen. Vind fra en retning kan også få termoklinen til å ligge på skrå, med det til følge at temperaturen blir forskjellig for sjøens områder.

Begge disse agenser kan også sette i gang seiches som kan gi samme resultat som nevnt over. Halbfass (1923) nevner at indre seiches kan innfluere på termoklinens beliggenhet.

Videre varierer temperaturen i de øvre vannmasser i løpet av døgnet - slik at tidspunktet målingene blir foretatt på kan influere på varmeinnholdet. Dette viste blant annet de målinger Strøm (1944) foretok i Eikeren.

Ved beregningen av varmeinnholdet i den tid sjøen er islagt, er det regnet med at isens tykkelse er den samme over

hele sjøen - målingene 15/1 1967 viste at så ikke var tilfelle.

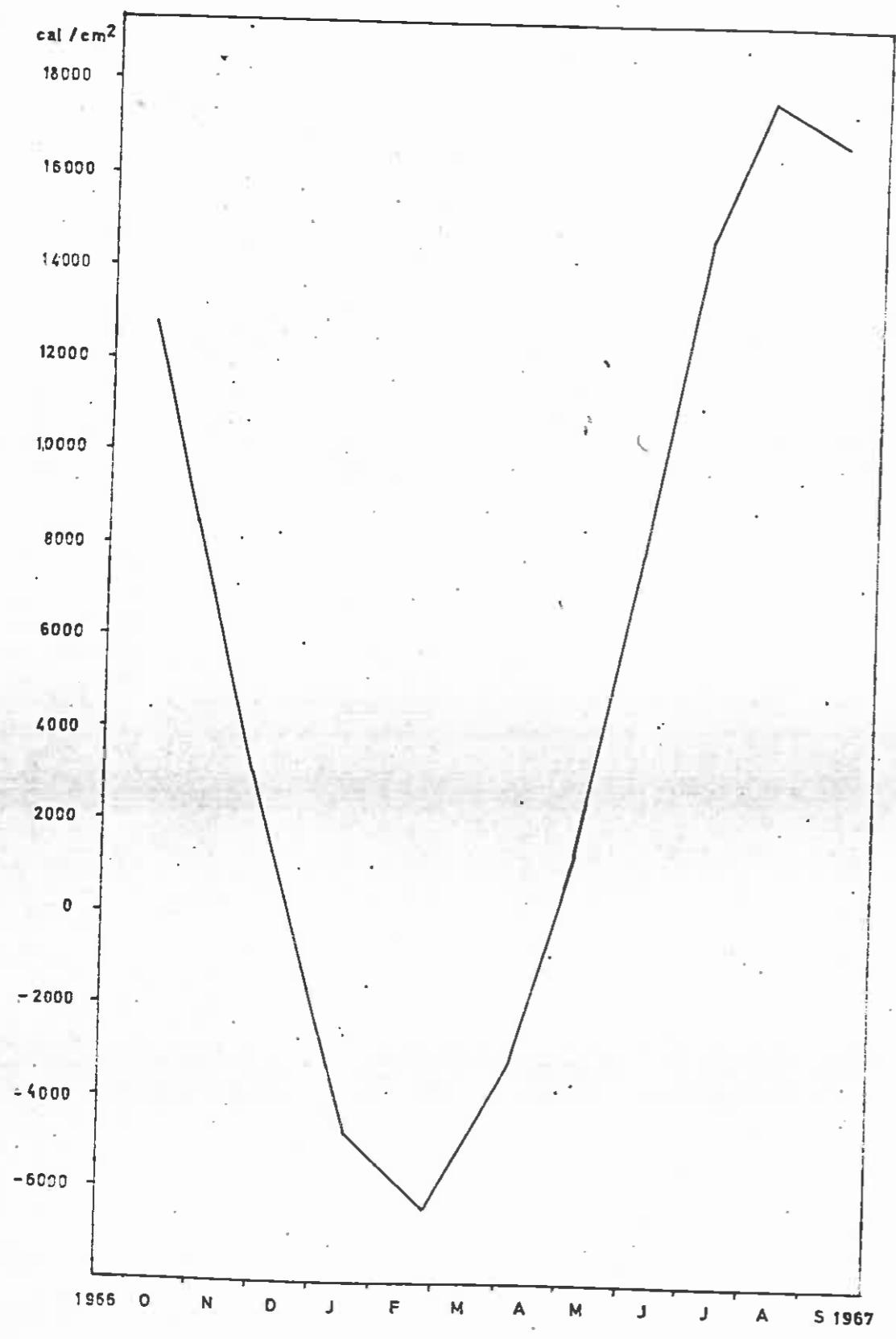
Videre er det ikke tatt hensyn til sneens varmeinnhold. Sneen vil jeg også anta har vært en årsak til varierende istykkelse - i det vindeksposisjonen medførte at de sentrale deler av sjøen har betydelig mindre sne enn de øvrige områder. At gjennomstrømmingen til Steinselva kan ha ført til mindre istykkelse for området der den renner gjennom sjøen, og også den senere isleggingen der, anses for rimelig.

Ved beregning av varmeinnholdet i perioden med isdekke er isens smeltevarme regnet lik 80 cal/g og isens egenvekt lik 0,9. Isens temperatur ble regnet lik 0°C gjennom hele isdekket og videre ble isen regnet for å ha samme konsistens - dette var og tilfelle de gangene jeg tok observasjoner i det det var bare stålis hver gang.

I tillegg til dette vil avlesnings-usikkerheten av temperaturen spille inn, gyldighetene av de morfometriske data - og usikkerheten ved planimetreringen vil kunne influere noe på det beregnede varmeinnholdet.

De faktorer som er nevnt, - viser at det beregnede varmeinnhold for de enkelte observasjonsdager ikke representerer absoluttverdier. Dog gir de et ganske godt bilde av varmeinnholdet - og den forandring av det som finner sted i sjøen. Verdien av varmeinnholdet og dets forandring gjennom året er framstillet grafisk s. 66 og satt opp i følgende tabeller.

# Variasjon av varmeinnhold i Femsjøen



Dato	Varmeinnh. cal/cm <sup>2</sup>	Periode	Økning/Avtak i varmeinnh.	Totalt	cal/cm <sup>2</sup> ca. pr. døgn
4/10-66	12,770	4/10-31/10	Avtak	4,290	159
31/10 "	8,480	31/10-28/11	"	5,410	193
28/11 "	3,080	28/11-15/ 1	"	7,840	163
15/ 1-67	- 4,770	15/ 1-26/ 2	"	1,620	39
26/ 2 "	- 6,390	26/ 2- 4/ 4	Økning	3,220	88
4/ 4 "	- 3,170	4/ 4- 4/ 5	"	4,450	146
4/ 5 "	1,280	4/ 5- 5/ 6	"	6,610	206
5/ 6 "	7,890	5/ 6- 5/ 7	"	6,780	226
5/ 7 "	14,670	5/ 7- 5/ 8	"	3,030	98
5/ 8 "	17,700	5/ 8-10/ 9	Avtak	830	23
10/ 9 "	16,870				

Av det oppførte varmeinnhold for 15/1 utgjorde isen - 2.090 cal./cm<sup>2</sup> og for 26/2 - 3.310 cal./cm<sup>2</sup>, - i førstnevnte tilfelle noe under halvdelen og i det andre tilfellet noe over halvdelen av varmeinnholdet for vedkommende observasjon. Den negative verdi for 4/4 skyldes vannets homotermi ved ca. 2,4°C - og ikke is.

Ettersom observasjonene før 4/10 1966 ikke ble foretatt over det største dyp er det ikke ført opp noen verdier for varmeinnhold på grunnlag av disse observasjonene.

#### Varmebudsjettene.

Et sommerbudsjett gir et uttrykk for den varmemengde som er tilført sjøen for å få hevet varmeinnholdet til dets maksimum om sommeren, minus den varmemengde sjøen hadde ved 4°C. Denne varmemengde kalte Birge & Juday (1914) for vind-distribuert varme.

Med den gjennomstrømmingen som er i Femsjøen vil den også ha vært med på å bringe varme nedover i vannmassene, slik at sommerbudsjettet ikke gir noe mål for vind-distribuert varme i Femsjøen.

Vinterbudsjettet gir et uttrykk for den varmemengde som blir avgitt fra sjøen, - etter at den har nådd homotermi ved 4°C under høstsirkulasjonen.

Årsbudsjettet betegner den varmemengde som skal til for å heve varmeinnholdet fra dets minimum-til det maksimumsverdi i sjøen.

Ettersom Femsjøen kan ha hatt et lavere varmeinnhold enn det som er observert 26/2 - og også et høyere enn det som er observert 5/8 - sier den varmemengde som er tilført sjøen i denne periode bare at minst så stort årsbudsjett har Femsjøen hatt.

Av det foregående kan vi da sette opp varmebudsjettene for tidsrommet fra 4/10 1966 til 10/9 1967 og får:

Sommerbudsjett: 17.700 cal./cm<sup>2</sup>.  
Vinterbudsjett: - 6.390 — " —  
Årsbudsjett: 24,090 cal./cm<sup>2</sup>.

Birge & Juday (1914) definerte "første klasses sjøer" slik at de omfattet dem som tok opp all den tilførte varme ved de klimatiske forhold sjøene hadde. Rodhe (1951-52) har på bakgrunn av dette kaldt de sjøene som ikke tar opp optimalt av den tilførte varme for "andre klasses sjøer", - med andre ord sjøer som kunne tatt opp mer varme om de bare hadde vært dypere.

Ettersom Femsjøens bunntemperatur er ca. 3,5°C høyere enn  $t_{mt}$ , ville den derfor utvilsomt vært i stand til å lagre mer varme i løpet av sommeren om den hadde vært dypere. Dette ville igjen ha medført et høyere sommerbudsjett for Femsjøen - og årsbudsjett.

En sammenlikning av Femsjøens varmeinnhold med andre sjøer vanskeligjøres av nevnte forhold - og en direkte sammenlikning innskrenker seg til sjøer med nogenlunde analoge forhold.

OPTIKK

Innsjøens farge.

For samtlige dager innsjøens farge ble observert inneholdt den fargene brunt og gult; noen av gangene var det vanskelig å avgjøre hvilken av fargene som dominerte - spesielt høst og vår.

Fargene, som er subjektivt bedømt, har jeg angitt etter den skala som er satt opp av Strøm (1943). Fargeangivelsen brunlig gul og gullig brun ligger begge innen den del av skalaen som angir dystrofi. Begge er spesielt typiske for dystrofe innsjøer.

OBSERVASJONER OVER FEMSJØENS FARGE

1966	Farge	1967	Farge
13. april	Gullig brun	15. januar	Gullig brun
16. juni	Gullig brun	26. februar	Gullig brun
4. august	Brunlig gul	4. april	Gullig brun
24. august	Brunlig gul	4. mai	Brunlig gul
4. oktober	Gullig brun	5. juni	Brunlig gul
31. oktober	Gullig brun	5. juli	Brunlig gul
28. november	Gullig brun	5. august	Brunlig gul
		10. september	Brunlig gul

Av tabellene går det frem at fargen brunlig gul bare forekom i sommertiden begge år, og at tilsvarende fargen gullig brun forekom i vinterhalvåret begge år.

Humusinnholdet - som gir den brune komponenten i vannet - er betinget av de områdene sjøen får sin drenering fra. Elgmork (1960) nevner at mindre humifisert torv gir svakere brunfarge enn mer humifisert.

Tilslig fra forskjellige områder i nedslagsfeltet kan - om deres innbyrdes betydning med hensyn til drenering varierer i

året - få innvirkning på brunfargen i vannet. Likeså hevder Elgmork (1960) at varierende nedbørmengder kan ha betydning for fargen. Hvorvidt disse forhold har noen betydning for forholdene i Femsjøen er det vanskelig å si - i tilfelle er betydningen sannsynligvis beskjeden.

Det påviste phytoplankton (s.113) - og spesielt av diatomeer - kan ha vært medvirkende til farging av vannet (Ruttner 1965).

Hydroksyder av jern og mangan kan være årsak til farging av vannet (Åberg og Rodhe 1942) - dog er verdiene i Femsjøen så små at de ikke kan ha noen betydning. Dette er omtalt nærmere s. 72 i forbindelse med vannets farge.

Den avfargning som er i Femsjøen om sommeren kan være forårsaket av sollyset. Åberg og Rodhe (1942) nevner sollyset som årsak til avfarging - og hevder videre at denne avfarging kan bli katalysert om det er jern i vannet.

#### Vannets farge.

Observasjonene som er foretatt over vannets farge er ført opp i tabell s. 71. Verdiene, som er fremkommet etter subjektiv vurdering, er noe usikre; - idet fargekomponentene var noe vanskelige å plasere eksakt i forhold til standardfargene. Mest korrekte vil jeg tro verdiene er som uttrykker størst farge - usikkerheten for de øvrige vil jeg regne for noe mer enn  $\pm 5$  mg Pt/l. Verdiene avlest ved fotometer har en mindre usikkerhet.

På grunn av den nevnte usikkerhet jeg tillegger observasjonene - og de små variasjoner som de uttrykker - har jeg ikke tegnet noe isopletdiagram over vannets farge.

Ved siden av humusstoffene - som er de viktigste for fargen i vannet i Femsjøen - kan også hydroksydene av jern og mangan ha noen betydning for fargen. I Femsjøen anses disse komponentene dog bare å ha hatt noen betydning for observasjonsverdiene 26. februar - dette forhold skal omtales senere.

De høyeste verdiene gjennom hele vannmassen ble observert



OBSERVASJONER FOR FARGE (som mg Pt/l) I FEMSJØEN 1966-1967

DVP m	16/3	13/4	12/5	16/6	4/8	24/8	4/10	31/10	28/11	15/1	26/2	4/4	4/5	5/6	5/7	5/8	10/9
1	39	40	53	45	35	45	35	35	45	45	45	35	35	35	35	30	25
2		40		45	35	35	35	35	45	45	45	35	35	35	35	30	30
3		40		45	35	35	35	35	45	45	45	35	35	35	35	30	30
4	41	40	58	45	35	44	35	35	45	45	40	35	35	35	35	30	30
5				45	35	35	35	35	45	45	40	35	35	35	35	30	30
6				45	35	35	35	35	45	45	40	35	35	35	35	30	30
8	44	40	58	45	35	45	35	40	45	45	40	35	35	35	35	30	30
10				40	40	40	35	40	45	45	40	35	35	35	35	30	30
11				45	40	49	35	40	45	45	40	35	35	35	35	30	30
12	37	40	53	45	40	49	35	40	45	45	40	35	35	35	35	30	30
14				45	45	49	35	40	45	45	40	35	35	35	35	30	30
16	35	40	57	45	45	49	35	40	45	45	40	35	35	35	35	35	30
17				45	45	45	35	40	45	45	40	35	35	35	35	35	35
18				45	45	51	35	40	45	45	40	35	35	35	35	35	35
20	36	40	58	45	45	45	35	40	45	45	40	35	35	35	35	35	35
22,5				45	45	45	35	40	45	45	40	35	35	35	35	35	35
25		40		45	45	45	40	40	45	45	40	35	35	35	35	35	35
27,5				45	45	45	40	45	45	45	40	35	35	35	35	35	35
30	35	35	62	45	45	48	40	45	45	45	40	35	35	35	35	35	35
35		35		45	50	45	40	45	45	40	45	35	35	35	35	35	35
39		35		45	45	45	40	45	45	40	45	35	35	35	35	35	35
40	37	35	55	45	40	49	40	50	45	40	45	35	35	35	35	35	35
41				45	50	45	40	45	45	40	45	35	35	35	35	35	35
42,5				45	50	45	40	45	45	40	45	35	35	35	35	35	35
45																	
48									45	40	50	35	35	35	35	40	40
49									70	40	70	35	35	35	35	40	40
50							50	50	120	45	120	35	35	40	35	40	45

Til og med 24/8 1966 er observasjonene fra syd i innsjøen. Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.

under vårsirkulasjonen 1966. Dette må antas hovedsaklig å være forårsaket av vårflommens tilførsel av alloktont materiale.

Et annet moment som kan forklare den høye farge på denne tid, kan være at fotometeret klarer å registrere mer av den tilstedeværende farge enn den subjektive vurdering.

Hvis vi ser på verdiene i tabellene (s. 71) ser vi at vi har fått et fargeavtak etter vårsirkulasjonen for observasjonene 16. juni og 4. august - med en økning igjen 24. august og avtak igjen etter dette. Nå er verdiene for 24. august også lest av med fotometer - og viser et avtak på ca. 10 Pt-enheter siden 12. mai. Selv om usikkerheten ved den subjektive vurdering er stor ser det for meg ut som - om man betrakter observasjonene fra april til oktober - at antagelsen om at fotometeret registrerer større del av fargen enn den subjektive metode er riktig. De høyeste verdiene jeg fant i løpet av observasjonsperioden var 70 og 120 mg Pt/l 26. februar rett over bunnen.

Åberg og Rodhe (1942) satte frem på grunnlag av laboratorieforsøk, et uttrykk for hvordan jern- og manganforbindelsen ville påvirke vannets farge - uttrykt som mg Pt/l. Etter dette skulle 1 mg Fe/l øke fargen med 20 mg Pt/l. Den mengde av Fe som er observert for 50 m skulle etter dette gi en økning i farge av ca. 35 mg Pt/l - dette er imidlertid utilstrekkelig for å forklare den store økning i farge.

Fargeøkningen må derfor skyldes humus eller mangan. Åberg og Rodhe (loc. cit.) fant at 1 mg Mn/l ville tilsvare en farge på ca. 150 mg Pt/l.

Ettersom jern har gått i løsning - og mangan løses før jern - vil jeg ikke anse det for urimelig at mangan har bidratt til denne fargeøkning.

Av de tilløp Femsjøen har, ble det analysert på farge (som mg Pt/l) fra tre av disse med følgende resultat.

Dato	Rjør	Tue	Steinselva
26. februar	85	55	
4. mai	65	30	
3. juni			35

Vannet fra Tue 26. februar og 4. mai var bare ubetydelig forskjellig fra sjøvannets farge. Tilløpet som kommer ut ved Rjør hadde derimot begge ganger mer farge enn sjøen. At begge tilsig hadde mindre farge i mai antas å være forårsaket av at vannet har blitt fortynnet av smeltevann.

Vannet fra Steinselva er hovedtilsiget til Femsjøen, det hadde samme farge som ble observert i sjøen. Tilsigenes relative betydning er behandlet i kap. om hydrologi.

Fra vårsirkulasjonen og utover hele sommeren 1967 ble fargen i alle dyp målt lik 35 Pt-enheter - unntatt for de øvre lag i august og september da verdiene her var lavere, og for lagene rett over bunnen som hadde en høyere farge. Som tidligere nevnt ble samme forhold observert også sommeren før. Dette forhold samsvarer med det observerte avtak i innsjøens farge.

De lavere verdier for farge som ble observert under vårsirkulasjonen 1967 enn våren før, - vil jeg anta kan ha sin årsak i forskjellen i flommens innvirkning og forløp de to år. Den lavere verdi anses også å være betinget av at fargen siste året ble bestemt uten fotometer, i motsetning til året før.

Turbiditet.

Turbiditeten ble observert 3 ganger i observasjonsperioden (s. 123 også data for 9. nov. 1965), resultatene er samlet i følgende tabell.

OBSERVASJONER OVER TURBIDITET  
(som mg SiO<sub>2</sub>/l)

Dyp m	16. mars	12. mai	24. august
1	2,5	2,5	1,4
4	1,7	2,8	1,5
8	1,9	3,1	1,2
12	1,4	2,6	1,3
16	1,0	3,3	1,5

forts.

forts.

Dyp m	16. mars	12. mai	24. august
20	1,4	3,1	1,5
30	1,1	3,6	1,5
40	1,3	3,0	1,5

Som det går frem av verdiene i tabellen var turbiditeten størst under vårsirkulasjonen, rimeligvis hovedsaklig forårsaket av flommens tilførsel av suspendert materiale. Den høye verdi for 1 m i mars kan være forårsaket av det innstrømmende smeltevann som ble påvist.

#### Siktedypet.

I løpet av undersøkelsesperioden observerte jeg det minste siktedyp 15. januar lik 2,0 m - sjøen var da isdekket. Det største siktedyp ble målt 24. august lik 4,4 m, - slik at største variasjon i siktedypet var 2,4 m. Siktedypet ble ikke målt 16. mars og 12. mai.

Observasjonene ble til vanlig foretatt midt på dagen, men 4. august ble siktedypet ikke målt før kl. 20<sup>30</sup>. Etter de undersøkelserne som er gjort av Åberg og Rodhe (1942) vil siktedypet variere med tiden på dagen - slik at variasjonen blir størst i løpet av den tid innstrålingen raskt avtar om kvelden. Den observerte verdi for 4. august vil derfor trolig være noe for lav. Det samme er trolig verdiene som ble målt 5. juni og 5. juli, om ikke så meget, i det begge disse målingene ble foretatt ca. kl. 19<sup>00</sup>.

De fleste dagene det ble foretatt observasjoner var det vind - noe som også var tilfelle den dagen største siktedyp ble observert, - det var da så store bølger at det var hvitt på toppene. Dette forhold vanskeliggjorde målingen av siktedypet - og ga muligens også noe for lave verdier disse dagene.

På s. 76 har jeg, som funksjon av tiden grafisk fremstilt variasjonene i: innsjøens farge, siktedypet, turbiditeten og vannets farge.

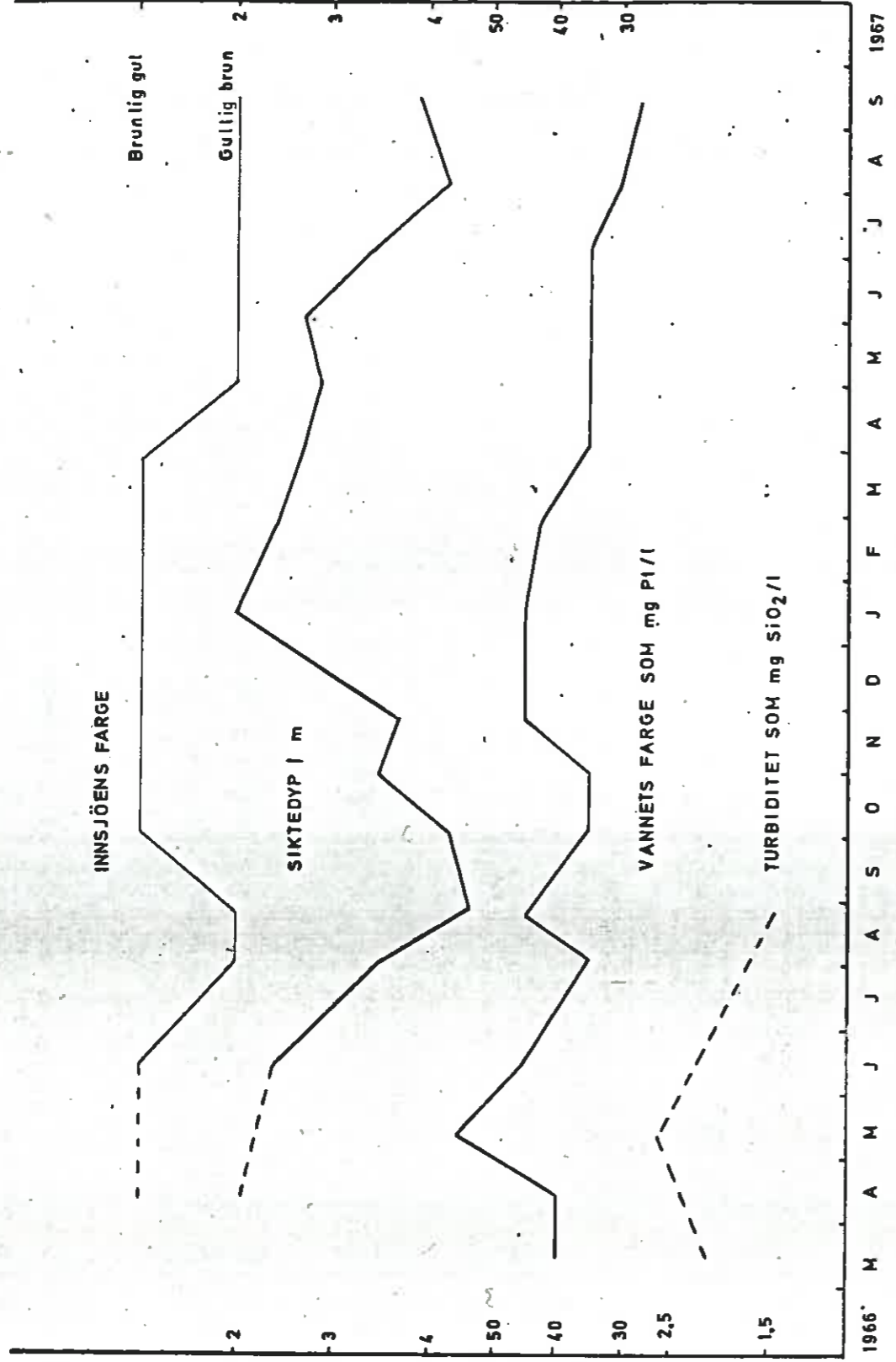
Verdiene for vannets farge og turbiditet som er avsatt, er uttrykt ved den aritmetriske middelvei for 1 m og 4 m.

Ser man på kurvene for siktedyp og farge (som mg Pt/l) ser man at det er en tendens til samsvar mellom dem, idet det da er tatt hensyn til de anmerkninger som tidligere er gjort med hensyn til farge-verdiene avlest på fotometer.

Samme tendens er også tilstede om vi betrakter sjøens farge mot de nevnte faktorer.

Når det gjelder turbiditet viser den lave verdi for 24. august god overensstemmelse med de øvrige faktorene, - dette er den eneste dato det er observasjoner for siktedyp og turbiditet samtidig.

Grafisk fremstilling av observasjonene i Femsjøen over:



Verdiene for turbiditet og vannets farge er middelverdier for 1m og 4 m.

KMnO<sub>4</sub>-FORBRUK

Av organisk materiale fant Birge & Juday (1932) at bare ca. 40% av det tilstedeværende organiske karbon ble oksydert ved koking i 30 minutter med KMnO<sub>4</sub>. De observerte verdiene for KMnO<sub>4</sub>-forbruk skulle likevel gi et grunnlag for å vurdere forbruket ved de forskjellige observasjoner mot hverandre.

Observasjoner over KMnO<sub>4</sub>-forbruk ble foretatt i alt fem ganger, - hvorav siste gang over det største dyp i sjøen. Analyseresultatene er her samlet i tabell.

OBSERVASJONER OVER KMnO<sub>4</sub>-FORBRUK (mg/l)

Dyp m	9. nov.	16. mars	12. mai	24. aug.	28. nov.
1	20,5	16,9	27,3	20,9	26,5
4		20,5	29,3	22,5	
8	27,3	23,7	27,7	22,9	27,7
12		20,1	27,3	23,7	28,0
16	25,7	20,1	27,7	24,1	
20		21,7	30,1	23,7	27,7
30	25,3	21,7	28,5	26,9	27,7
40	25,3	18,1	29,3	25,7	28,0
50					28,8

Med de få observasjoner som det er over KMnO<sub>4</sub>-forbruk er det umulig å fastslå sikkert hvordan variasjonene er i løpet av året, men en antydning gir verdiene.

De høyeste verdiene ble observert i løpet av vår- og høst-sirkulasjonene, - 12. mai og 28. november. Verdiene for mai må antas også å være påvirket av mer alloktont materiale på grunn av flommen på denne tid. De laveste verdiene ble observert under vinterstagnasjonen da sjøen var isdekket.

De høyere verdiene for KMnO<sub>4</sub>-forbruk i hypolimnion i august kan muligens forklares ved at verdiene gjennom alle dyp

etter vårsirkulasjonen ble lavere enn de som ble observert i hypolimnion i august. Slik at den økning som er observert kan være forårsaket av nedsunket materiale fra epi- og metalimnion.

Under observasjonene i november måned de to år, var det bare siste året det var full-sirkulasjon.

Ved å betrakte verdiene for  $\text{KMnO}_4$ -forbruk sammen med verdiene for vannets farge som ble fotometrisk målt i observasjonsperioden, - ser det ut til å være en viss sammenheng mellom høy farge og større  $\text{KMnO}_4$ -forbruk. Dette til tross for at noen av enkeltresultatene avvek noe fra dette.

Ved å sammenholde de observerte data for vannets farge, siktedyp og  $\text{KMnO}_4$ -forbruk med de kriterier Åberg og Rodhe (1942) satte opp for sjøtypeinndeling; - må Femsjøen i følge dette overveiende kunne karakteriseres som en mesohumus sjø.



## OKSYGEN

Flere faktorer har innvirkning på oksygeninnholdet i et vann - spesielt den mer eller mindre totale utlufting av vannet man til vanlig har vår og høst på våre breddegrader.

En økning av oksygeninnholdet kan man få i et vann ved turbulens, ved planktonalgenes fotosyntese og ved innstrømming av oksygenrikt vann. Det siste forhold må man, ut fra de hydrologiske data, anta har hatt en ikke ubetydelig innflytelse på forholdene i Femsjøen. Grunnvann kan også virke inn, men hverken for oksygenmålingene eller andre målinger har grunnvannets eventuelle virkning blitt observert.

Et avtak i oksygeninnholdet kan likeledes skyldes flere årsaker. For det første vil man - ettersom gassers løselighet i vann er temperaturavhengig - få en variasjon i absoluttinnholdet av oksygen som er temperaturbettinget. Dette forhold gjenspeiler seg tydelig om sommeren.

Andre forhold som forårsaker oksygenavtak er plankton- og bunnorganismenes ånding, dekomposisjon av organisk materiale i de frie vannmasser og dekomposisjon av bunnslammet.

En vurdering av forandringene av oksygenforholdene i et vann må i følge Strøm (1931) sees i relasjon til de reelle metningsverdiene for oksygen som ble oppnådd under en sirkulasjon. Strøm (1930) hevder at det er karakteristisk for alle sjøer med humussubstans at oksygeninnholdet er nokså lite alt i overflaten, i det oksygenfortøringen utgår fra alle vannlag - foruten bunnen. At det også sannsynligvis finnes humusstoffer som har mindre reduserende virkning enn andre nevnes av Elgmork (1960).

Som tidligere omtalt hadde Femsjøen lange sirkulasjonsperioder alle gangene i undersøkelsesperioden - lengst høsten 1966 og våren 1967. Et forhold som var med på å begunstige en relativ høy metning av oksygen før stagnasjonsperiodene inntrådte.

En beskjedent overmetning forekom en enkelt gang, - dette forhold omtales nærmere senere. Forholdene syd i sjøen, der gjennom-

strømmingen påvirker vannet mest, ser ut til å være noe anderledes enn lenger nord i sjøen der det største dypet er. Spesielt vanskelig å forklare er den oksygenfordelingen som ble observert 4. august - om den ikke er forårsaket av gjennomstrømmingen i sjøen.

Ved observasjonene 16. mars og 13. april var metningen av oksygen for 1 meters dyp ca. 10% høyere enn for de underliggende lag. Dette antas å være forårsaket av oksygenrikt smeltevann.

Observasjonene som ble foretatt under vårsirkulasjonen 12. mai viste en metning av ca. 90% for alle lag. Det er tidligere antatt at sirkulasjonen varte ved en tid etter dette slik at metningen også sannsynligvis ble litt høyere før sommerstagnasjonen inntrådte.

Den eneste gang det overhodet ble observert overmetning var 16. juni for de to øverste metrene. Betrakter man temperaturkurven for denne dato er det ut fra den naturlige å anta at overmetningen er betinget av en meget rask oppvarming i løpet av dagen, - dette er også omtalt tidligere s.57 under termikk.

Utover sommeren får vi et jevnt avtak i metningen; - frem til 24. august har den sunket med ca. 10% siden observasjonen i juni.

Oksygenkurven for 4. oktober har to minimumsverdier. Ser man oksygen-verdiene i sammenheng med verdiene for temperatur går det frem at disse minimums-verdiene for oksygen faller sammen med hvert sitt termoklinområde. De lave oksygenverdiene her må da antas å være forårsaket av nedbrytning av organisk materiale som er akkumulert der. En akkumulasjon som er betinget av de tetthetssprang som temperaturfallene begge stedene har forårsaket.

Ved siste observasjon under sommerstagnasjonen var metningen i 50 m dyp fortsatt over 60%, den delsirkulasjonen som hadde satt inn hadde gitt homogene forhold i epilimnion med ca. 83%.

Under høstsirkulasjonen 28. november var metningen ca. 85%. Den observerte verdien for 12 m på 76% er det vanskelig å gi noen rimelig forklaring på.

Den noe høyere metningsverdien som ble observert rett under isen i januar må antas å skyldes utfrysning av oksygen fra isen - slike forhold er omtalt av Welch (1935).

Forholdene i februar var tilnærmet like de som ble observert i januar - unntatt fra 45 m dyp og til bunnen. Det ble målt en metning på 37,3% for 50 m dyp, den laveste verdi som ble målt i sjøen i løpet av undersøkelsesperioden. Disse målingene tyder på at det er dannet en mikrostratifikasjon (Alsterberg 1927) rett over slammet - og som på grunn av de mer stabile forholdene i dypvannet på denne årstid har fått anledning til å utvikle seg. Dette forhold er også omtalt i forbindelse med kapitlet om jern s. 106.

Sirkulasjonen startet tidlig våren 1967 og hadde vart en tid da observasjonene ble gjort 4. april; - de viste en metning på ca. 87% gjennom alle lag. En måned senere var metningen fortsatt homogen i sjøen - nå ca. 93% metning.

Metningen da sjøen noe senere gikk over i sommerstagnasjonsperioden var med andre ord høyere enn året før - og også høy totalt sett for en sjø med dystrofe trekk. Sirkulasjonen hadde vart omlag 2 måneder.

De høye verdiene for metning i de to øverste meter i juni må anses også dette året å være termisk betinget - selv om der ikke er noen overmetning. Det store avtak som er observert for 50 m må skyldes samme forhold som i februar. Men da stadig nytt vann blir drevet nedover som omtalt under termikk, gis det ikke forhold for å få utviklet en slik mikrostratifikasjon videre om sommeren. Som det går frem av forholdene neste måned er den fjernet av O<sub>2</sub>-rikere vann som er drevet ned.

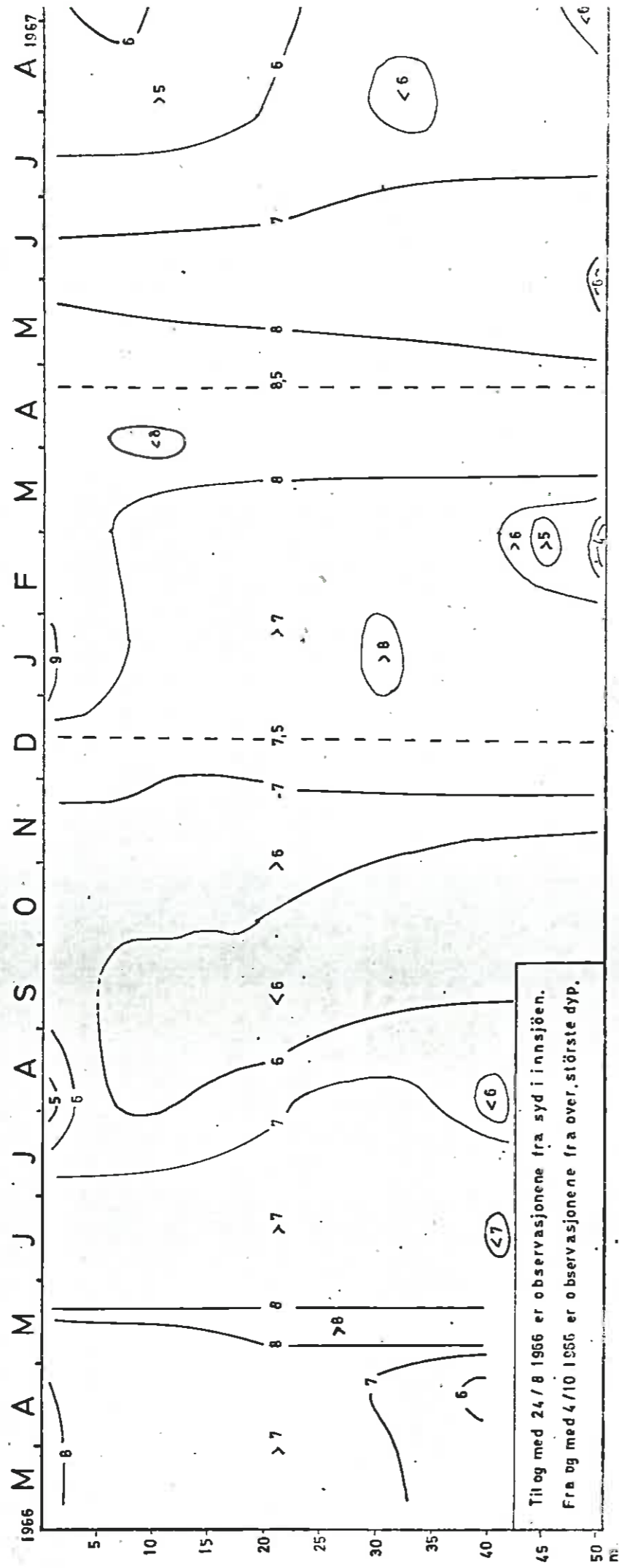
Det observerte maksimum i 2 m og 4 m 10. september kan være forårsaket av phytoplanktonets fotosyntese. Tidligere år der det registrert vannblomst i Femsjøen i september av Skulberg (1965). Hvorvidt vannblomst forekom på dette tidspunkt må stå ubesvart idet det ikke ble tatt planktontrekk ved denne observasjonen.

OBSERVASJONER FOR OKSYGEN (ml/l) I FEMSJØEN 1966-1967

DYP m	16/3	13/4	12/5	16/6	4/8	24/8	4/10	31/10	28/11	15/1	26/2	4/4	4/5	5/6	5/7	5/8	10/9
1	8,50	8,58	7,85	7,27	4,69	5,46	6,23	6,80	7,44	9,39	8,71	8,30	8,39	7,44	6,44	5,63	5,49
2		6,99		7,22	5,74		6,23	6,84	7,44	8,20	8,05	8,32	8,39	7,53	6,49	5,61	6,55
3		7,39		7,15	5,99												
4	7,48	7,47	7,85	7,14	7,14	5,88	6,22	6,80	7,46	8,62	8,14	8,37	8,43	7,53	6,54	5,88	6,31
5				7,11	6,23												
6	7,29	7,47	7,89	7,30	6,07	5,84	6,01	6,84	7,21	7,94	7,83	7,54	8,35	7,28	6,44	5,91	6,06
8				7,39	5,82											5,83	
10				7,39	5,82											5,50	
11				7,44	5,90											5,52	5,74
12	7,43	7,63	7,92	7,44	5,90	5,81	6,22	6,76	6,70	7,78	7,37	8,13	8,38	7,66	6,52	5,78	
14																	
16	7,45	7,63	7,99	7,39	6,47	5,91	5,48	6,76		7,66	7,62	8,29	8,49	7,68	6,23	5,96	5,74
17							6,14										
18	7,26	7,70	8,02	7,41	6,88	5,95	5,28	6,72		7,69	7,42	8,33	8,35	7,63	6,83	6,01	5,74
20							6,06										
22,5							5,37	6,72		7,72	6,92	8,35	8,49	7,66	6,89	6,35	6,06
25		7,43		7,43	7,04		5,33	6,39									
27,5							6,41										
30	7,16	6,91	8,25	7,52	7,93	6,39	5,58	5,87	7,49	8,24	7,45	8,33	8,39	7,63	7,01	5,88	6,23
35		6,36		7,52	7,12				7,61	7,37	7,37	8,30	8,46	7,66	7,04	6,05	6,23
39		5,56															
40	6,57	5,72	8,21			6,33	5,77	5,87	7,44	7,36	7,19	8,30	8,51	7,69	7,04	6,56	6,34
41				6,81	5,10												
42,5				7,21	6,15												
45							5,31			7,32	5,63	8,51	8,51	7,69	7,01	6,51	6,14
48									7,49	7,31	6,51	8,45	8,54	7,66	7,02	6,31	5,74
49											6,25	8,45	8,46	7,69	7,02	6,35	5,90
50							5,75	5,30	7,53		3,41	8,45	8,51	5,23	7,02	6,35	5,90

Til og med 24/8 1966 er observasjonene fra øyd i innsjøen. Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.

# ISOPLETER FOR OKSYGEN (ml/l)



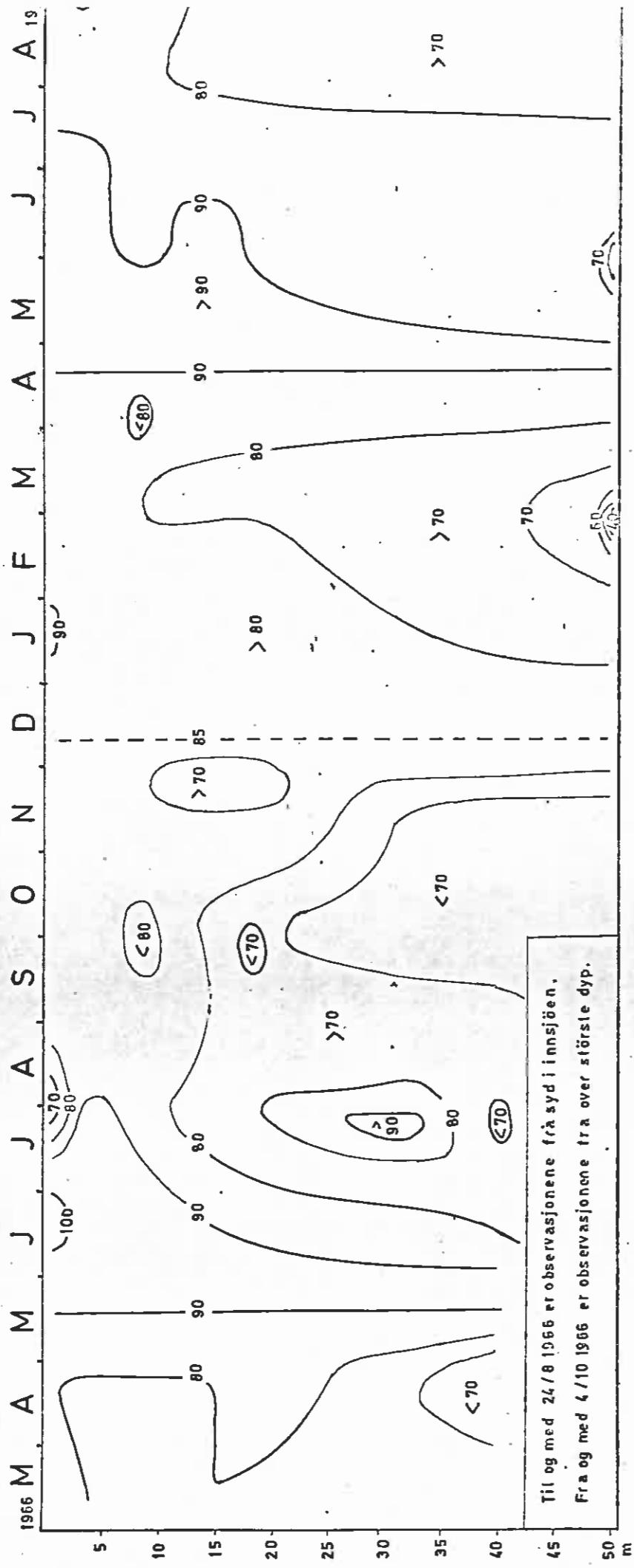
Til og med 24/8 1966 er observasjonene fra syd i innsjøen.  
 Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over, største dyp.

## OBSERVASJONER FOR OKSYGEN (% av metning) I FEMSJØEN 1966/1967

DYP m	16/3	13/4	12/5	16/6	4/8	24/8	4/10	31/10	28/11	15/1	26/2	4/4	4/5	5/6	5/7	5/8	10/10
1	88,5	88,9	87,7	105,3	69,2	81,1	83,7	83,0	84,3	95,2	87,1	86,8	93,2	97,6	90,7	83,7	79,0
2		72,4		102,6	84,7		83,6	83,5	84,3	84,2	83,1	87,0	93,2	98,3	91,4	83,4	93,1
3		76,6		97,3	87,7												
4	78,8	77,3	87,7	97,0		87,3	83,4	83,0	84,5	89,7	83,5	87,5	93,5	93,2	92,0	86,7	89,1
5				93,0	91,4												
6				94,6	89,0												
8	77,9	77,3	88,2	92,6	85,1	86,5	79,0	83,5	81,8	83,2	80,9	78,9	92,6	87,6	86,8	86,7	85,1
10				83,3													
11																	
12	79,3	79,0	88,4	91,7	76,6	85,7	81,8	82,5	76,0	82,0	77,0	85,0	92,8	91,0	86,4	74,8	80,1
14																	
16	80,4	80,2	89,2	88,4	76,9	80,0	72,4	82,4		81,1	80,3	86,7	94,1	90,2	80,0	76,0	76,1
17							80,1										
18							64,7										
20	78,8	81,6	89,5	88,0	81,1	72,5	73,5	81,9		81,5	78,6	87,2	92,5	89,1	83,5	73,7	72,1
22,5							63,3	82,3		82,2	73,8	87,4	94,1	89,3	82,6	76,2	72,1
25								76,7									
27,5								75,6									
30	77,8	73,5	92,0	87,2	92,7	77,0	62,5	69,0	84,9	88,2	79,5	87,2	93,0	88,4	83,2	70,4	74,1
35		67,8		87,3	83,2		65,3			81,4	78,5	86,9	93,6	88,6	83,3	72,0	74,1
39		59,8															
40	72,0	61,6	91,7			76,2	67,4	68,6	84,3	79,0	77,3	86,9	94,2	88,8	83,2	77,9	75,1
41				78,6	59,3												
42,5				83,2	71,4		61,9			78,8	60,9	89,2	94,2	88,5	82,6	77,2	73,1
45										85,0	66,7	88,5	94,5	88,0	82,7	74,9	68,1
48											68,2	88,6	93,6	88,3	82,7	75,3	70,1
49											37,3	88,6	94,2	60,0	82,7	75,3	70,1
50							67,3	61,8	85,3								

Til og med 24/8 1966 er observasjonene fra syd i innsjøen. Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.

# ISOPLETER FOR OKSYGEN (% metn.)



Til og med 24/8 1966 er observasjonene fra syd i innsjøen.  
 Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.

## HÅRDHET

Observasjoner som er foretatt over total hårdhet og calcium hårdhet viser at verdiene er lave for disse. Variasjonen i hårdhet er ubetydelige og av denne grunn er det ikke tegnet isopletdiagram for dette. Verdiene for total hårdhet er satt opp i tabell s. 88, for calcium s. 89 og for magnesium s. 90 .

Av observasjonene ser man at smeltevannet som tidligere er nevnt for 16. mars også har hatt innflytelse på hårdheten - verdien for 1 m denne dato var den laveste som ble observert.

Welch (1935) nevner at en utfrysing av isen forårsaker en økning av salter rett under den. Den økning i hårdhet som er observert 15. januar antas å være forårsaket av utfrysing av isen.

26. februar var der en tydelig økning av hårdheten over bunnen. Denne må antas å være forårsaket av diffusjon ut fra sedimentene, og deretter ved turbulent bevegelse fraktet oppover i vannet. Slike forhold er beskrevet av Ohle (1934).

For de observasjoner som er nevnt foran for januar og februar er der en økning både i Ca- og Mg-innhold.

Når det gjelder de øvrige verdiene for Ca kan der overhodet ikke sies å være noen reell variasjon. Verdiene for Mg kan tyde på en større konsentrasjon ved noen observasjoner, - men da Mg-innholdet er regnet ut på bakgrunn av analysen for både total hårdhet og calcium hårdhet - og dermed dobbel usikkerhet - faller variasjonen for Mg tilnærmet innenfor usikkerheten.

Verdiene som er observert for kalkinnhold er i overensstemmelse med berggrunnen i nedslagsfeltet - overveiende gneis (s. 10 ) - som man kunne vente lave. De lave verdiene passer godt overens med de observerte verdiene for spesifikk ledningsevne (s. 96 ).

De lave verdiene for kalkinnhold skulle også indikere en dårlig bufferevne hos vannet - og det er helt i samsvar med de observerte verdiene for alkalinitet (s. 92 ).



Verdiene for Mg er høye i relasjon, til verdiene for Ca. Dette er i følge Sæther (1965) karakteristisk for kalkfattige og humusinfluerte sjøer.

Etter Ohles (1934 og 1937a) skjema regnes Femsjøen som en kalkfattig sjø.

OBSERVASJONER FOR TOTAL HÅRDHET (som mg CaCO<sub>3</sub>/l) I FEMSJØEN 1966-67.

DYP m	16,3	13,4	12,5	16,6	4/8	24/8	4/10	31/10	28/11	15/1	26/2	4/4	4/5	5/6	5/7	5/8	10/9	
1	7,1	15,0	13,7	13,9	12,0	12,7	12,7	12,6	12,7	15,4	13,5	12,6	12,6	12,6	12,6	13,7	13,4	12,6
2		14,8		14,1	12,4		12,7	12,7	12,6	13,4	12,8	12,6	12,6	12,6	12,5	13,7	13,6	12,4
3		14,2		13,9	12,4		12,7	12,7	12,6	13,4	12,8	12,6	12,6	12,6	12,5	13,7	13,6	12,4
4	12,7	14,2	13,6	13,8	12,4	12,7	12,8	12,7	12,6	13,1	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	13,8	13,5	12,5
5				13,8	12,4		12,8	12,7	12,6	12,9	12,6	12,5	12,6	12,6	12,6	13,8	13,6	12,5
6	13,0	14,0	13,2	13,7	12,3	12,3	12,8	12,7	12,6	12,9	12,6	12,5	12,6	12,6	12,6	13,8	13,7	12,5
8				13,7	12,3		12,8	12,7	12,6	12,4	12,6	12,4	12,7	12,6	12,6	13,8	13,7	12,5
10				13,7	12,2		12,7	12,6	12,4	12,4	12,6	12,4	12,7	12,6	12,6	13,8	13,6	12,5
11				13,7	12,2		12,7	12,6	12,4	12,4	12,6	12,4	12,6	12,6	12,6	13,7	13,7	12,5
12	13,6	14,2	13,2	13,7	12,4	12,7	12,8	12,6	12,4	12,4	12,6	12,4	12,7	12,6	12,6	13,8	13,6	12,4
14				13,7	12,3		12,7	12,6	12,4	12,4	12,6	12,4	12,6	12,6	12,6	13,8	13,6	12,4
16	12,9	14,2	13,2	13,6	12,4	12,7	12,7	12,6	12,6	12,4	12,6	12,4	12,6	12,6	12,6	13,7	13,7	12,6
17				13,6	12,4		12,8	12,7	12,6	12,4	12,6	12,4	12,6	12,6	12,6	13,7	13,7	12,6
18				13,6	12,3		12,8	12,7	12,5	12,4	12,6	12,5	12,5	12,5	12,5	13,7	13,6	12,7
20	12,5	14,2	13,2	13,6	12,3	12,7	12,7	12,7	12,3	12,4	12,6	12,5	12,5	12,5	12,5	13,7	13,6	12,7
22,5				13,6	12,3		12,8	12,5	12,3	12,4	12,6	12,5	12,5	12,5	12,5	13,8	13,7	12,9
25		14,2		13,6	12,3		12,8	12,5	12,3	12,4	12,6	12,4	12,6	12,6	12,6	13,8	13,7	12,8
27,5				13,6	12,3		12,8	12,5	12,3	12,4	12,6	12,4	12,6	12,6	12,6	13,8	13,7	12,8
30	12,9	14,2	13,4	13,4	12,3	12,8	12,8	12,4	12,5	12,4	12,6	12,5	12,6	12,6	12,6	13,8	13,7	12,9
35		14,3		13,6	12,3		12,8	12,4	12,5	12,6	12,6	12,4	12,6	12,6	12,6	13,8	13,7	12,8
39		14,2		13,6	12,3		12,8	12,4	12,5	12,6	12,6	12,4	12,6	12,6	12,6	13,8	13,7	12,8
40	13,2	14,2	13,2			12,7	13,4	12,8	12,6	12,6	12,6	12,5	12,6	12,4	12,4	13,7	13,8	12,9
41				13,7	12,4													
42,5				13,4	12,6		13,7											
45				13,4	12,6													
48								12,6	12,3	12,6	12,8	12,4	12,6	12,6	12,6	13,7	13,8	12,9
49								12,3	12,3	12,6	13,0	12,6	12,7	12,6	13,8	13,8	12,9	
50							13,8	13,2	12,4	17,0	14,8	12,4	12,6	12,6	13,9	13,9	13,4	
										17,0	17,0	13,5	12,9	12,8	13,9	14,2	13,2	

Til og med 24/8 1966 er observasjonene fra syd i innsjøen. Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.

## OBSERVASJONER FOR Ca (mg/l) I FEMSJØEN 1966-1967

Dyp m	13/4	16/6	4/8	4/10	31/10	28/11	15/1	26/2	4/4	4/5	5/6	5/7	5/8	10/9
1	3,28	3,04	2,76	3,08	3,04	3,08	3,76	3,16	3,04	3,04	3,08	3,00	2,96	3,04
2	3,20	3,08	2,89	3,08	3,08	3,12	3,32	3,04	3,04	3,04	3,04	3,00	3,12	3,04
3	3,28	3,08	2,89	3,04	3,08	3,12	3,28	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04	3,08	3,04
4	3,04	3,00	2,84	3,08	3,08	3,12	3,28	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04	3,08	3,04
5		2,96	2,89	3,08	3,08	3,12	3,24	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04	3,08	3,04
6	2,96	2,96	2,89	3,08	3,08	3,12	3,24	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04	3,08	3,04
8		2,96	2,89	3,08	3,08	3,12	3,24	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04	3,08	3,04
10			2,84	3,08	3,08	3,12	3,24	3,04	3,04	3,04	3,04	3,04	3,08	3,04
11				3,12	3,04	3,08	3,12	3,04	3,00	3,04	3,04	3,08	3,12	3,00
12	3,04	2,96	2,92	3,12	3,04	3,08	3,12	3,04	3,00	3,04	3,04	3,08	3,12	3,00
14				3,12	3,04	3,08	3,12	3,04	3,00	3,04	3,04	3,04	3,12	3,08
16	3,00	2,96	2,92	3,12	3,04	3,08	3,12	3,04	3,00	3,04	3,04	3,04	3,08	3,08
17				3,12	3,04	3,08	3,12	3,04	3,00	3,04	3,04	3,04	3,08	3,04
18	3,24	2,89	2,92	3,12	3,04	3,08	3,12	3,04	3,00	3,00	3,04	3,00	3,08	3,08
20				3,12	3,04	3,08	3,12	3,04	3,00	3,04	3,04	3,04	3,08	3,08
22,5	3,16	2,89	2,92	3,12	3,04	3,08	3,12	3,04	3,00	3,04	3,04	3,04	3,08	3,12
25				3,12	3,04	3,08	3,12	3,04	3,00	3,04	3,04	3,04	3,08	3,12
27,5				3,12	3,04	3,08	3,12	3,04	3,00	3,04	3,04	3,04	3,08	3,12
30	3,20	3,00	2,89	3,04	3,00	3,12	3,12	3,04	3,04	3,00	3,00	3,04	3,12	3,12
35	3,28	3,00	2,89	3,04	3,00	3,12	3,16	3,04	3,00	3,04	3,04	3,04	3,08	3,20
39	3,28			3,12	3,08	3,12	3,16	3,04	3,04	3,04	3,04	3,00	3,08	3,20
40	3,28			3,12	3,08	3,12	3,16	3,04	3,04	3,04	3,00	3,00	3,12	3,08
41		3,00	2,89	3,12	3,08	3,12	3,16	3,04	3,04	3,04	3,00	3,00	3,12	3,08
42,5		2,84	2,92	3,16			3,16	3,16	3,00	3,04	3,04	3,00	3,12	3,16
45				3,16		3,12	3,16	3,20	3,04	3,04	3,04	3,04	3,16	3,16
48								3,32	3,00	3,04	3,04	3,08	3,16	3,20
49								3,57	3,32	3,12	3,16	3,08	3,20	3,20
50				3,12	3,16	3,08			3,32	3,12	3,16	3,08	3,20	3,20

Til og med 4/8 1966 er observasjonene fra syd i innsjøen. Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.

## OBSERVASJONER FOR Mg (mg/l) I FEMSJØEN 1966-1967

DYP m	13/4	16/6	4/8	4/10	31/10	28/11	15/1	26/2	4/4	4/5	5/6	5/7	5/8	10/9
1	1,65	1,53	1,24	1,22	1,22	1,22	1,46	1,36	1,22	1,22	1,19	1,51	1,46	1,22
2	1,65	1,56	1,26	1,22	1,22	1,17	1,24	1,26	1,22	1,22	1,19	1,51	1,41	1,17
3	1,46	1,51	1,26											
4	1,60	1,53	1,29	1,26	1,22	1,17	1,19	1,22	1,22	1,22	1,22	1,51	1,41	1,19
5		1,56	1,26											
6		1,53	1,24	1,24	1,22	1,17	1,17	1,22	1,19	1,22	1,22	1,51	1,43	1,19
8	1,60	1,53	1,22	1,24	1,22	1,17	1,17	1,22	1,19	1,22	1,22	1,51	1,43	1,19
10		1,53	1,24											
11			1,24	1,22	1,22	1,14	1,12	1,22	1,19	1,24	1,22	1,48	1,41	1,19
12	1,60	1,53	1,24	1,22	1,22	1,14	1,12	1,22	1,19	1,24	1,22	1,48	1,43	1,19
14			1,24	1,19	1,22		1,12	1,22	1,19	1,22	1,22	1,48	1,43	1,19
16	1,63	1,51	1,24	1,19	1,22		1,12	1,22	1,19	1,22	1,22	1,48	1,46	1,19
17				1,22										
18				1,22										
20	1,48	1,56	1,22	1,19	1,17	1,17	1,12	1,22	1,22	1,22	1,19	1,51	1,43	1,22
22,5				1,22	1,19									
25	1,53	1,56	1,22	1,22	1,16		1,12	1,22	1,24	1,22	1,22	1,48	1,43	1,19
27,5				1,24	1,24									
30	1,51	1,43	1,24	1,26	1,19	1,14	1,12	1,22	1,19	1,24	1,22	1,51	1,43	1,24
35	1,48	1,48	1,24				1,14	1,22	1,19	1,22	1,22	1,51	1,46	1,22
39	1,46													
40	1,46			1,36	1,24	1,17	1,14	1,22	1,19	1,22	1,19	1,51	1,46	1,26
41		1,51	1,26											
42,5		1,53	1,29											
45				1,41			1,14	1,19	1,19	1,22	1,22	1,51	1,46	1,24
48					1,09		1,14	1,22	1,22	1,24	1,22	1,51	1,43	1,22
49							1,58	1,22	1,19	1,22	1,22	1,51	1,46	1,31
50				1,46	1,29	1,14	1,97	1,26	1,26	1,24	1,19	1,51	1,51	1,26

Til og med 4/8 1966 er observasjonene fra syd i innsjøen. Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.

## KLORID

Innholdet av Cl er relativt konstant for de tre observasjons-seriene fra sjøen. Verdiene er imidlertid lave i forhold til de verdiene som er påvist i de øvrige rademte sjøene i Østfold. Jansen (1965) tok samtidige analyser fra Tunevann og Bjørnstad-fjorden (10/4-1964) og fant da følgende verdier. Tunevann hadde en konsentrasjon mellom 13 og 15 mg Cl/l og Bjørnstadfjorden tilsvarende mellom 10 og 17 mg Cl/l. Bohrlings (1963) analyser fra Tvetervann (10/2-1963) viste en variasjon mellom 12 og 17 mg Cl/l - og under sirkulasjon (15/9-1963) fant han verdiene 10 og 11 mg Cl/l i alle dyp. Begge hevder at de høye verdiene hovedsaklig skyldes grunnvannspåvirkning.

De lave verdiene for Femsjøen antas å være forårsaket av den store gjennomstrømmingen. Utvasking av salter fra de marine avsetninger i Femsjøens nedslagsfelt har ikke blitt akkumulert i så store mengder som i de øvrige - der gjennomstrømmingen er betydelig mindre. Grunnvannspåvirkningens betydning anses for beskjedent i Femsjøen sammenliknet med dets betydning for de øvrige sjøer.

### OBSERVASJONER OVER KLORID (mg/l)

Dyp m	9. nov.	12. mai	24. aug
1	3,25	3,31	3,55
4		4,08	3,55
8	3,45	3,89	3,45
12		4,08	3,55
16	3,45	4,27	3,55
20		3,70	3,94
30	3,45	3,51	3,84
40	3,35	4,27	3,94

## ALKALINITET

De observasjoner som er foretatt over alkalinitet er ført opp i tabell under. Som det går frem av den er verdiene lave - med andre ord er vannet dårlig buffret. De høyeste verdiene ble observert november begge år - første år hadde sirkulasjonen nådd ned til over 30 m og siste år var det fullsirkulasjon. De laveste verdiene gjennom alle dyp ble observert under vårsirkulasjonene begge år.

I hvilken grad den registrerte variasjon til de forskjellige årstider påvirker bikarbonatledningsevneverdiene blir nærmere omtalt under kap. om spesifikk ledningsevne.

### OBSERVASJONER OVER ALKALINITET

(ml N/10 HCl pr. 100 ml)

Dyp m	9. nov.	16. mars	12. mai	24. aug.	28. nov.	4. mai
1	0,23	0,08	0,12	0,16	0,22	0,12
4		0,15	0,13	0,16	0,19	0,13
8	0,20	0,15	0,12	0,16	0,23	0,12
12		0,15	0,13	0,16		0,12
16	0,22	0,15	0,12	0,15		
20		0,15	0,13	0,16	0,23	0,11
30	0,21	0,16	0,12	0,16	0,16	0,11
40	0,23	0,15	0,12	0,16	0,20	0,11
45						0,11
49						0,13
50					0,22	0,14

## SPESIFIKK LEDNINGSEVNE

Den spesifikke ledningsevne i et vann er i følge Strøm (1939) hovedsakelig bestemt av nedslagsfeltets berggrunn og dets kvartære avsetninger.

Femsjøens nedslagsfelt er som tidligere beskrevet dominert av gneisbergarter; - marine avsetninger finnes også. De lave verdiene for ledningsevne i Femsjøen harmonerer således med berggrunnen i nedslagsfeltet.

Observasjonene for ledningsevne er samlet i tabell s.96 og isopletdiagram er tegnet på s.97..

Rodhe (1949) satte opp en "standard sammensetning" av hovedkomponentene (mg/l) i bikarbonatvann som påvirker ledningsevnen, - og i hvilket mengdeforhold disse stod i forhold til hverandre for forskjellig ledningsevne.

Sammenholdes observasjonene fra Femsjøen med Rodhes verdier finner man følgende:  
Ca-innholdet er i Femsjøen ca. 3,1 mot 5,1 i "standardsammensetning", respektive verdier for Mg er 1,2 mot 0,9 og for Cl 3,5-4 mot 1,5 - alle verdier som mg/l.

En beregning av  $\text{HCO}_3$ -innholdet på grunnlag av alkalinitetsanalyser ga verdier mellom ca. 7 og 14 mg/l for Femsjøen mot 18 mg/l hos Rodhe.

Ved å regne ut ledningsevne på bakgrunn av alkalinitetsverdiene for en observasjon fra høst- og en fra vårsirkulasjonen (20 m dyp) - respektive 28. nov. og 4. mai fant jeg:

Obs.	Alk.	Bik. alk.	Kalkulert	Ledningsevne	
		$\text{HCO}_3$ mg/l	$\text{HCO}_3$	Obs.	$\text{HCO}_3$
28. nov.	0,23	14,03	15,03	39,3	19,6
4. mai	0,11	6,72	15,24	38,1	9,4

Den kalkulerte  $\text{HCO}_3^-$ -mengde er funnet på grunnlag av verdiene for Ca og Mg.  $\text{HCO}_3^-$ -ledningsevnen har jeg funnet ved å multiplisere verdien for bikarbonatalkalinitet (mg/l) med 1,4 (Åberg & Rodhe 1942), det tilsvarer ledningsevnen for 1 mg  $\text{HCO}_3^-$ /l i følge Nümann (1936). Åberg & Rodhe regnet ved denne metode som om alt bikarbonat var calciumbikarbonat.

Denne "store" forskjell i alkalinitet for de to datoene skulle tilsi en forskjell i ledningsevne på ca. 10 enheter, mens der ikke er registrert noen variasjon i det hele. For meg virker det som om variasjonen i alkaliniteten derfor må skyldes at der også må ha vært andre stoffer enn bikarbonater som har reagert under alkalinitetsanalysene - f. eks. organiske syrer. De observerte verdiene for total hardhet skulle også peke i den retning.

Antar vi at Ca og Mg hovedsakelig er bundet som bikarbonat vil en omregning av verdien for total hardhet - ved omregningsfaktoren 1  $\mathcal{R}_{18}$ -enhet = 0,56 mg  $\text{CaCO}_3$ /l (Strøm & Østveit 1948) - gi en ledningsevne av ca. 22-23  $\mathcal{R}_{18}$ -enheter i Femsjøen. Dette vil da tilsvare ca. 60% av ledningsevnen for vannet.

Både klorid og sulfat må antas å påvirke ledningsevnen i sjøen. Når det gjelder klorid-innholdet i sjøen anses dette som nevnt (s. 91) å være tilført ved utvasking fra marine avsetninger. Det samme anser jeg det for sannsynlig er tilfelle for sulfat - som det ikke er analysert på, - men som det ut fra avsetningene er rimelig å vente at finnes.

Rimeligvis har også nedbøren tilført sjøen klorid og sulfat. En analyse fra Ås (Låg 1963) viste gjennomsnittelig (1955-62) at nedbøren tilførte 697 mg/m<sup>2</sup> med klorid i året, tilsvarende verdi for svovel var 616 mg/m<sup>2</sup>. Den gjennomsnittelige nedbør var da 719 mm i samme periode.

Femsjøen er tidligere karakterisert som et vann med dystrofe trekk - og humusinnholdet kan påvirke den spesifikke ledningsevne.

Humusstoffene er ofte i kolloidal form - og har evne til å adsorbere ioner - bl.a. Ca- og Mg-ioner. Likeledes



kan det bli dannet humater ved humussyrenes forbindelser med metallioner. Elgmork (1960) nevner også at torvmyrene kan adsorbere ioner fra vannet.

Av observasjonene som er gjort over spesifikk ledningsevne ser vi at forandringene som er reelle opptrer samtidig med de markerte variasjonene for total hårdhet, ledningsevnenes avhengighet av konsentrasjonen av total hårdhet er markert.

Smeltevannet for 1 m 16. mars ga også lav ledningsevne - som lav total hårdhet. Utfrysing av salter under isen i januar førte til høy ledningsevne - den høyeste som ble observert.

Når det gjelder ledningsevnen for dypvannet i februar vil jeg tro at den høye verdi som ble observert nesten alene er betinget av økningen i Ca og Mg. Under kapittelet om jern er det hevdet at den store mengde Fe for 50 m muligens kunne ha noe jern som toverdige

Om det i dette tilfelle var toverdige jern tilstede må det antas å ha blitt oksydert - før det ble målt som totaljern - og med andre ord heller ikke gitt noe bidrag til ledningsevnen.

OBSERVASJONER FOR SPESIFIKK LEDNINGSEVNE ( $\sigma_{18} = n/10^6$  ohm · cm) I FEMSIJØEN 1966-1967.

DYP m	16/3	13/4	12/5	16/6	4/8	24/8	4/10	31/10	28/11	15/1	26/2	4/4	4/5	5/6	5/7	5/8	10/9
1	31,9	44,5	40,2	41,6	40,9	38,7	38,2	40,4	39,2	49,4	42,0	38,7	37,8	38,0	37,3	37,8	37,4
2		43,2		39,9	40,3	40,8	40,8	40,2	39,4	41,7	40,7	38,5	37,9	38,4	37,6	37,9	37,5
3		42,9		41,0	39,8												
4	41,8	43,6	40,2	40,3	39,9	38,5	39,3	41,4	39,0	42,4	41,3	38,5	38,2	38,0	38,0	37,9	37,4
5				40,3	40,1												
6	42,3	41,1	40,0	41,1	39,8	38,3	39,4	41,2	41,3	41,8	40,9	38,3	37,9	38,2	37,8	38,3	37,8
10				40,6	40,0											38,0	
11				40,6	40,2											38,4	
12	42,6	41,8	40,1	40,1	41,2	38,3	41,0	41,2	39,8	38,6	40,4	38,5	38,2	38,1	38,3	39,0	37,6
14																	
16	41,6	42,4	40,3	40,7	40,9	39,0	40,1	40,0		39,9	39,6	38,3	38,0	38,4	38,6	38,7	38,8
17							39,1										38,7
18							39,9										38,5
20	43,1	42,0	40,3	40,3	40,4	38,9	39,8	40,7	39,3	40,4	39,6	38,1	38,1	38,4	38,4	39,4	38,5
22,5							41,0	41,2									
25		42,4		40,3	40,4		41,8	41,2		40,7	38,7	38,3	38,1	38,5	38,2	38,9	
27,5							41,8	40,6		40,6							
30	42,1	42,7	40,3	40,3	41,0	39,4	40,0	40,6	39,5	40,0	40,3	38,5	38,5	38,8	38,2	39,4	38,8
35		42,4		40,4	41,3					40,3	40,3	38,6	38,6	38,2	38,3	39,2	38,5
39		42,9															
40	42,0	43,2	40,1			39,2	41,6	40,6	40,0	39,9	40,1	38,4	38,3	38,4	38,6	39,6	38,5
41				40,8	41,0												
42,5				40,6	41,2												
45						41,6				38,5	40,5	38,5	38,4	38,4	38,3	39,4	38,3
48									39,8	40,1	41,1	38,7	38,3	38,4	38,7	39,8	38,7
49											42,2	38,4	38,3	38,7	38,9	39,4	39,2
50							42,4	41,0	39,6		49,2	38,5	38,5	38,3	38,3	39,5	38,7

Til og med 24/8 1966 er observasjonene fra syd i innsjøen. Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.



AKTIV REAKSJON

Det forhold som hovedsaklig påvirker pH i Femsjøen er ut fra observasjonsverdiene i sjøen forholdet mellom CO<sub>2</sub> og HCO<sub>3</sub>. Videre må antas at også humusinnholdet kan ha betydning for pH i sjøen.

pH-målinger ble foretatt på radiometer (elek.) etter alle observasjonene, unntatt etter siste da apparatet var defekt. Målingene av pH in situ ble foretatt for alle observasjonene over det største dypet i sjøen - og likeledes for observasjonen 13. april.

Under avlesingen av pH in situ dalte pH mens verdien ble avlest, noen ganger flere tiendeler av en pH-enhet. Hvilke forhold som forårsaket denne forandring av pH er det vanskelig å ha noen sikker formening om. At det kan skyldes et hurtig opptak av CO<sub>2</sub> fra luften vil jeg anse som usannsynlig. En årsak kan være at vannet inneholder forbindelser som påvirker indikatoren - men dette er bare en hypotese.

pH-verdiene som ble avlest 13. april (bare i månedstabell s.127) og 4. oktober er jeg tilbøyelig til å tro at er noe for lave, spesielt verdiene for epilimnion sistnevnte dato. De pH-verdiene (kol.) som er oppført fra og med observasjonene 31. oktober er de som ble observert øyeblikkelig - før pH begynte å dale.

Betrakter man isopletdiagrammene for pH, sidene 102 og 104, viser forløpet av kurvene en stor overensstemmelse med hverandre. Tabellene for pH-observasjonene er på sidene 101 og 103.

Dog er det tre forhold som med en gang viser seg forskjellige

- a) Verdiene for pH i de øvre skikt er høyest målt kolorimetrisk,
- b) de laveste verdiene for pH i hypolimnion ble målt kolorimetrisk
- og c) observasjonene mens sjøen sirkulerte viste seg å være tilnærmet like.

Dette skulle da innebære at vi for a) skulle ha fått et opptak av CO<sub>2</sub> i løpet av et døgn, noe som virker mindre sannsynlig,

men som ikke kan utelukkes. Mer rimelig vil det da være at det kan ha foregått en dekomposisjon i dette tidsrom. For b) må det ha skjedd en utlufting for å få høyere pH-verdier, dette virker sannsynlig at kan ha skjedd. Om dekomposisjon har forekommet i vannet må altså utluftingen ha kompensert dette - og også oversteget denne. At forholdene under sirkulasjonene er nærmest like virker også rimelig i det utluftingen da allerede har jevnet ut forholdene i vannet.

Observasjonene viste en god overensstemmelse, men også at målingen av pH in situ viste forholdene i sjøen bedre. De siste registrerte også variasjoner for pH som ikke lot seg registrere ved et radiometer et døgn senere.

Observasjonen viste et avtak i pH i de dypeste skikt både under sommer- og vinterstagnasjon, spesielt for observasjonene over største dyp. Videre sees det at pH avtok raskt ved bunnen i løpet av den tid sjøen var isdekket. Den dekomposisjon som foregikk i slamlaget, og som var med på å senke pH, er nærmere omtalt s. 81 og 106 under kapitlene for oksygen og jern.

Den høyere verdi for pH i epilimnion utover sommeren må antas skyldes den utlufting som finner sted og også i noen grad phytoplanktonets fotosyntese. Det er tidligere side 81 under oksygen ansett som en mulighet at det har foregått en viss produksjon spesielt for de øvre skikt 10. september. Ser man på de verdiene som er observert for pH der, er økningen så beskjeden at den ikke beviser noe, men et indisium for dette kan det sies å være.

De lavere verdiene i hypolimnion er forårsaket av den nedbryting av organisk materiale som der finner sted.

Variasjonene for pH målt kolorimetrisk var fra 6,0 til 7,0 og målt elektrisk fra 5,74 til 6,92.

pH-observasjoner som ble foretatt fra tre tilløp til Femsjøen viste følgende verdier for pH:

Dato	Rjør		Tue		Steinselva	
	kol.	elek.	kol.	elek.	kol.	elek.
26. feb.	5,0	5,21	5,0	5,08		
4. mai	5,6	5,91	5,4	5,66		
3. juni					6,6	6,67

De observerte verdiene her, viser at forholdene i sjøen er lite påvirket av tilløpene fra Rjør og Tue. Med den betydning som det ble omtalt at Steinselva har for Femsjøen i kapitlet om hydrologi, er overenstemmelsen mellom pH i Steinselva og sjøen helt naturlig.

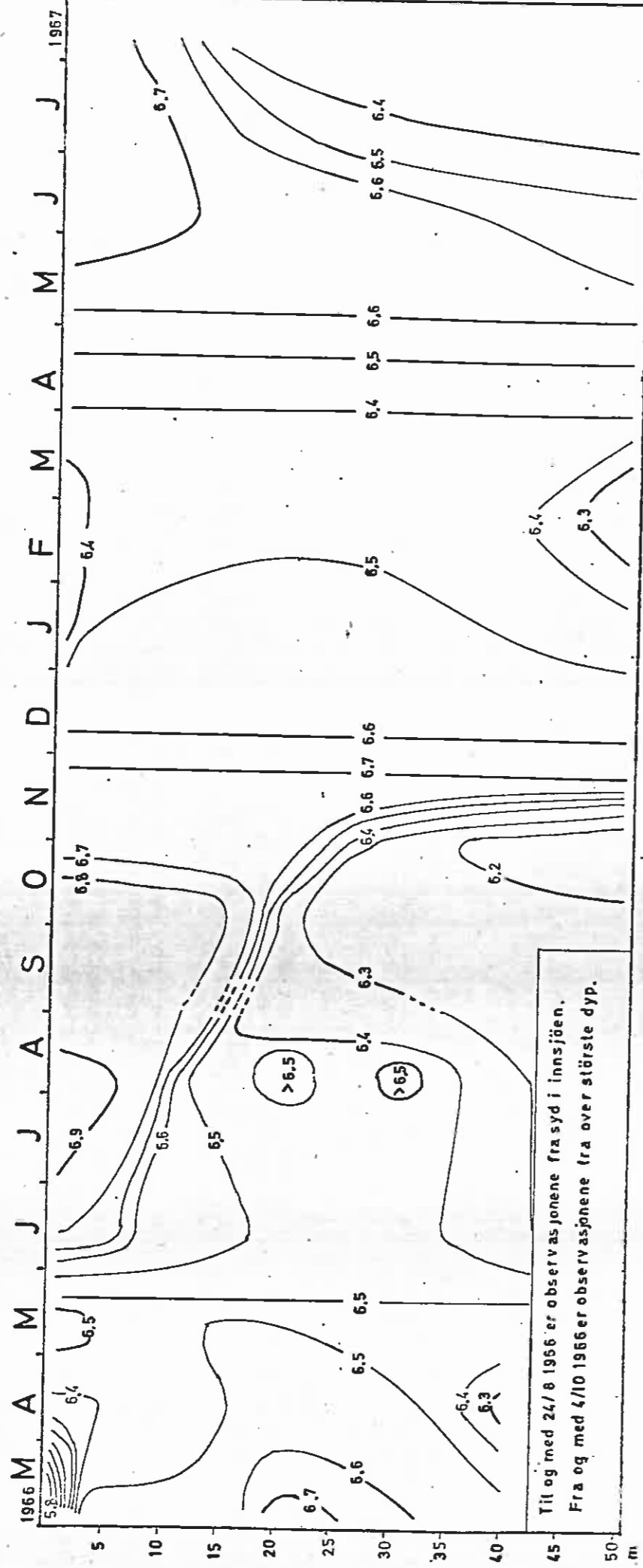
Verdiene for alkalinitet side 92 og total hårdhet side 88 viser at sjøen er meget dårlig buffret. Det skal derfor ikke store forandringene til i vannet før pH også forandres, - noe også Strøm (1933) sterkt påpeker for tilsvarende forhold.

OBSERVASJONER FOR pH (elek.) I FEMSJØEN 1966/1967

DYP m	16/3	13/4	12/5	16/6	4/8	24/8	4/10	31/10	28/11	15/1	26/2	4/4	4/5	5/6	5/7	5/8
1	5,74	6,39	6,53	6,84	6,92	6,79	6,79	6,59	6,67	6,39	6,35	6,46	6,56	6,77	6,68	6,76
2		6,41		6,85	6,92		6,79	6,61	6,66	6,52	6,37	6,47	6,59	6,77	6,78	6,78
3		6,40		6,73	6,91											
4	6,53	6,40	6,50	6,69	6,90	6,76	6,81	6,64	6,67	6,53	6,46	6,47	6,59	6,78	6,78	6,74
5				6,69	6,91											
6	6,50	6,42	6,48	6,71	6,90	6,77	6,85	6,62	6,67	6,53	6,49	6,49	6,59	6,68	6,73	6,68
10				6,58	6,74											6,61
11																6,55
12	6,52	6,43	6,47	6,55	6,49	6,76	6,84	6,61	6,67	6,57	6,48	6,46	6,62	6,70	6,65	6,51
14																6,42
16	6,55	6,50	6,54	6,54	6,45	6,31	6,76	6,55		6,54	6,48	6,45	6,61	6,62	6,57	6,39
17							6,69									6,42
18							6,56									6,62
20	6,70	6,54	6,50	6,43	6,60	6,33	6,37	6,56	6,63	6,56	6,48	6,45	6,61	6,62	6,47	6,33
22,5							6,27	6,60		6,52	6,48	6,44	6,61	6,65	6,44	6,33
25		6,54		6,42	6,42		6,27	6,39		6,52	6,48	6,44	6,61	6,65	6,44	6,33
27,5							6,30	6,30		6,52	6,47	6,45	6,65	6,64	6,44	6,34
30	6,60	6,52	6,48	6,43	6,54	6,34	6,24	6,22	6,65	6,51	6,47	6,47	6,61	6,63	6,44	6,35
35		6,45		6,39	6,41					6,51	6,47	6,47	6,61	6,63	6,44	6,35
39		6,30														
40	6,50	6,30	6,47			6,25	6,25	6,19	6,69	6,50	6,42	6,46	6,62	6,58	6,43	6,32
41				6,39	6,36											
42,5				6,30	6,27											
45						6,25	6,25			6,45	6,33	6,48	6,62	6,59	6,45	6,30
48								6,61	6,61	6,44	6,26	6,43	6,57	6,57	6,41	6,32
49											6,26	6,40	6,52	6,58	6,46	6,32
50						6,24	6,13	6,68			6,24	6,45	6,61	6,57	6,39	6,34

Til og med 24/8 1966 er observasjonene fra syd i innsjøen. Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.

# ISOPLETER FOR pH. (elek.)



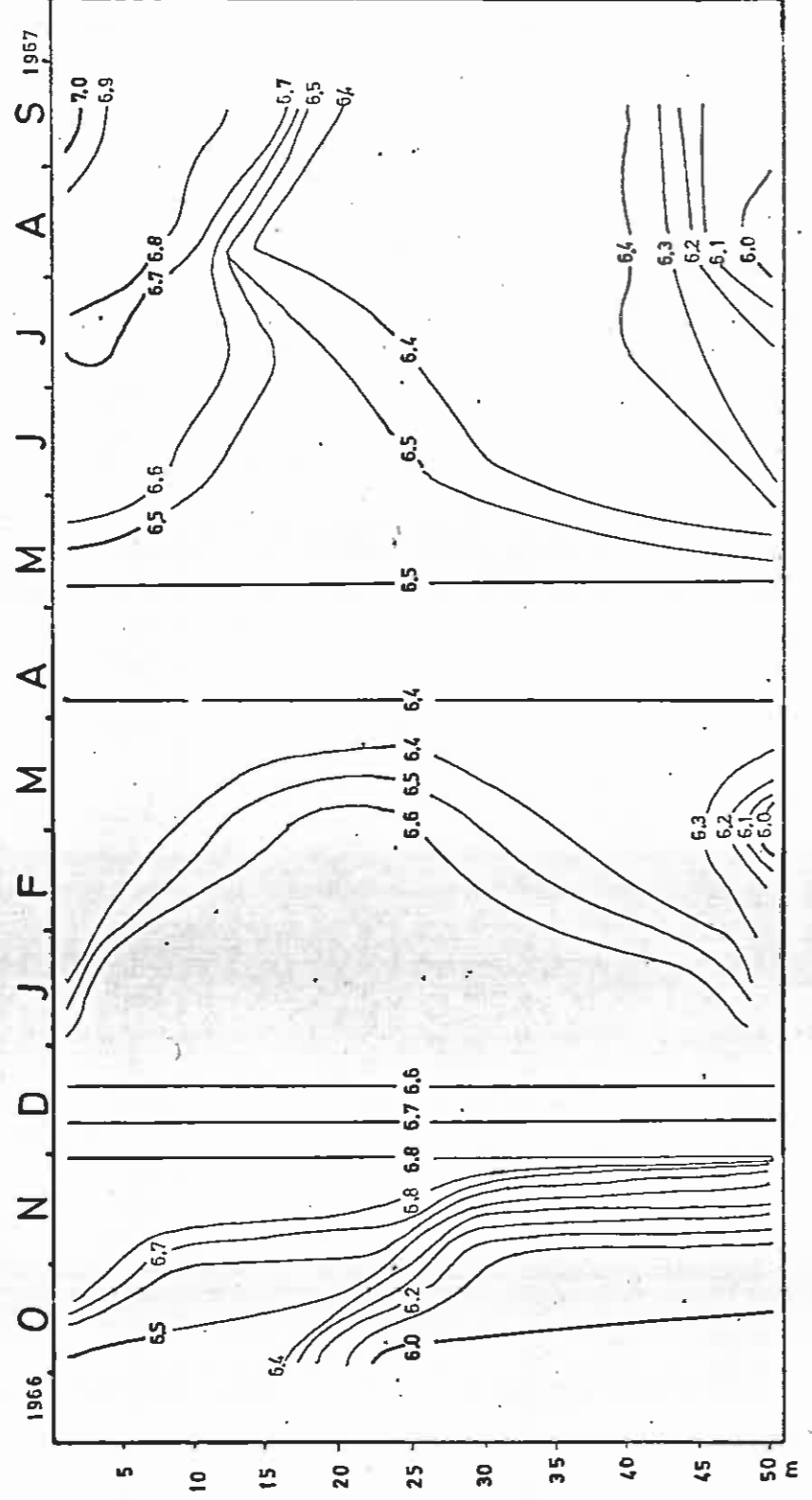


OBSERVASJONER FOR pH (kol.) I FEMSJØEN 1966-1967

DYP m	4/10	31/10	28/11	15/1	26/2	4/4	4/5	5/6	5/7	5/8	10/9
1	6,4	6,8	6,8	6,4	6,4	6,4	6,5	6,6	6,6	6,8	7,0
2	6,4	6,8	6,8	6,6	6,4	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	7,0
4	6,4	6,8	6,8	6,6	6,4	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9
8	6,4	6,6	6,8	6,6	6,4	6,4	6,5	6,6	6,6	6,8	6,8
10										6,7	
11										6,6	
12	6,4	6,6	6,8	6,6	6,5	6,4	6,5	6,5	6,6	6,5	6,8
14										6,4	
16	6,4	6,6		6,6	6,6	6,4	6,5	6,5	6,5	6,4	6,7
17	6,3										
18	6,2										
20	6,1	6,6	6,8	6,6	6,6	6,4	6,5	6,5	6,5	6,4	6,4
22,5	6,0	6,7									
25	6,0	6,4		6,6	6,6	6,4	6,5	6,5	6,4	6,4	6,4
27,5		6,2									
30	6,0	6,1	6,8	6,6	6,5	6,4	6,5	6,4	6,4	6,4	6,4
35				6,6	6,4	6,4	6,5	6,4	6,4	6,4	6,4
40	6,0	6,1	6,8	6,6	6,4	6,4	6,5	6,4	6,4	6,4	6,4
45	6,0			6,6	6,4	6,4	6,5	6,4	6,3	6,1	6,1
48			6,8	6,4	6,2	6,4	6,5	6,4	6,3	6,0	6,1
49	6,0	6,1	6,8	6,4	6,2	6,4	6,5	6,3	6,3	6,0	6,1
50	6,0	6,1	6,8	6,0	6,0	6,4	6,5	6,3	6,3	6,0	6,1

Alle observasjoner er fra over sjøens største dyp.

ISOPLETER FOR pH (kol.)



## JERN OG MANGAN

### Jern.

Jernverdiene som ble observert i Femsjøen, var hver gang høye for alle dyp i sjøen, - tatt i betraktning det store oksygeninnhold som alltid ble observert. Verdiene for jerninnholdet er gitt i tabell s.107. Rodhe (1951-52) peker på at jern kan foreligge på følgende måter i oksygenrikt vann:

- a) i suspendert form (seston), f. eks. som utfnokket ferrihydroksyd,
- b) i kolloidal form, f. eks. som ferrihydroksyd-humuskolloidkompleks,
- c) i løst form som organisk bundet jern, og eventuelt
- d) i løst form som ennå ikke oksyderte ferro-ioner.

Ohle (1940) peker på at det muligens er en sammenheng mellom høyt humusinnhold og høyt innhold av totaljern; - idet ferrihydroksyd holdes i kolloidal løsning ved hjelp av humuskolloidenes beskyttelse - eller ved kompleksforbindelser med dem.

I Femsjøen er det rimelig å anta at de tre første, av de foran nevnte måter jernet kan opptre på, har størst betydning. For forholdene i bunnvannet 26. februar antas også at forholdene under d) kan ha hatt betydning.

Variasjonene er små gjennom hele undersøkelsesperioden - og i alle dyp. Her skal derfor bare kommenteres nærmere tre forhold ved observasjonene.

Under vårsirkulasjonene 1966 ser det ut til at mere jern har blitt tilført fra bunnen enn under de to øvrige sirkulasjonene jeg har observasjoner fra - 28. november samme år og 4. april neste vår. Forskjellen er dog ikke større enn at usikkerheten ved målemetodikken (her også 2 metoder) kan forklare variasjonen. Et annet forhold som også kan ha virket inn er at de to siste observasjonene ble foretatt etter at sirkulasjonen hadde vart en tid, mens den første ble foretatt tidlig under sirkulasjonen.

Ved begge sommerstagnasjonsperiodene viste det seg et avtak av jern i epilimnion, og noe økning av jerninnholdet i de dypere skikt av sjøen. Dette forhold kan ha sammenheng med den utfnokkingen som tidligere er nevnt (s. 70) - og forårsaket av sollysets avfarging av vannet.

På grunn av den stadige fornying av vannet i hypolimnion (se kap. om termikk) under sommerstagnasjonen 1967 ble det ikke betingelser for en vesentlig økning av jerninnholdet på denne tid. Under vinterstagnasjonen ble en slik anrikning observert en gang - 26. februar da det i 50 meters dyp ble observert en jernmengde på  $1740 \text{ mg/m}^3$  - til tross for en oksygenkonsentrasjon på 3,41 ml/l.

Under vinterstagnasjonen 1966-67 ble det foretatt observasjoner to ganger. Som tidligere omtalt (s. 58) foreligger det ikke observasjoner for 49 og 50 meters dyp i januar. Det er derfor ikke mulig å fastslå hvor tidlig jernmengden i dypvannet begynte å stige.

Den oksygenkonsentrasjon som ble observert for 50 meters dyp er langt høyere enn den verdi Einsele (1940) hevdet at jern-bikarbonat kunne eksistere samtidig med; - og følgelig må man anta at det er ubetydelig av jernet som er løst som 2-verdig. Man må anta at forholdene ved bunnen er således at de tilsvarende forhold som Alsterberg (1927) betegnet med en mikrostratifikasjon av oksygen.

Ved slamoverflaten er oksygenkonsentrasjonen ventelig betydelig lavere enn ved 50 meters dyp - slik at jernbikarbonat diffunderer ut av slammet. Når dette ved turbulens kommer til høyere lag med mer oksygen felles jernet igjen - nå som ferrihydroksyd.

Denne siste reaksjon vil også øke  $\text{CO}_2$ -innholdet og dermed også gi lavere pH.

En jernkonsentrasjon som den registrerte i dypvannet i Femsjøen under slike oksygenforhold må sies å være usedvanlig; - Kjensmo (1967) karakteriserer et observert jerninnhold, ca. 0,5 mg/l, ved tilsvarende forhold (også for pH) som "rather unexpected as the oxygen concentration was too high".

OBSERVASJONER FOR JERN ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) I FEMSJØEN 1965-1967

Dyp. m	9/11	16/3	12/5	24/8	28/11	15/1	26/2	4/4	4/5	5/7	5/8	10/9
1	100	155	185	40		160	160	210	80	70	50	20
2					95			135	80	80	50	20
4		158	180	40	80	130	150	180	70	80	55	20
8	108	158	170	40	105	70	140	110	70	80	50	25
10											50	
11											65	
12		113	170	40	125	85	120	100	75	95	75	75
14											75	
16		110	195	70		70	110	150	80	95	75	80
18	108											100
20		115	250	65	125		110	135	95	95	95	115
25						95		130	75	95	95	130
30	145	103	185	70	60		85	130	95	95	95	105
35						85	105	130	90	95	100	135
40	100	148	200	90	75			170	100	115	105	130
45						120	115	135	90	115	130	135
48						110	150	145	95	115	130	135
49							615	120	95	115	155	190
50					115		1740	150	95	115	170	200

Til og med 24/8 1966 er observasjonene fra syd i innsjøen. Fra og med 4/10 1966 er observasjonene fra over største dyp.

Mangan.

Observasjoner for mangan ble foretatt i alt fire ganger i de øvre 40 m (av NIVA). Det ble ikke påvist mangan i noe dyp for observasjonsdagene.

Som det ble nevnt (s. 72) ble det antatt at mangan var diffundert ut fra slamoverflaten. Ettersom det er påvist ved observasjonene 26. februar at jern har diffundert ut, må også mangan ha diffundert ut om det finnes i slammet. En diffusjon av jern vil nemlig starte etter en diffusjon av mangan har begynt. (Rodhe 1951-52).

For å bekrefte eller avlive antagelsen om at der var mangan tilstede i dypvannet under stagnasjoner - var det hensikten å foreta en analyse for mangan ved neste observasjon under vinterstagnasjonen. Da det imidlertid ble en usedvanlig tidlig isløsning våren 1967 ble dette umuliggjort.

FOSFAT OG NITRAT

Observasjonene som ble foretatt over nitrat viser - som det går frem av tabellen under - at verdiene var relativt høye; - og med små variasjoner.

OBSERVASJONER OVER NITRAT (mg N/m<sup>3</sup>)

Dyp m	9. nov.	16. mars	12. mai	24. aug.
1	235	235	225	
4		240	225	
8	235	240	225	
12		200	225	
16	235	190	227	260
20		190	230	265
30	245	190	240	263
40	205	200	225	260

Observasjoner over fosfatmengde er utført for både total- og orthofosfat - og to ganger er analyser utført samtidig for begge. Analyseresultatene er samlet i tabellen under.

OBSERVASJONER OVER FOSFAT (mg P/m<sup>3</sup>)

Dyp m	Totalfosfat			Orthofosfat		
	9. nov.	16. mars	12. mai	9. nov.	12. mai	24. aug.
1	15	15	25	<2	3	<2
4		17	43		8	<2
8	18	17	21	<2	<2	<2
12		28	35		6	<2
16	39	19	20	<2	<2	3
20		100	23		3	<2
30	35	55	30	<2	<2	<2
40	29	190	38	7	12	<2

Verdiene kan for orthofosfatens vedkommende sies å være så lave at de grenser ned til påviselighetsgrensen for analysen - og ligger i de fleste tilfelle lavere. Heller ikke observasjonene for totalfosfat er store - dog er verdiene for 20-40 m 16. mars betydelig høyere.

De lave verdiene for orthofosfat til tross finnes det likevel ikke ubetydelige mengder av plankton i vannet. Planktonet kan også ha lagret mer av fosfat enn det som tilsvarer det aktuelle behov (Ruttner 1965).

Størstedelen av totalfosfaten må man anta er bundet kolloidalt i det det jo bare er små verdier løst som orthofosfat. Ohle (1935, 1937b) hevder at små calciummengder og sur reaksjon er gunstig for å få dannet organiske kolloider, - slike forhold er det i Femsjøen. Som der tidligere er nevnt antas jern å være bundet kolloidalt - og Ohle (1938) hevder videre at fosfat kan bli adsorbent til kolloider av jernhydroksyd - dette forhold kan også ha hatt betydning i Femsjøen.

De relativt store mengder av nitrater antas å være forårsaket av jordbrukets gjødsling. - Langs hele Haldensvassdraget er det jordbruksområder - selv på Storøya og Lilløya i Femsjøen er det gårdsbruk.



BIOLOGISKE FORHOLD

Relikter.

Da Femsjøen ble avstengt fra havet ble noen arter av marin karakter tilbake - de såkalte relikter. Allerede i forrige århundre hadde Sars funnet Mysis relicta og Pallaseae quadrispinosa i Femsjøen (Brøgger 1901).

Slike relikter er funnet også i flere andre sjøer i Femsjøens nedslagsfelt (Mathisen 1953) - og i et anseelig antall sjøer rett øst for nedslagsfeltet i Sverige (Holmquist 1963). Når det gjelder arten Mysis relicta var den i følge Holmquist funnet i bare 10 vann her i landet.

Fra den tabell Mathisen (1953) har utarbeidet har jeg tatt ut de vann med reliktførekoster som hører til Femsjøens nedslagsfelt og satt de opp i tabell med tilhørende relikter. Som det går frem av tabellen har 3 vann arten Mysis relicta.

RELIKTE CRUSTACEAER I SJØER I  
FEMSJØENS NEDSLAGSFELT

Navn	H.o.h. m	<u>Mysis</u> <u>relicta</u>	<u>Gammaracanthus</u> <u>lacustris</u>	<u>Pallasea</u> <u>quadrispinosa</u>	<u>Limnocalanus</u> <u>macrurus</u>
Femsjøen	79	x		x	x
Store Ertevann	101				x
Rødenes- sjøen	118	x	x	x	
Øgderen	132	x			
Floensjø	175				x

Når det gjelder livsbetingelsene for Mysis relicta skulle disse være gode i Femsjøen som er dyp - selv om det ikke er noen betingelse (Holmquist 1959). Gjennom hele året er

konsentrasjonen av oksygen stor for alle dyp i sjøen. Likeledes er temperaturvariasjonene i hypolimnion beskjedne gjennom året noe som skulle være gunstig for arten, men Mysis relicta kan også greie variasjoner fra 0°C til 18°C - om ikke overgangen er for rask (Holmquist 1959).

Det vil ikke være overraskende om Mysis relicta blir funnet i flere av de radente sjøene i Østfold. Mysis relicta er foruten i Femsjøen så vidt vites bare funnet i Vestvannet (Jansen 1965) av disse sjøene.

Det er videre ikke usannsynlig at Mysis relicta - eller andre relikte arter - finnes i enda flere i sjøene i Femsjøens nedslagsfelt i det de fleste av disse ligger under den marine grense.

### Plankton.

Mengden av phyto- og zooplankton må sies å være høy tatt i betraktning Femsjøens trofigrad.

Høsten 1966 opptrådte disse artene av phytoplankton i størst mengde: Tabellaria fenestrata, Coelosphaerium Naegelianum, Anabaena spp. og Asterionella formosa.

En bestemmelse av planktonarter fra Femsjøen er foretatt over flere år av Skulberg - og resultatene av disse er samlet i tabell under. Et utdrag av disse bestemmelsene er også publisert (Skulberg 1965). Den mengdemessige forekomst satte Skulberg opp etter en subjektiv metode som følger:

#### SKALA FOR KVANTITATIV FOREKOMST AV ORGANISMER

Kvantitetsgruppe	Betegnelse	Definisjon for mikroskopering
+	Forekommer	Ett eksemplar funnet.
1	Sjelden	Enkelte eksemplarer funnet.
2	Sparsom	Forekommer ofte, men ikke i hvert synsfelt.
3	Vanlig	Noen eksemplarer i hvert synsfelt.
4	Hyppig	Preger inntrykket av hvert synsfelt.
5	Dominant	Utgjør nærmest hvert synsfelt fullstendig.

#### FOREKOMST AV PLANKTONARTER I FEMSJØEN

Organismer	Dato	1/9 1961	14/7 1963	19/9 1963	5/8 1964	27/9 1964
------------	------	-------------	--------------	--------------	-------------	--------------

#### SCHIZOPHYCEAE

<u>Anabaena flos-aquae</u>	2				1	
<u>Anabaena spiroides</u> (?)	1		1		3	
<u>Anabaena spp.</u>				2	1	2

forts.

forts.

Organismer	Dato	1/9 1961	14/7 1963	19/9 1963	5/8 1964	27/9 1964
<u>Aphanizomenon flos-aquae</u>						1
<u>Coelosphaerium Naegelianum</u>		4	3	3	4	4
CHLOROPHYCEAE						
<u>Arthrodesmus Incus</u>		1				
<u>Botryococcus Braunii</u>		2			2	+
<u>Coelastrum cf. cambricum</u>			+			
<u>Dictyosphaerium pulchellum</u>		1				
<u>Pandorina sp. (?)</u>			1			
<u>Pediastrum sp.</u>						1
<u>Spondylosium planum</u>			1		1	
<u>Staurastrum spp.</u>		1	1	1	1	1
<u>Xanthidium sp.</u>		1				
BACILLARIOPHYCEAE						
<u>Attheya Zachariasii</u>			+			1
<u>Asterionella formosa</u>		3	1	2	2	2
<u>Melosira sp.</u>						1
<u>Rhizosolenia longiseta</u>		2	2		1	1
<u>Tabellaria fenestrata</u>		3	1	4	1	3
<u>Tabellaria fenestrata var. asterionelloides</u>			5			
<u>Tabellaria flocculosa</u>						1
CHRYSOPHYCEAE						
<u>Dinobryon bavaricum</u>		1				
<u>Dinobryon divergens</u>		2	2		3	
<u>Mallomonas cf. candata</u>					1	
<u>Mallomonas sp.</u>		1				1
<u>Synura uvella</u>		3			2	
DINOPHYCEAE						
<u>Ceratium hirundinella</u>		1	+			+
<u>Peridinium cf. Willei</u>						1
<u>Peridinium sp.</u>			1		1	

forts.

forts.

Organismer	Dato	1/9 1961	14/7 1963	19/9 1963	5/8 1964	27/9 1964
------------	------	-------------	--------------	--------------	-------------	--------------

ROTATORIA

<u>Asplanchna priodonta</u>					1	
<u>Keratella cochlearis</u>	1	2	1	1		1
<u>Notholca longispina</u>	2					1
<u>Polyarthra platyptera</u>	+	2				
<u>Ubest. rotatorier</u>		1				

CRUSTACEA

<u>Bosmina sp.</u>	+		1			
<u>Cyclops sp.</u>	1	1		1		1
<u>Daphnia sp.</u>	1			1		
<u>Diaphanosoma brachyura</u>		+				
<u>Holopedium gibberum</u>	1					1
<u>Nauplier</u>	1	1				

Under høstoppblomstringen er det særlig Coelosphaerium Naegelianum og Tabellaria fenestrata som setter sitt preg på vannmassene, - dette var også tilfelle høsten 1966 da den sistnevnte hadde størst forekomst av dem. Gjennomgående er det blågrønnalger og diatomeer som har de største kvantiteter utviklet av phytoplanktonet i sjøen.

Bunnprøve.

Den 5. august ble det tatt en slamprøve fra ca. 47 meters dyp. Prøven inneholdt en del organisk materiale som ikke var nedbrutt. Slammet må nærmest karakteriseres som dy - det ble ikke gjort nærmere analyser av slammet.

I slamprøven ble det funnet et eksemplar av bunndyr - dette ble av cand. real. A. Klemetsen bestemt til å høre til gruppen Oligocheta.

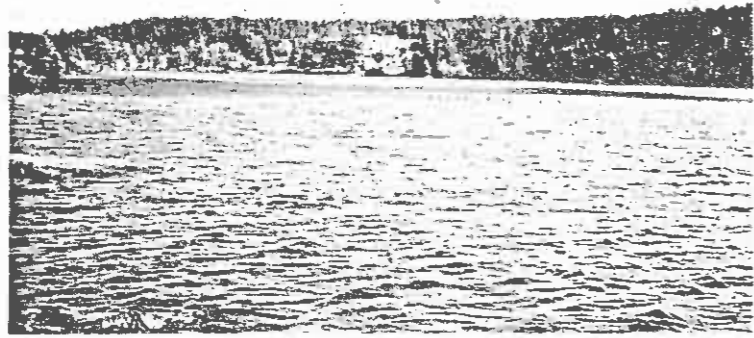
### Bakterier.

Femsjøen er i noen grad påvirket av bakterier, men ikke utover det som er normalt for innsjøer i jordbruksområder (opplysning fra NIVA).

### Littoralvegetasjon.

Når det gjelder littoralvegetasjon er det ikke foretatt noen fullstendig kartlegging. Det var bare ved utløpene av bekkene ved Rjør og Tue det var noe vesentlig med vegetasjon. Sjøbunnen består her av meget grunne partier.

Begge stedene var vegetasjonen tett - som det går frem av bildene fra disse lokalitetene neste side.



LITTORALVEGETASJONEN: DE ÖVERSTE FRA TUE, NEDERST FRA RJÖR.

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Femsjøen ligger i den nederste del av Haldensvassdraget - 79 m over havet.

Berggrunnen i nedslagsfeltet består av grunnfjell - der den alt overveiende del er gneisbergarter. Femsjøen ligger i en forkastning/svakhetssone som er videre påvirket av iserosjon. Den er demmet opp av det store Østfold-raet. Størstedelen av nedslagsfeltet ligger under den marine grense.

Femsjøens areal er  $10,83 \text{ km}^2$ , - det største dyp ble observert til 50,6 m ved vannstand 79 m.o.h. Sjøens største lengde er 7,0 km og med en midlere bredde av 1,55 km. Volumet er  $213,6 \text{ mill. m}^3$ . Femsjøens nedslagsfelt er på  $1.550 \text{ km}^2$ .

Klimaet ved Femsjøen er moderat innlandsklima. Lufttemperaturen var i observasjonsperioden nær lik normaltemperaturen. Nedbørsobservasjonene ved alle fem stasjonene i nedslagsfeltet viste nedbørhøyder noe over det normale. Femsjøen er vindeksponert i ikke uvesentlig grad.

Femsjøens vannmasser er sterkt preget av Haldensvassdraget som renner gjennom sjøen. Sjøen har vært regulert flere ganger og har i dag en reguleringshøyde på 1 m. I vårflommen begge år ble denne oversteget for en kortere tid. Den teoretiske fornyelse var i 1966 og 1967 på respektive 92 og 75 døgn, - under vårflommen begge år ble vannet fornyet på ca. 14 dager.

Fordunstingen i vassdraget er stor - i 1966 ble den beregnet til ca. 32% av den tilførte nedbør.

Femsjøen var vinteren 1965-66 helt islagt fra 28/12 til 1/5 og vinteren etter fra 24/12 til 11/3. Isløsingen første året varte 3 døgn og siste året ca. en måned. Det område som er mest påvirket av gjennomstrømmingen i sjøen blir sist islagt om høsten og først isfritt om våren.



Ved overgang til sommerstagnasjon var temperaturen høyere enn  $t_{mt}$  begge år, og i løpet av sommerene ble det også drevet ned varmere vann. Siste sommeren var temperaturen i dypvannet ca.  $7,5^{\circ}\text{C}$ . Dette betyr at sjøen kunne ha lagret mer varme om den hadde vært dypere. På grunn av dette er det vanskelig å sammenligne varmebudsjettene for Femsjøen med andre sjøers. Varmebudsjettene ble beregnet med  $t_4$  som basis, de er som følger:

Vinterbudsjett	-	6.390 cal./cm <sup>2</sup>
Sommerbudsjett		17.700 "
Årsbudsjett		24.090 cal./cm <sup>2</sup>

Også om vinteren ble temperaturen i dypvannet målt høyere enn  $t_{mt}$  på grunn av sedimentenes avgivelse av varme som var magasinert om sommeren.

Innsjøens farge ble alle gangene observert som brunlig gul eller gullig brun. Vannets farge ble målt til 35-45 mg Pt/l de fleste gangene - fargen er antatt hovedsakelig å skyldes humus. Siktedypet varierte mellom 2,0 og 4,4 m, det sistnevnte ble observert i august.

Under hele den isfri periode ble det drevet ned nytt vann til de dypere partier slik at det ikke noen gang ble observert oksygenvinn. Bare under siste del av den kortvarige isperioden siste vinteren ble det observert betydelig avtak i metning ved bunnen. En beskjedne overmetning forekom en gang i de øvre 2 m - den er antatt å være termisk betinget. Oksygenfordelingen virket noe mer "tilfeldig" syd i sjøen der gjennomstrømmingen gikk enn over det største dyp.

Den totale hårdhet lå gjennom hele perioden på verdier omkring 12-13 mg CaCO<sub>3</sub>/l. Mengden av Mg var relativt stor i forhold til Ca, verdiene for disse var respektive ca. 1,2 og 3 mg/l. Hårdheten økte i overflaten om vinteren på grunn av utfrysing av salter fra isen, og også i dypvannet på grunn av diffusjon ut fra sedimentene. Etter Ohles skjema regnes Femsjøen som kalkfattig.

Kloridinnholdet var ca. 3,5-4 mg/l. De lavere verdier for Femsjøen enn de øvrige rademte sjøene i Østfold antas å skyldes den store gjennomstrømmingen.

Verdiene for alkalinitet viste at vannet er dårlig buffret, og harmonerer med de lave verdiene for hårdhet.

Ledningsevnen var gjennom hele perioden ca. 40. Variasjonene i ledningsevnen fulgte variasjonene i hårdhet.

Variasjonene i pH målt elektrisk var fra 5,74 til 6,92 og kolorimetrisk fra 6,0 til 7,0. Observasjonene viste god overensstemmelse med hverandre, men også at pH målt in situ viste forholdene i sjøen bedre. De registrerte variasjoner som ikke kom frem ved målingene på radiometer et døgn senere.

Med den høye oksygenmetning i sjøen må jerninnholdet skyldes humusstoffene i vannet. Som nevnt var det bare vinteren 1966-67 at det ble forhold som forårsaket diffusjon ut fra sedimentene - i dypvannet ple den høyeste verdi målt til 1.740 mg/m<sup>3</sup>. Til vanlig var jerninnholdet mellom 100 og 200 mg/m<sup>3</sup>, med et avtak i epilimnion om sommerene som kan være forårsaket av utfнокking på grunn av sollyset.

Innholdet av orthofosfat var lite og lå ofte under påviselighetsgrensen for dette. Nitratinnholdet var relativt høyt, ca. 250 mg N/m<sup>3</sup>.

Det er funnet tre forskjellige arter relikte crustaceer i Femsjøen.

Et bunndyr ble funnet av arten Oligocheta i en bunnprøve. Slammet må karakteriseres som dy.

Bakterieinnholdet i sjøen tilsvarer det som er vanlig for en innsjø i jordbruksområder.

Littoralvegetasjonen er sparsom, men ved bekkeutløpene ved Rjør og Tue er den markert.

Planktonmengden er ut fra forholdene i vannet stor.

Det er diatomeene og blågrønnalger som opptrer i størst mengder.

Forholdene i sjøen viser liten forandring gjennom året.  
Etter Åberg & Rodhes sjøtypeinndeling må Femsjøen kunne sies  
å tilsvare den mesohumøse sjøtype.

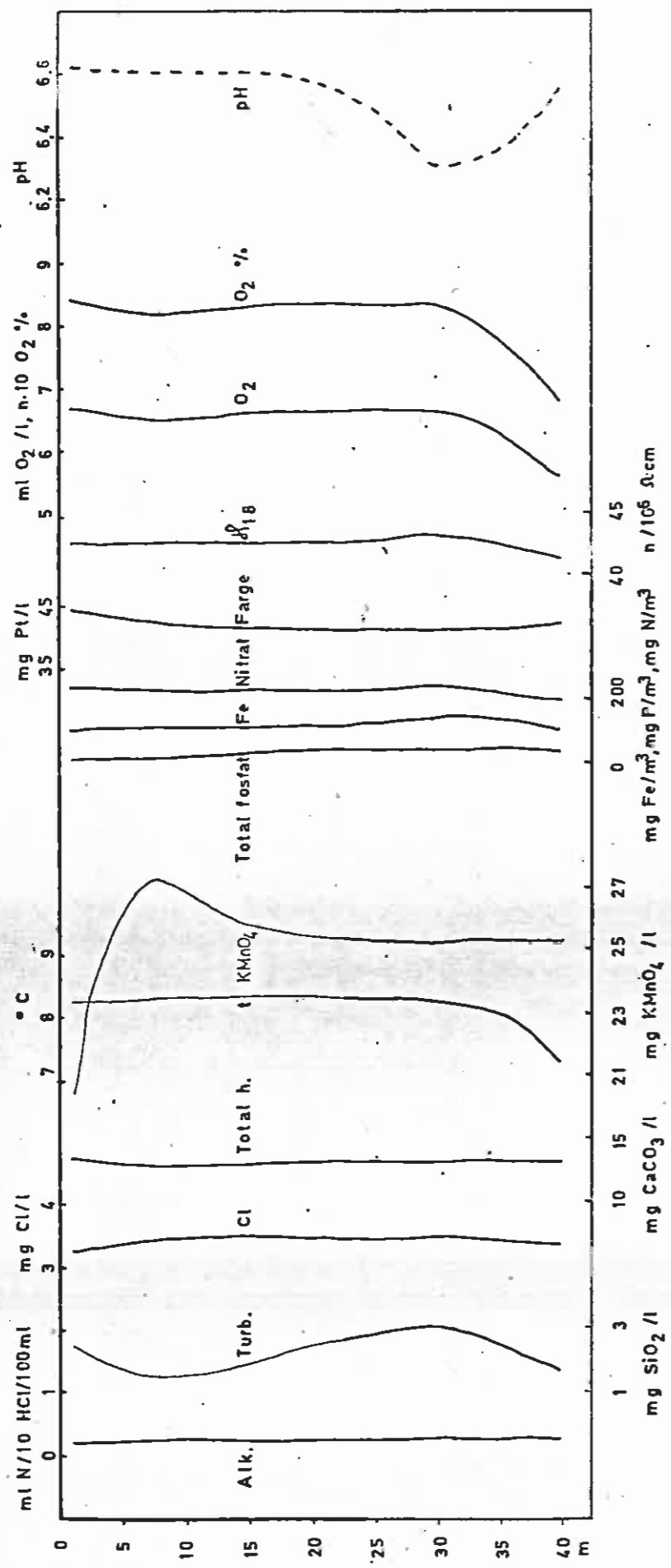
HYDROGRAFISKE TABELLER OG DIAGRAMMER

## OBSERVASJONER 9/11 1965

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH elek.	$\kappa_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Turbiditet som mg SiO <sub>2</sub> /l	Fe mg/m <sup>3</sup>
1	8,20	6,70	83,9	6,62	42,6	44	2,5	100
8	8,26	6,54	82,1	6,60	42,6	42	1,5	108
16	8,24	6,65	83,3	6,60	42,3	41	2,1	108
30	8,20	6,61	82,8	6,30	43,1	41	3,1	145
40	7,21	5,55	67,5	6,55	41,2	42	1,6	100

Dyp m	KMnO <sub>4</sub> - forbruk mg/l	Alkalinitet ml N/10 HCl /100 ml	Ortho- fosfat <sub>3</sub> mg P/m <sup>3</sup>	Total fosfat <sub>3</sub> mg P/m <sup>3</sup>	Klorid mg Cl/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l	Nitrat mg N/m <sup>3</sup>
1	20,5	0,23	<2	15	3,25	13,7	235
8	27,3	0,20	<2	18	3,45	12,9	235
16	25,7	0,22	<2	39	3,45	13,2	235
30	25,3	0,21	<2	35	3,45	13,6	245
40	25,3	0,23	7	29	3,35	13,2	205

9. NOVEMBER 1965

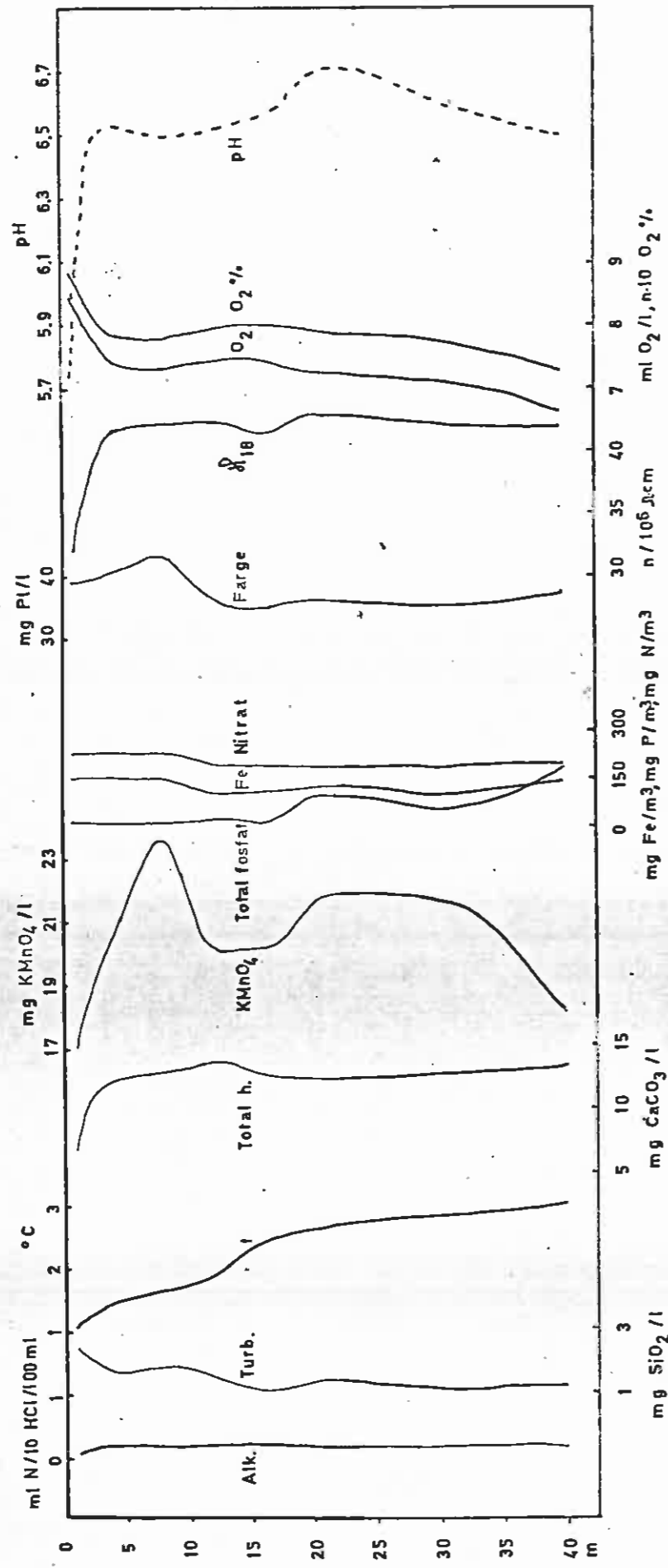


## OBSERVASJONER 16/3 1966

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH elek.	$\kappa_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Turbiditet som mg SiO <sub>2</sub> /l
1	1,07	8,50	88,5	5,74	31,9	39	2,5
4	1,48	7,48	78,8	6,53	41,8	41	1,7
8	1,69	7,29	77,9	6,50	42,3	44	1,9
12	2,02	7,43	79,3	6,52	42,6	37	1,4
16	2,43	7,45	80,4	6,55	41,6	35	1,0
20	2,58	7,26	78,8	6,70	43,1	36	1,4
30	2,78	7,16	77,8	6,60	42,1	35	1,1
40	2,98	6,57	72,0	6,50	42,0	37	1,3

Dyp m	KMnO <sub>4</sub> - forbruk mg/l	Alkalinitet ml N/10 HCl /100 ml	Total fosfat mg P/m <sup>3</sup>	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l	Nitrat mg/m <sup>3</sup>	Fe mg/m <sup>3</sup>
1	16,9	0,08	15	7,1	235	155
4	20,5	0,15	17	12,7	240	158
8	23,7	0,15	17	13,0	240	158
12	20,1	0,15	28	13,6	200	113
16	20,1	0,15	19	12,9	190	110
20	21,7	0,15	100	12,5	190	115
30	21,7	0,16	55	12,9	190	103
40	18,1	0,15	190	13,2	200	148

16. MARS 1966





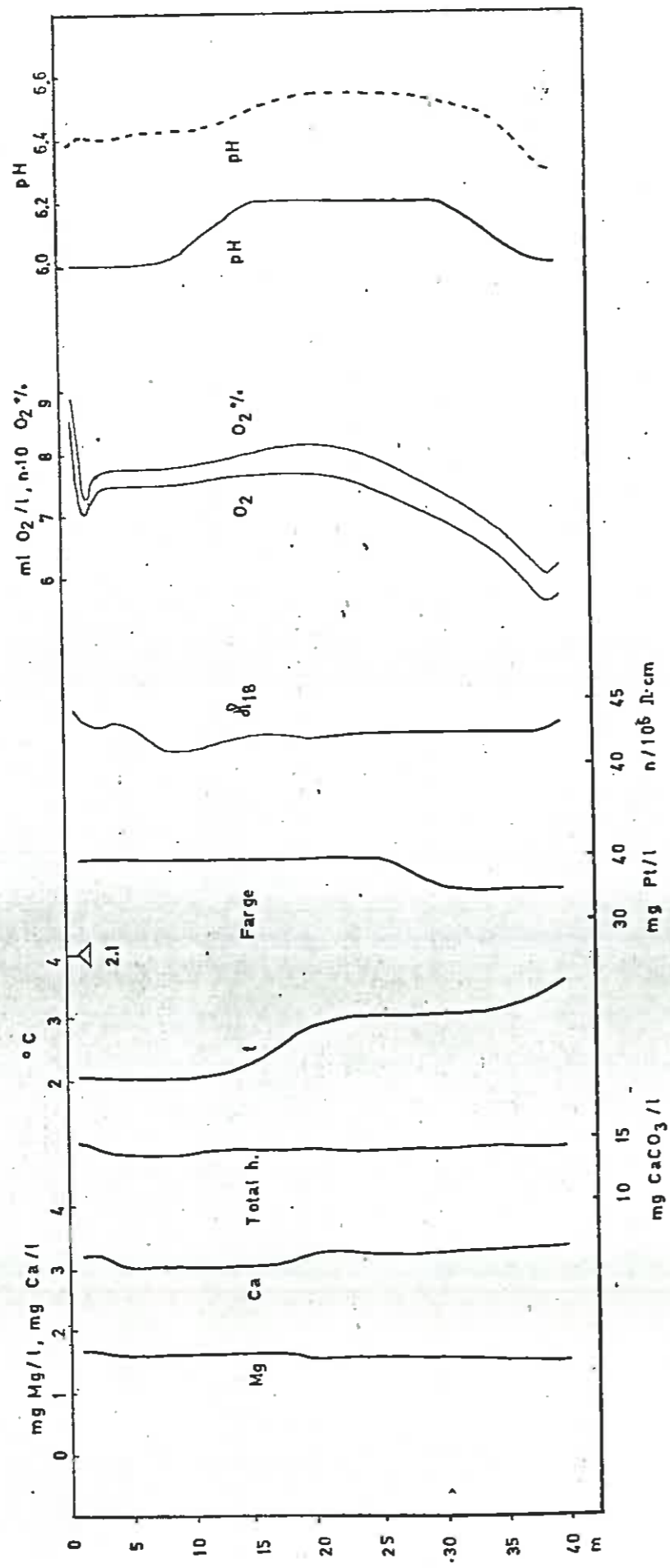
## OBSERVASJONER 13/4 1966

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$\kappa_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l
1	2,02	8,58	88,9	6,0	6,39	44,5	40	1,65	3,28	15,0
2	2,01	6,99	72,4	6,0	6,41	43,2	40	1,65	3,20	14,8
3	2,02	7,39	76,6	6,0	6,40	42,9	40	1,46	3,28	14,2
4	2,02	7,47	77,3	6,0	6,40	43,6	40	1,60	3,04	14,2
8	2,04	7,47	77,3	6,0	6,42	41,1	40	1,60	2,96	14,0
12	2,02	7,63	79,0	6,1	6,43	41,8	40	1,60	3,04	14,2
16	2,62	7,63	80,2	6,2	6,50	42,4	40	1,63	3,00	14,2
20	2,83	7,70	81,6	6,2	6,54	42,0	40	1,48	3,24	14,2
25	2,93	7,43	78,9	6,2	6,54	42,4	40	1,53	3,16	14,2
30	3,01	6,91	73,5	6,2	6,52	42,7	35	1,51	3,20	14,2
35	3,07	6,36	67,8	6,1	6,45	42,4	35	1,48	3,28	14,3
39	3,43	5,56	59,8	6,0	6,30	42,9	35	1,46	3,28	14,2
40	3,48	5,72	61,6	6,0	6,30	43,2	35	1,46	3,28	14,2

Innsjøens farge: Gullig brun

Siktedyp: 2,1 m

13. APRIL 1966

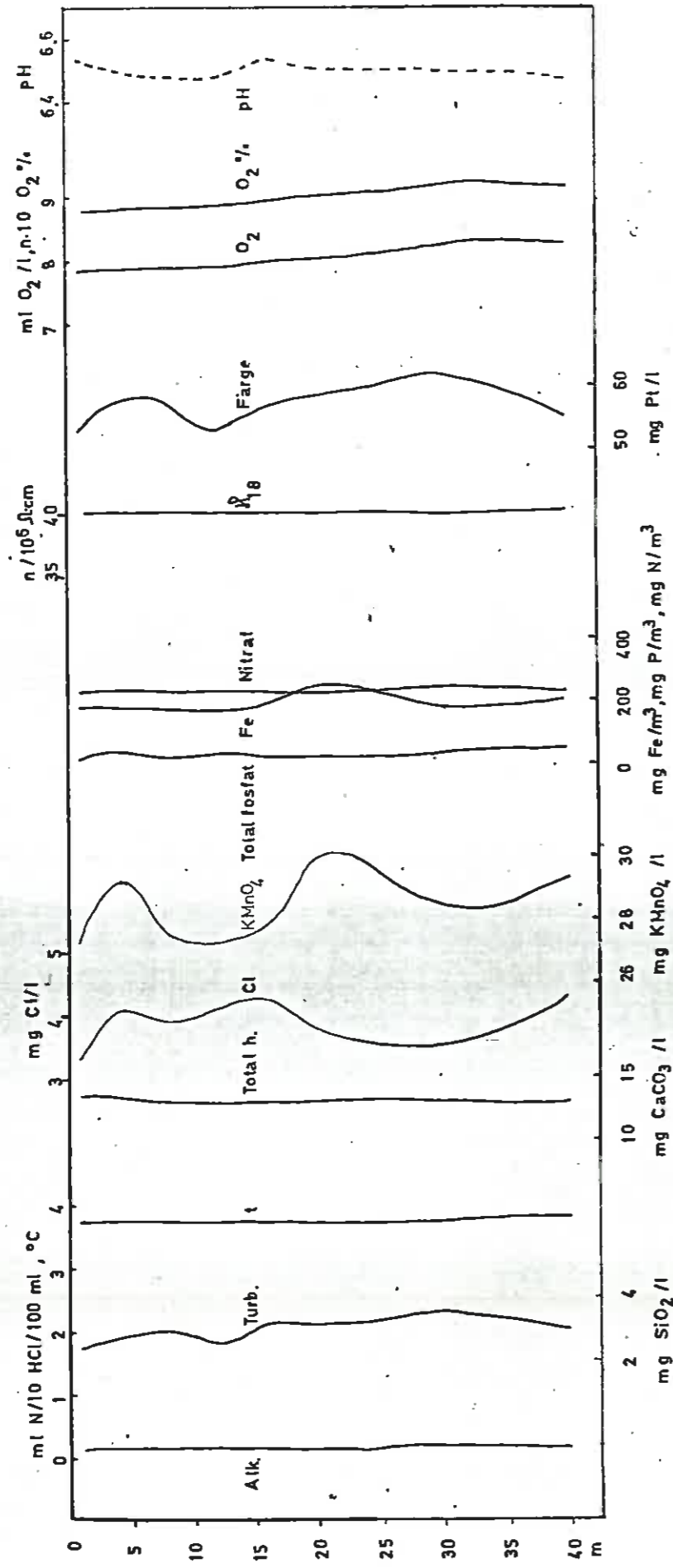


## OBSERVASJONER 12/5 1966

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH elek.	$\kappa_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Turbiditet som mg SiO <sub>2</sub> /l	Fe mg/m <sup>3</sup>
1	3,76	7,85	87,7	6,53	40,2	53	2,5	185
4	3,76	7,85	87,7	6,50	40,2	58	2,8	180
8	3,72	7,89	88,2	6,48	40,0	58	3,1	170
12	3,72	7,92	88,4	6,47	40,1	53	2,6	170
16	3,73	7,99	89,2	6,54	40,3	57	3,3	195
20	3,70	8,02	89,5	6,50	40,3	58	3,1	250
30	3,70	8,25	92,0	6,48	40,3	62	3,6	185
40	3,73	8,21	91,7	6,47	40,1	55	3,0	200

Dyp m	KMnO <sub>4</sub> - forbruk mg/l	Alkalinitet ml N/10 HCl /100 ml	Ortho- fosfat <sub>3</sub> mg P/m <sup>3</sup>	Total fosfat <sub>3</sub> mg P/m <sup>3</sup>	Klorid mg Cl/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l	Nitrat mg N/m <sup>3</sup>
1	27,3	0,12	3	25	3,31	13,7	225
4	29,3	0,13	8	43	4,08	13,6	225
8	27,7	0,12	<2	21	3,89	13,2	225
12	27,3	0,13	6	35	4,08	13,2	225
16	27,7	0,12	<2	20	4,27	13,2	227
20	30,1	0,13	3	23	3,70	13,2	230
30	28,5	0,12	<2	30	3,51	13,4	240
40	29,3	0,12	12	38	4,27	13,2	225

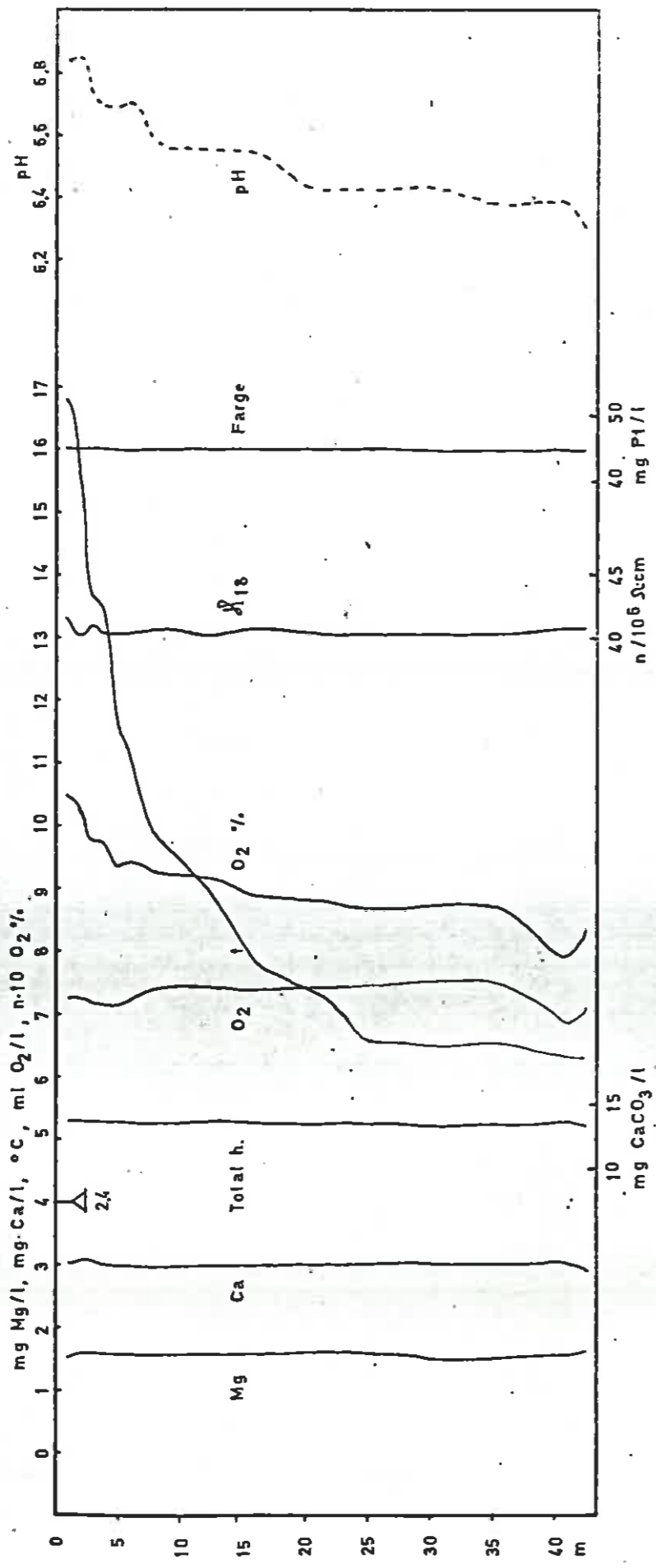
12. MAI 1966



## OBSERVASJONER 16/6 1966

DYP m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH elek.	$\chi_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l
1	16,81	7,27	105,3	6,84	41,6	45	1,53	3,04	13,9
2	15,84	7,22	102,6	6,85	39,9	45	1,56	3,08	14,1
3	13,68	7,15	97,3	6,73	41,0	45	1,51	3,08	13,9
4	13,52	7,14	97,0	6,69	40,3	45	1,53	3,00	13,8
5	11,71	7,11	93,0	6,69	40,3	45	1,56	2,96	13,8
6	11,28	7,30	94,6	6,71	41,1	45	1,53	2,96	13,7
8	9,77	7,39	92,6	6,58	40,6	45	1,53	2,96	13,7
12	9,10	7,44	91,7	6,55	40,1	45	1,53	2,96	13,7
16	7,77	7,39	88,4	6,54	40,7	45	1,51	2,96	13,6
20	7,47	7,41	88,0	6,43	40,3	45	1,56	2,89	13,6
25	6,54	7,43	86,2	6,42	40,3	45	1,56	2,89	13,6
30	6,46	7,52	87,2	6,43	40,3	45	1,43	3,00	13,4
35	6,54	7,52	87,3	6,39	40,4	45	1,48	3,00	13,6
41	6,27	6,81	78,6	6,39	40,8	45	1,51	3,00	13,7
42,5	6,27	7,21	83,2	6,30	40,6	45	1,53	2,84	13,4
Innsjøens farge: Gullig brun					Siktedyp: 2,4-m				

16. JUNI 1966



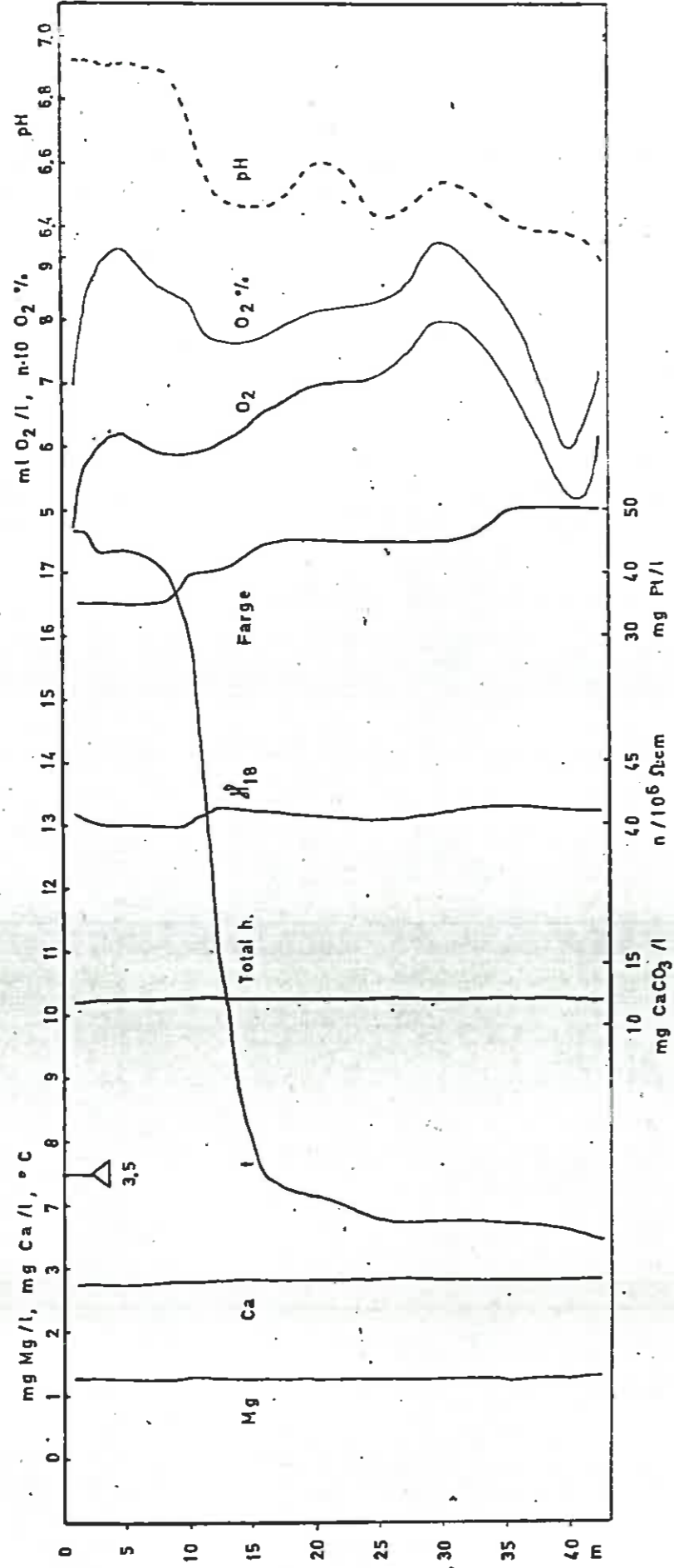
## OBSERVASJONER 4/8 1966

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH elek.	$\kappa_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l
1	17,76	4,69	69,2	6,92	40,9	35	1,24	2,76	12,0
2	17,72	5,74	84,7	6,92	40,3	35	1,26	2,89	12,4
3	17,35	5,99	87,7	6,91	39,8	35	1,26	2,89	12,4
4	17,41			6,90	39,9	35	1,29	2,84	12,4
5	17,41	6,23	91,4	6,91	40,1	35	1,26	2,89	12,4
6	17,45	6,07	89,0	6,90	39,8	35	1,24	2,89	12,3
8	17,21	5,82	85,1	6,85	40,0	35	1,22	2,89	12,2
10	16,12	5,82	83,3	6,74	40,2	40	1,24	2,84	12,2
12	11,32	5,90	76,6	6,49	41,2	40	1,24	2,92	12,4
16	7,48	6,47	76,9	6,45	40,9	45	1,24	2,92	12,4
20	7,18	6,88	81,1	6,60	40,4	45	1,22	2,92	12,3
25	6,78	7,04	82,2	6,42	40,4	45	1,22	2,92	12,3
30	6,83	7,93	92,7	6,54	41,0	45	1,24	2,89	12,3
35	6,78	7,12	83,2	6,41	41,3	50	1,24	2,89	12,3
41	6,59	5,10	59,3	6,36	41,0	50	1,26	2,89	12,4
42,5	6,52	6,15	71,4	6,27	41,2	50	1,29	2,92	12,6

Innsjøens farge: Brunlig gul

Siktedryp: 3,5 m

4. AUGUST 1966



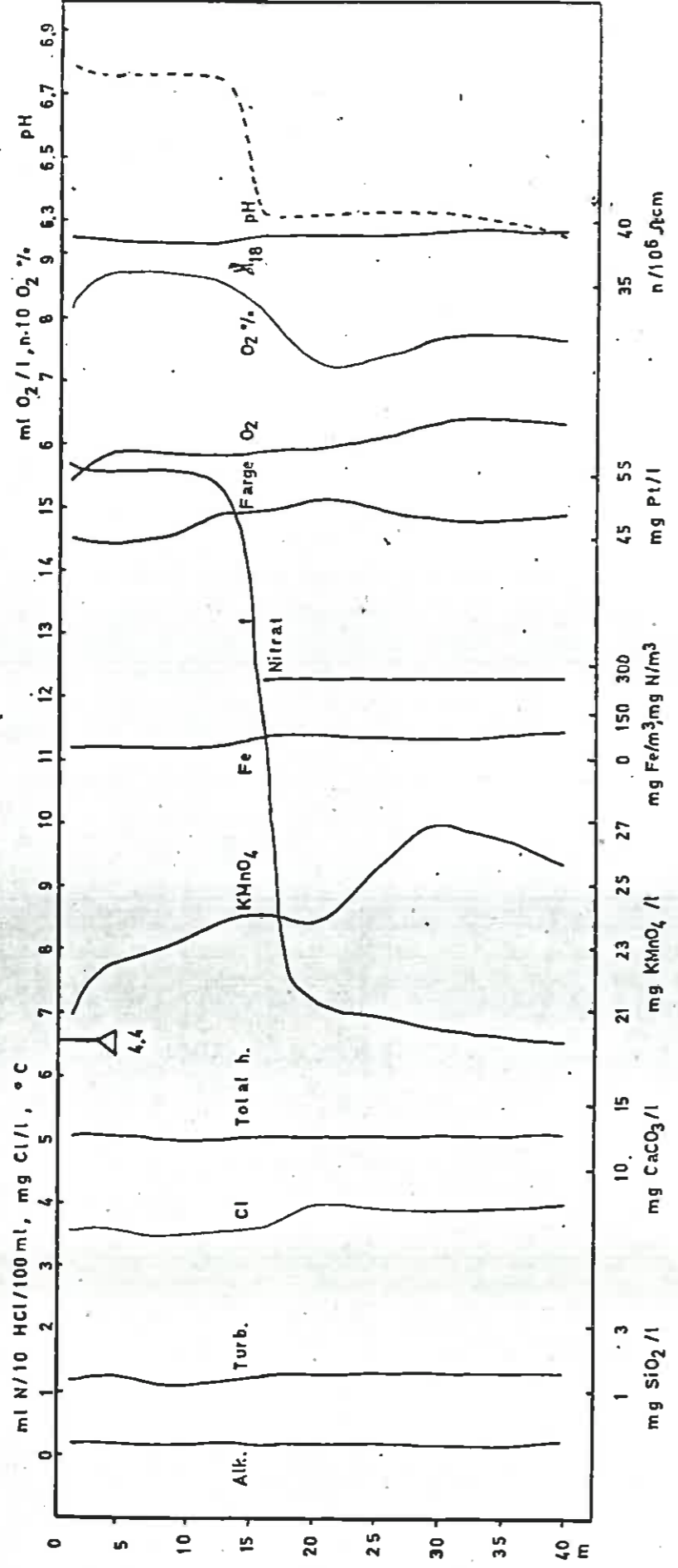


OBSERVASJONER 24/8 1966

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH elek.	$\kappa_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Turbiditet som mg SiO <sub>2</sub> /l
1	15,65	5,46	81,1	6,79	38,7	45	1,4
4	15,55	5,88	87,3	6,76	38,5	44	1,5
8	15,55	5,84	86,5	6,77	38,3	45	1,2
12	15,42	5,81	85,7	6,76	38,3	49	1,3
14	14,58						
16	11,40	5,91	80,0	6,31	39,0	49	1,5
18	7,50						
20	7,13	5,95	72,5	6,33	38,9	51	1,5
30	6,68	6,39	77,0	6,34	39,4	48	1,5
40	6,50	6,33	76,2	6,25	39,2	49	1,5

Dyp m	KMnO <sub>4</sub> - forbruk mg/l	Alkalinitet ml N/10 HCl /100 ml	Ortho- fosfat <sub>3</sub> mg P/m <sup>3</sup>	Klorid mg Cl/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l	Nitrat mg N/m <sup>3</sup>	Fe mg/m <sup>3</sup>
1	20,9	0,16	<2	3,55	12,7		40
4	22,5	0,16	<2	3,55	12,7		40
8	22,9	0,16	<2	3,45	12,3		40
12	23,7	0,16	<2	3,55	12,7		40
16	24,1	0,15	3	3,55	12,7	260	70
20	23,7	0,16	<2	3,94	12,7	265	65
30	26,9	0,16	<2	3,84	12,8	263	70
40	25,7	0,16	<2	3,94	12,7	260	90
Innsjøens farge: Brunlig gul				Siktedyp: 4,4 m			

24. AUGUST 1966



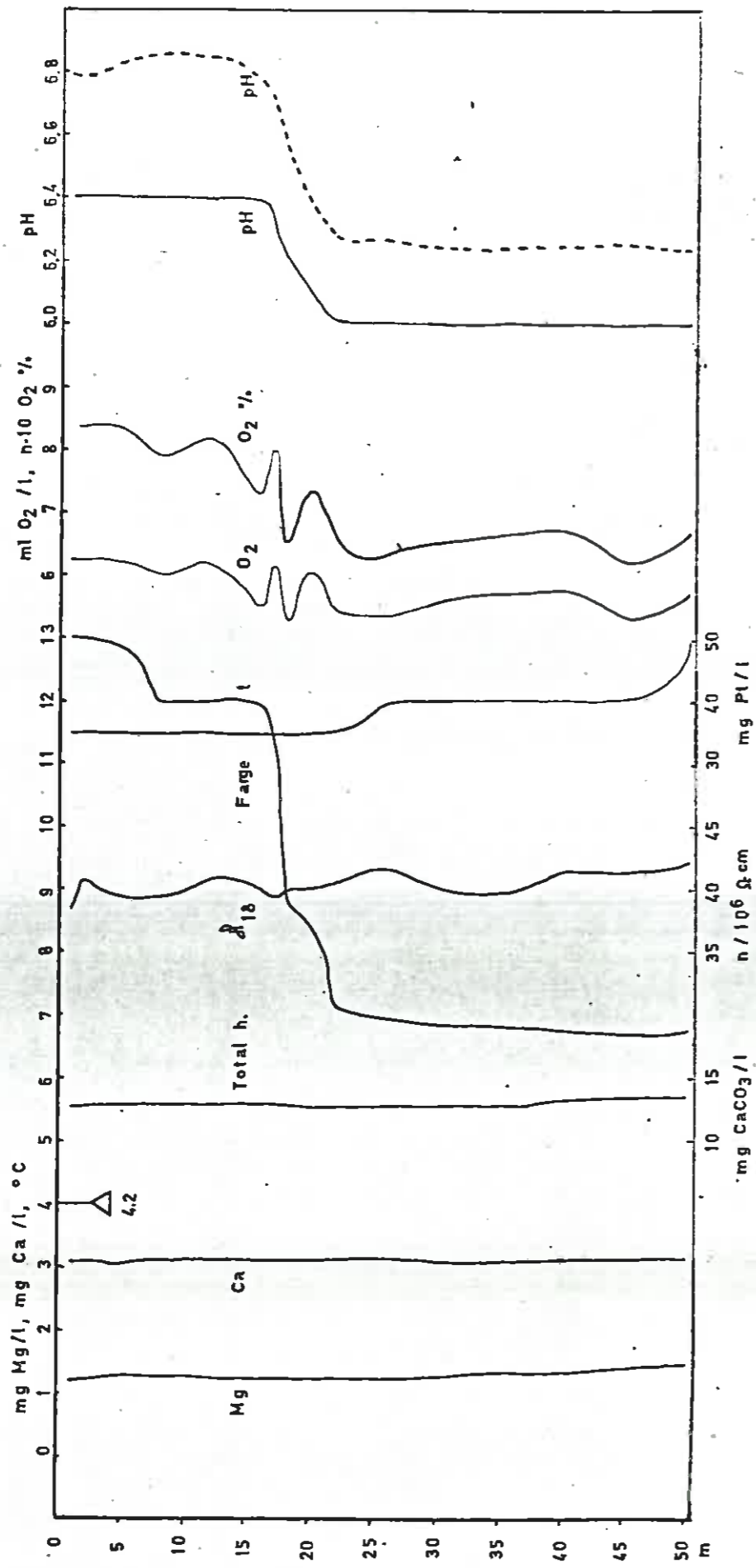
## OBSERVASJONER 4/10 1966

DYP m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$\chi_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l
1	13,01	6,23	83,7	6,4	6,79	38,2	35	1,22	3,08	12,7
2	12,97	6,23	83,6	6,4	6,79	40,8	35	1,22	3,08	12,7
4	12,89	6,22	83,4	6,4	6,81	39,3	35	1,26	3,04	12,8
8	12,01	6,01	79,0	6,4	6,85	39,4	35	1,24	3,08	12,8
12	12,01	6,22	81,8	6,4	6,84	41,0	35	1,22	3,12	12,8
16	11,97	5,48	72,4	6,4	6,76	40,1	35	1,19	3,12	12,7
17	11,61	6,14	80,1	6,3	6,69	39,1	35	1,22	3,12	12,8
18	8,84	5,28	64,7	6,2	6,56	39,9	35	1,22	3,12	12,8
20	8,42	6,06	73,5	6,1	6,37	39,8	35	1,19	3,12	12,7
22,5	7,12	5,37	63,3	6,0	6,27	41,0	35	1,22	3,12	12,8
25	6,95	5,33	62,5	6,0	6,27	41,8	40	1,22	3,12	12,8
30	6,85	5,58	65,3	6,0	6,24	40,0	40	1,26	3,04	12,8
40	6,78	5,77	67,4	6,0	6,25	41,6	40	1,36	3,12	13,4
45	6,71	5,31	61,9	6,0	6,25	41,6	40	1,41	3,16	13,7
50	6,81	5,75	67,3	6,0	6,24	42,4	50	1,46	3,12	13,8

Innsjøens farge: Gullig brun

Siktedyp: 4,2 m

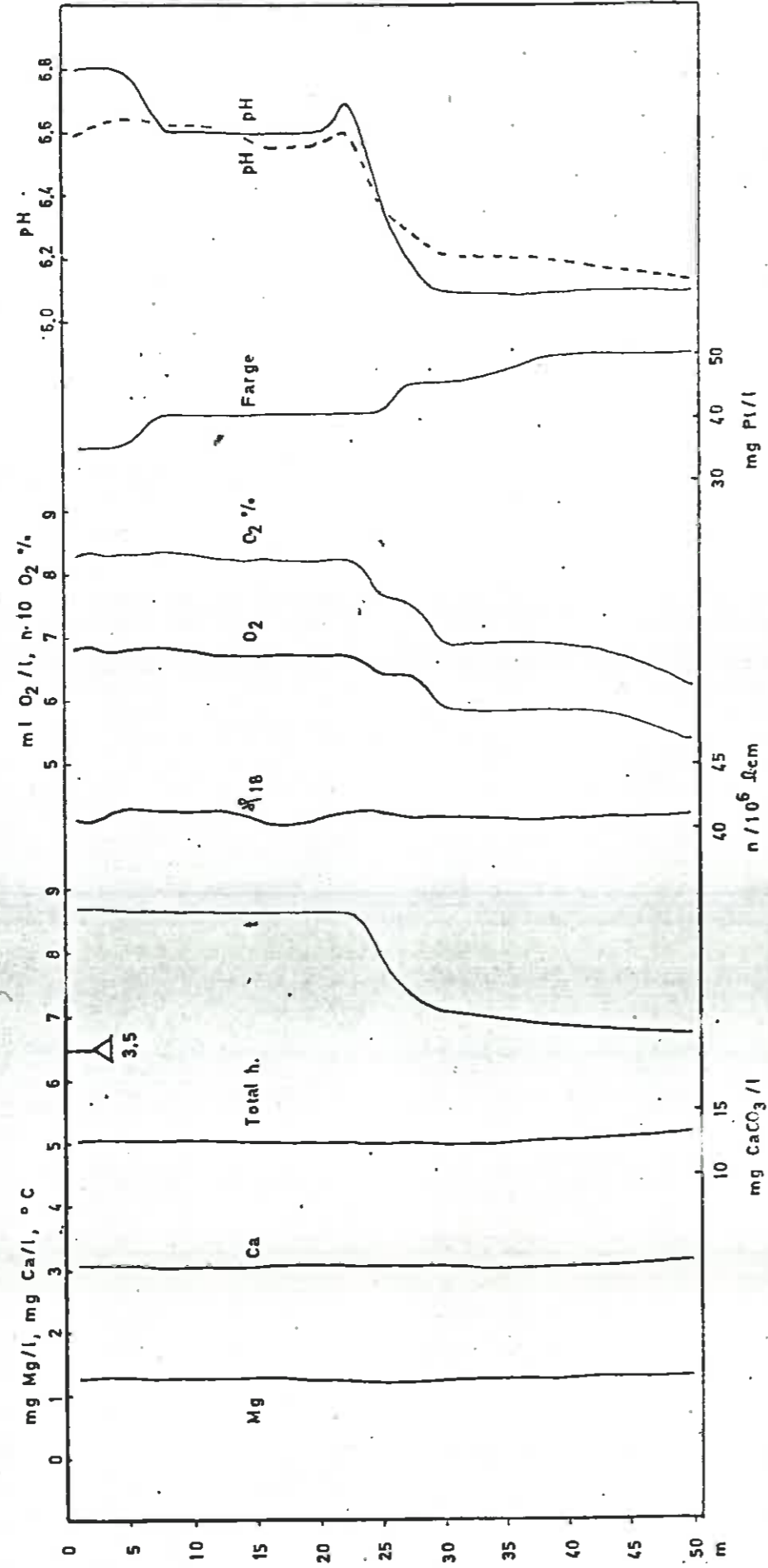
4. OKTOBER 1966



## OBSERVASJOER 31/10 1966

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$\kappa_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l
1	8,70	6,80	83,0	6,8	6,59	40,4	35	1,22	3,04	12,6
2	8,70	6,84	83,5	6,8	6,61	40,2	35	1,22	3,08	12,7
4	8,70	6,80	83,0	6,8	6,64	41,4	35	1,22	3,08	12,7
8	8,70	6,84	83,5	6,6	6,62	41,2	40	1,22	3,08	12,7
12	8,70	6,76	82,5	6,6	6,61	41,2	40	1,22	3,04	12,6
16	8,65	6,76	82,4	6,6	6,55	40,0	40	1,22	3,04	12,6
20	8,65	6,72	81,9	6,6	6,56	40,7	40	1,19	3,04	12,5
22 1/2	8,61	6,72	82,3	6,7	6,60	41,2	40	1,19	3,04	12,5
25	7,93	6,39	76,7	6,4	6,39	41,2	40	1,16	3,00	12,3
27 1/2	7,25	6,41	75,6	6,2	6,30	40,6	45	1,24	2,96	12,5
30	7,07	5,87	69,0	6,1	6,22	40,6	45	1,19	3,00	12,4
40	6,82	5,87	68,6	6,1	6,19	40,6	50	1,24	3,08	12,8
50	6,72	5,30	61,8	6,1	6,13	41,0	50	1,29	3,16	13,2
Innsjøens farge: Gullig brun										Siktedyp: 3,5 m

31. OKTOBER 1966



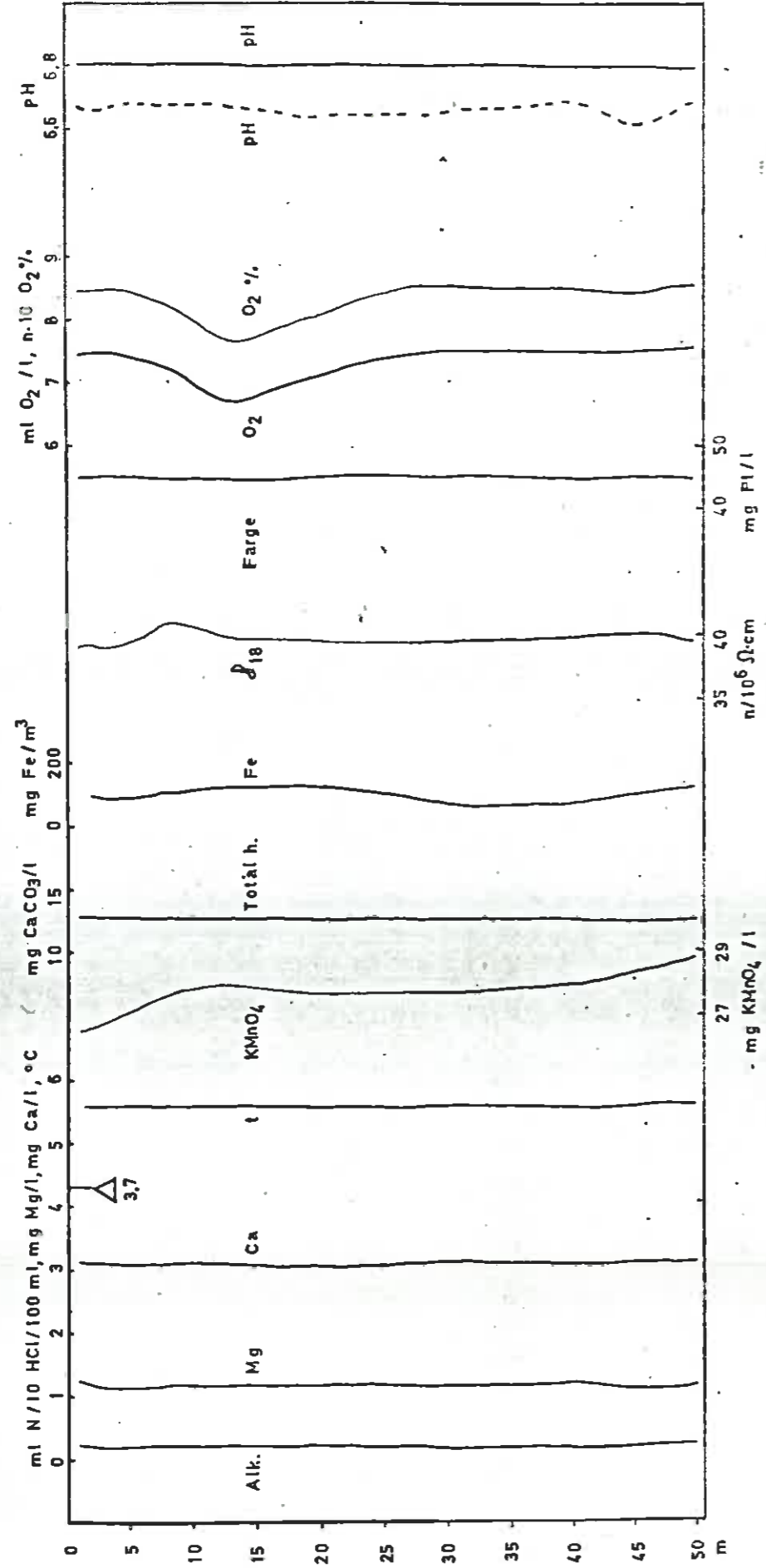
## OBSERVASJONER 28/11 1966

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$\chi_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l	Fe mg/m <sup>3</sup>	Alkalinitet ml N/10 HCl /100 ml	KMnO <sub>4</sub> - forbruk mg/l
1	5,56	7,44	84,3	6,8	6,67	39,2	45	1,22	3,08	12,7		0,22	26,5
2	5,56	7,44	84,3	6,8	6,66	39,4	45	1,17	3,12	12,6	95		
4	5,56	7,46	84,5	6,8	6,67	39,0	45	1,17	3,12	12,6	80	0,19	
8	5,56	7,21	81,8	6,8	6,67	41,3	45	1,17	3,12	12,6	105	0,23	27,7
12	5,55	6,70	76,0	6,8	6,67	39,8	45	1,14	3,08	12,4	125		28,0
20	5,55			6,8	6,63	39,3	45	1,17	3,00	12,3	125	0,23	27,7
30	5,54	7,49	84,9	6,8	6,65	39,5	45	1,14	3,12	12,5	60	0,16	27,7
40	5,56	7,44	84,3	6,8	6,69	40,0	45	1,17	3,12	12,6	75	0,20	28,0
48	5,59	7,49	85,0	6,8	6,61	39,8	45	1,09	3,12	12,3			
50	5,56	7,53	85,3	6,8	6,68	39,6	45	1,14	3,08	12,4	115	0,22	28,8

Innsjøens farge: Gullig brun

Siktedyp: 3,7 m

28. NOVEMBER 1966





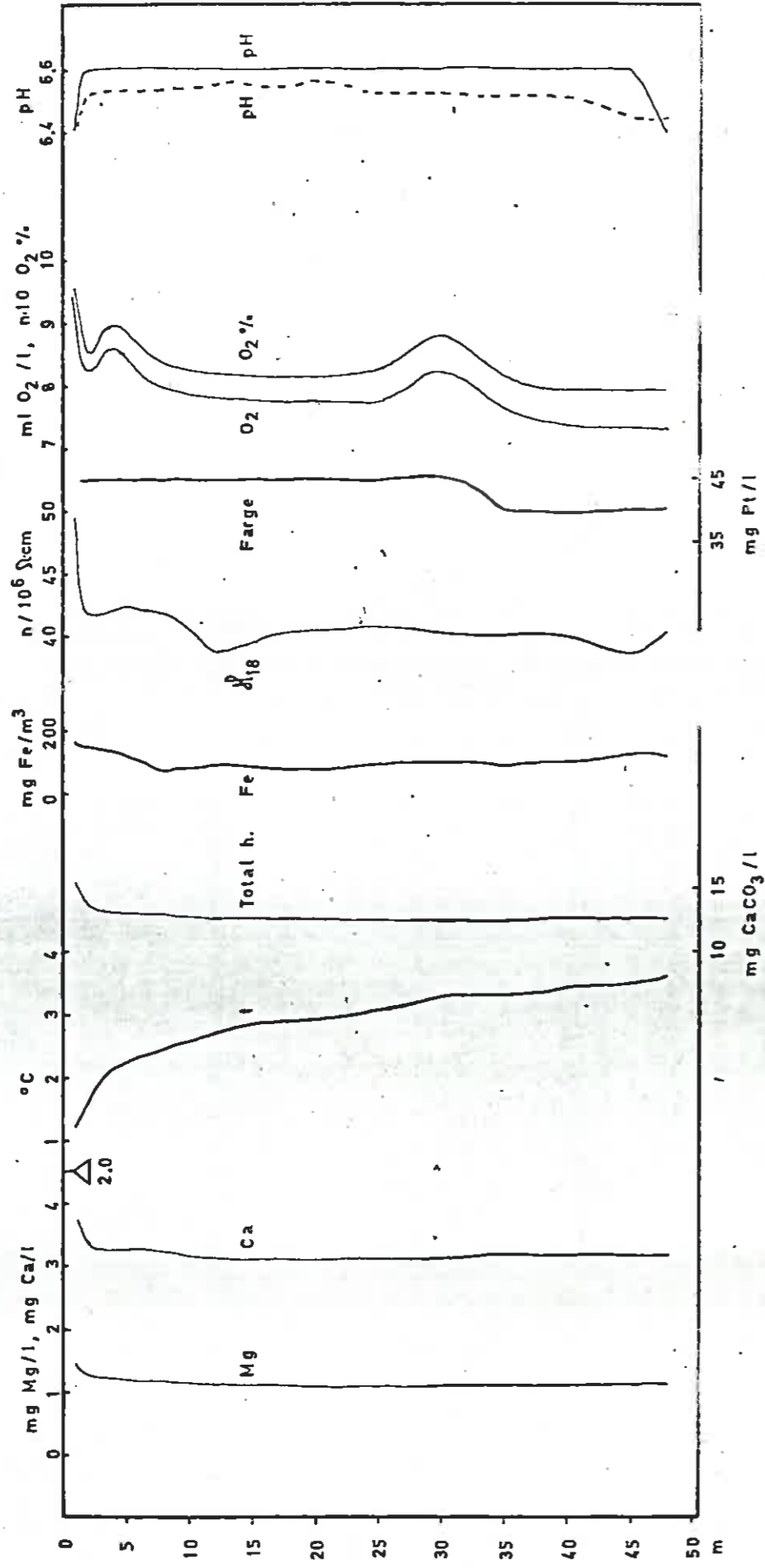
## OBSERVASJONER 15/1 1967

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$\kappa_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som CaCO <sub>3</sub> /l	Fe mg/m <sup>3</sup>
1	1,22	9,39	95,2	6,4	6,39	49,4	45	1,46	3,76	15,4	160
2	1,70	8,20	84,2	6,6	6,52	41,7	45	1,24	3,32	13,4	
4	2,18	8,62	89,7	6,6	6,53	42,4	45	1,19	3,28	13,1	130
8	2,44	7,94	83,2	6,6	6,53	41,8	45	1,17	3,24	12,9	70
12	2,67	7,78	82,0	6,6	6,57	38,6	45	1,12	3,12	12,4	85
16	2,84	7,66	81,1	6,6	6,54	39,9	45	1,12	3,12	12,4	70
20	2,90	7,69	81,5	6,6	6,56	40,4	45	1,12	3,12	12,4	
25	3,04	7,72	82,2	6,6	6,52	40,7	45	1,12	3,12	12,4	95
30	3,24	8,24	88,2	6,6	6,52	40,0	45	1,12	3,12	12,4	
35	3,26	7,61	81,4	6,6	6,51	40,3	40	1,14	3,16	12,6	85
40	3,40	7,36	79,0	6,6	6,50	39,9	40	1,14	3,16	12,6	
45	3,47	7,32	78,8	6,6	6,45	38,5	40	1,14	3,16	12,6	120
48	3,58	7,31	78,9	6,4	6,44	40,1	40	1,14	3,16	12,6	110

Innsjøens farge: Gullig brun

Siktedyp: 2,0 m

15. JANUAR 1967



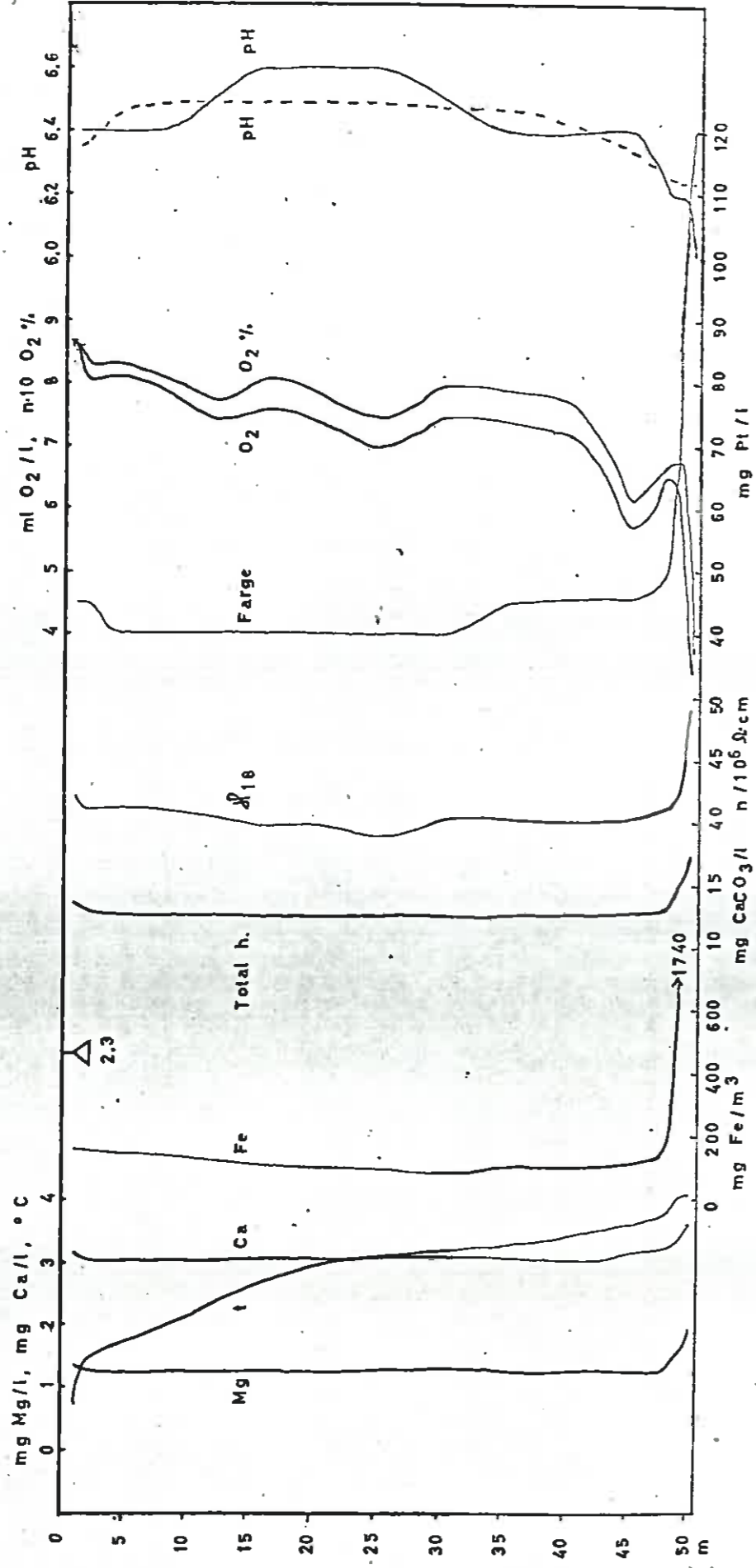
## OBSERVASJONER 26/2 1967

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$\kappa_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l	Fe mg/m <sup>3</sup>
1	0,71	8,71	87,1	6,4	6,35	42,0	45	1,36	3,16	13,5	160
2	1,43	8,05	83,1	6,4	6,37	40,7	45	1,26	3,04	12,8	
4	1,65	8,14	83,5	6,4	6,46	41,3	40	1,22	3,04	12,6	150
8	1,93	7,83	80,9	6,4	6,49	40,9	40	1,22	3,04	12,6	140
12	2,33	7,37	77,0	6,5	6,48	40,4	40	1,22	3,04	12,6	120
16	2,66	7,62	80,3	6,6	6,48	39,6	40	1,22	3,04	12,6	110
20	2,89	7,42	78,6	6,6	6,48	39,6	40	1,22	3,04	12,6	110
25	3,08	6,92	73,8	6,6	6,48	38,7	40	1,22	3,04	12,6	
30	3,16	7,45	79,5	6,5	6,47	40,3	40	1,22	3,04	12,6	85
35	3,26	7,37	78,5	6,4	6,47	40,3	45	1,22	3,04	12,6	105
40	3,39	7,19	77,3	6,4	6,42	40,1	45	1,22	3,04	12,6	
45	3,63	5,63	60,9	6,4	6,33	40,5	45	1,19	3,16	12,8	115
48	3,74	6,51	66,7	6,2	6,26	41,1	50	1,22	3,20	13,0	150
49	4,03	6,25	68,2	6,2	6,24	42,2	70	1,58	3,32	14,8	615
50	4,07	3,41	37,3	6,0	6,24	49,2	120	1,97	3,57	17,0	1740

Innsjøens farge: Gullig brun

Siktedyp: 2,3 m

26. FEBRUAR 1967



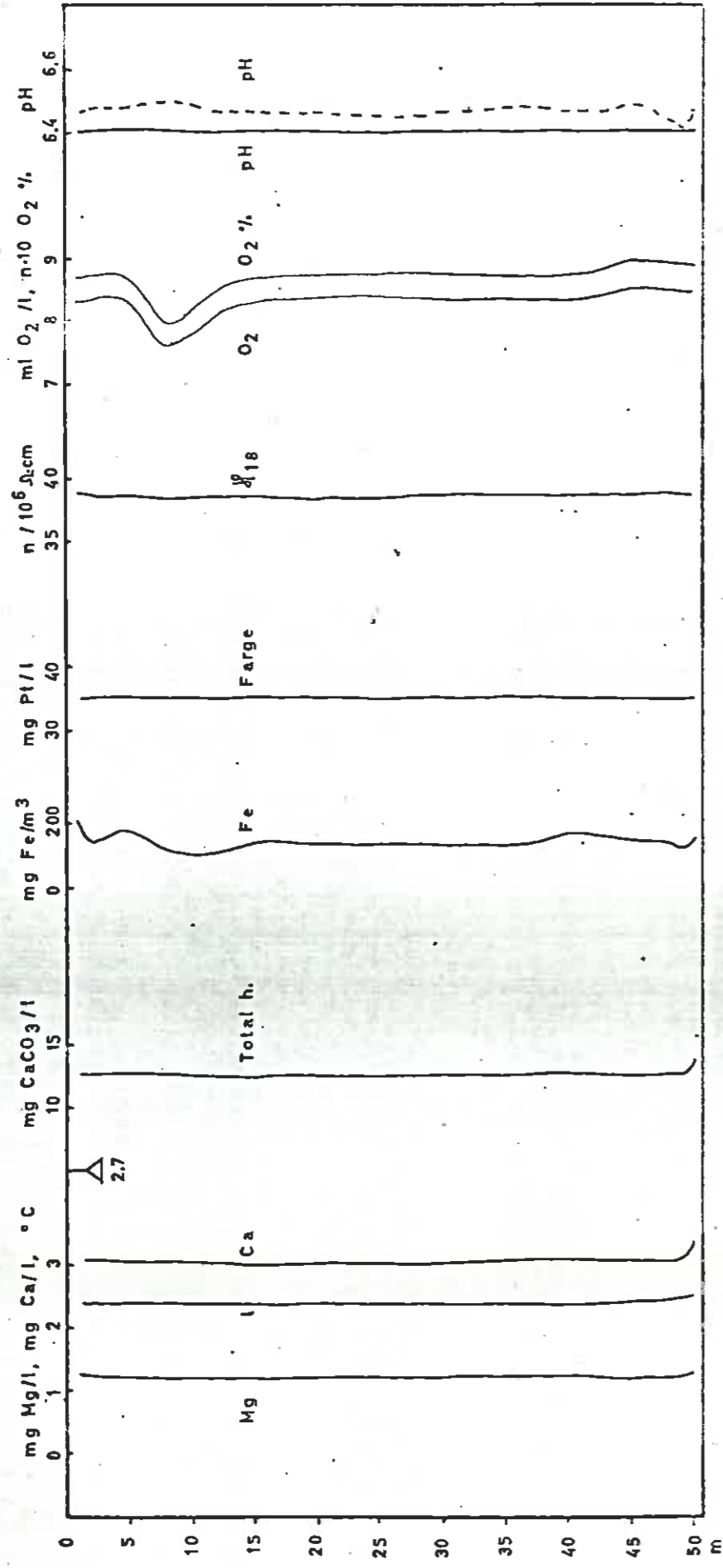
## OBSERVA SJONER 4/4 1967

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$K_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l	Fe mg/m <sup>3</sup>
1	2,38	8,30	86,8	6,4	6,46	38,7	35	1,22	3,04	12,6	210
2	2,38	8,32	87,0	6,4	6,47	38,5	35	1,22	3,04	12,6	135
4	2,38	8,37	87,5	6,4	6,47	38,5	35	1,22	3,04	12,6	180
8	2,38	7,54	78,9	6,4	6,49	38,3	35	1,19	3,04	12,5	110
12	2,38	8,13	85,0	6,4	6,46	38,5	35	1,19	3,00	12,4	100
16	2,38	8,29	86,7	6,4	6,45	38,3	35	1,19	3,00	12,4	150
20	2,40	8,33	87,2	6,4	6,45	38,1	35	1,22	3,00	12,5	135
25	2,39	8,35	87,4	6,4	6,44	38,3	35	1,24	3,00	12,6	130
30	2,40	8,33	87,2	6,4	6,45	38,5	35	1,19	3,04	12,5	130
35	2,39	8,30	86,9	6,4	6,47	38,6	35	1,19	3,00	12,4	130
40	2,41	8,30	86,9	6,4	6,46	38,4	35	1,19	3,04	12,5	170
45	2,43	8,51	89,2	6,4	6,48	38,5	35	1,19	3,00	12,4	135
48	2,45	8,45	88,5	6,4	6,43	38,7	35	1,22	3,04	12,6	145
49	2,47	8,45	88,6	6,4	6,40	38,4	35	1,19	3,00	12,4	120
50	2,49	8,45	88,6	6,4	6,45	38,5	35	1,26	3,32	13,5	150

Innsjøens farge: Gullig brun

Siktedyp: 2,7 m

4. APRIL 1967



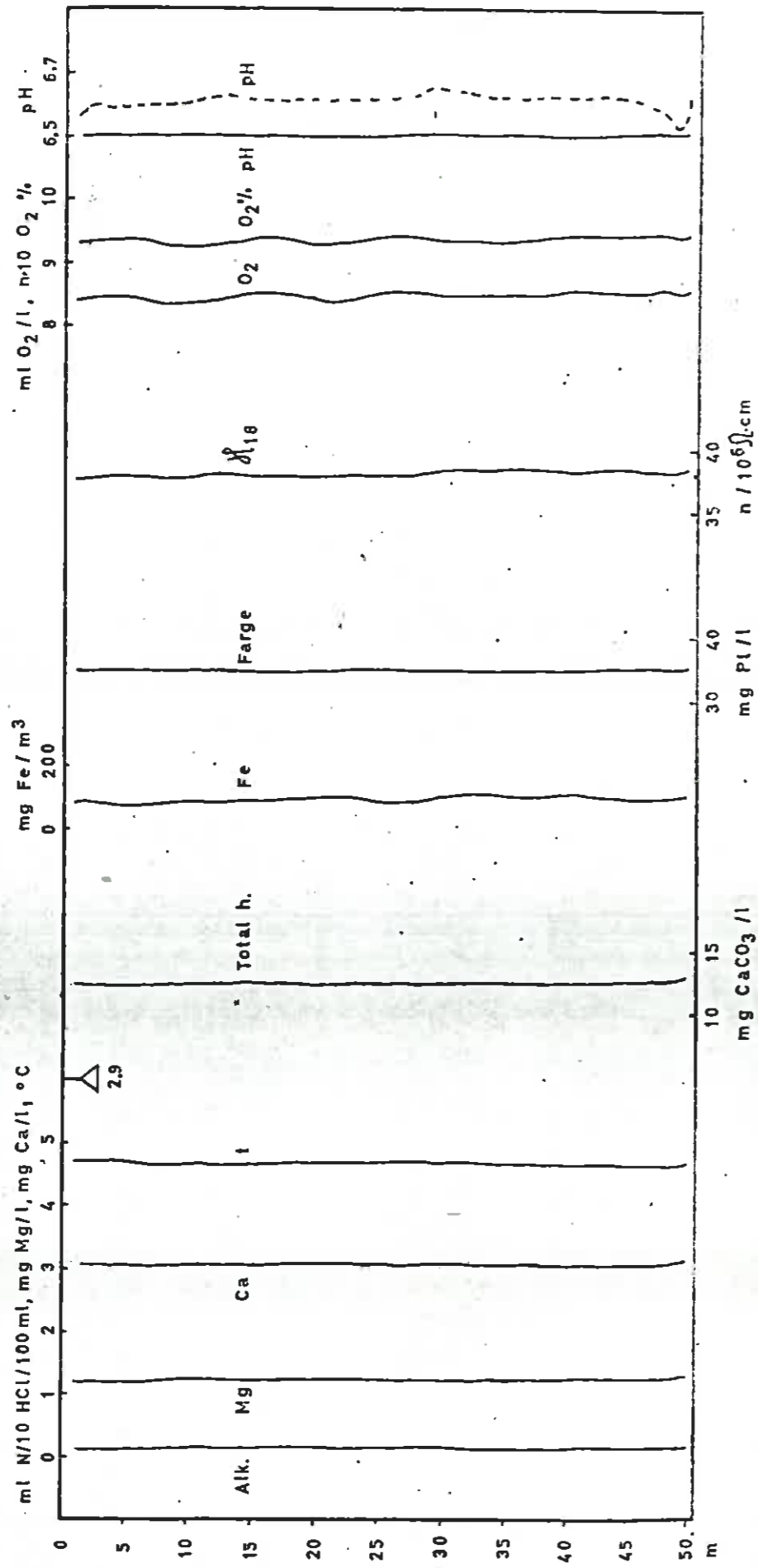
## OBSERVASJONER 4/5 1967

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$\kappa_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l	Fe mg/m <sup>3</sup>	Alkalinitet ml N/10 HCl /100 ml
1	4,71	8,39	93,2	6,5	6,56	37,8	35	1,22	3,04	12,6	80	0,12
2	4,72	8,39	93,2	6,5	6,59	37,9	35	1,22	3,04	12,6	80	
4	4,71	8,43	93,5	6,5	6,59	38,2	35	1,22	3,04	12,6	70	0,13
8	4,67	8,35	92,6	6,5	6,59	37,9	35	1,22	3,04	12,6	70	0,12
12	4,63	8,38	92,8	6,5	6,62	38,2	35	1,24	3,04	12,7	75	0,12
16	4,67	8,49	94,1	6,5	6,61	38,0	35	1,22	3,04	12,6	80	
20	4,63	8,35	92,5	6,5	6,61	38,1	35	1,22	3,00	12,5	95	0,11
25	4,63	8,49	94,1	6,5	6,61	38,1	35	1,22	3,04	12,6	75	
30	4,63	8,39	93,0	6,5	6,65	38,5	35	1,24	3,00	12,6	95	0,11
35	4,60	8,46	93,6	6,5	6,61	38,6	35	1,22	3,04	12,6	90	
40	4,60	8,51	94,2	6,5	6,62	38,3	35	1,22	3,04	12,6	100	0,11
45	4,60	8,51	94,2	6,5	6,62	38,4	35	1,22	3,04	12,6	90	0,11
48	4,60	8,54	94,5	6,5	6,57	38,3	35	1,24	3,04	12,7	95	
49	4,60	8,46	93,6	6,5	6,52	38,3	35	1,22	3,04	12,6	95	0,13
50	4,60	8,51	94,2	6,5	6,61	38,5	35	1,24	3,12	12,9	95	0,14

Innsjøens farge: Brunlig gul

Siktedyp: 2,9 m

4. MAI 1967

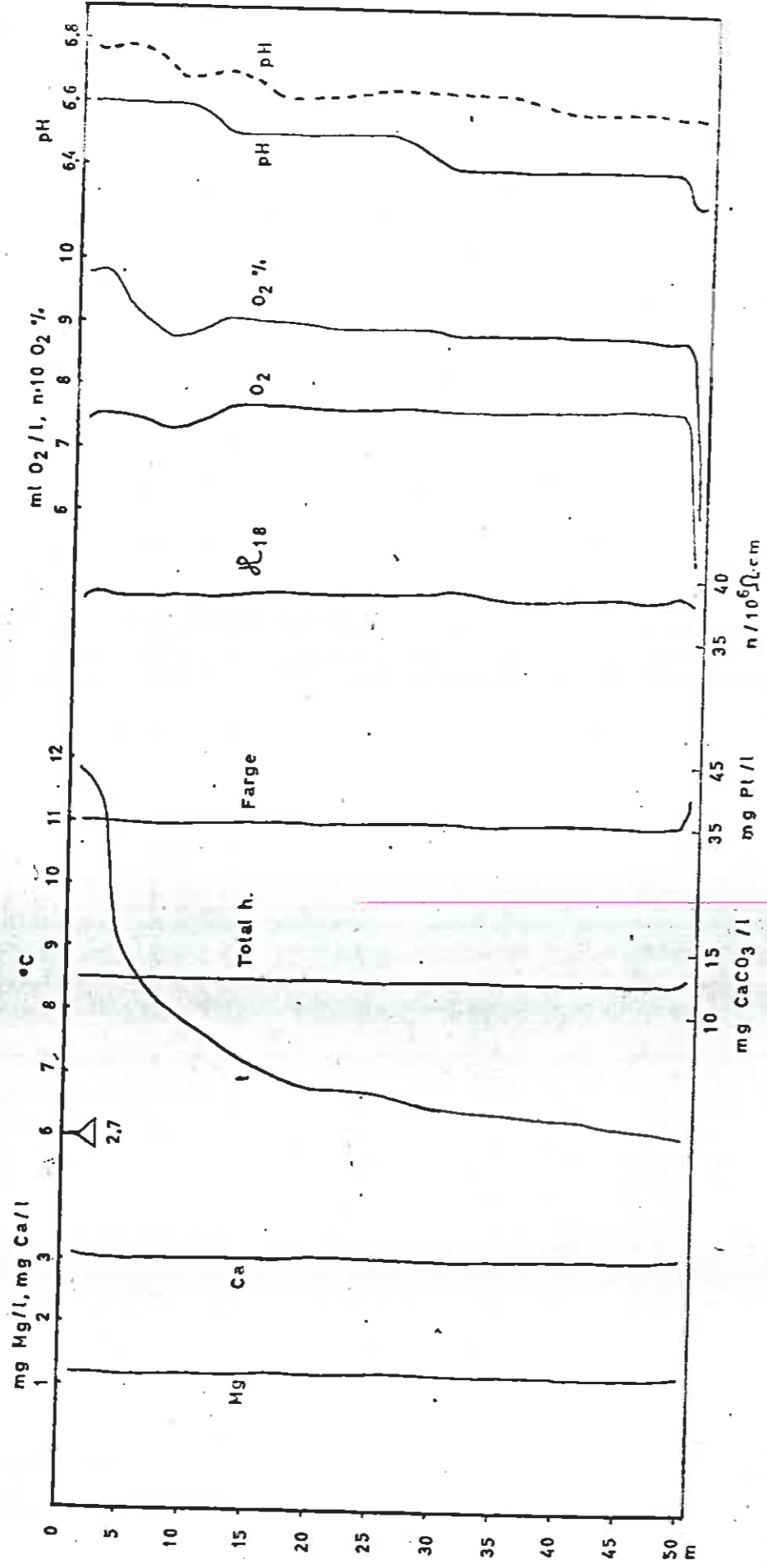




## OBSERVASJONER 5/6 1967

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$\chi_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l
1	11,86	7,44	97,6	6,6	6,77	38,0	35	1,19	3,08	12,6
2	11,69	7,53	98,3	6,6	6,77	38,4	35	1,19	3,04	12,5
4	9,28	7,53	93,2	6,6	6,78	38,0	35	1,22	3,04	12,6
8	8,05	7,28	87,6	6,6	6,68	38,2	35	1,22	3,04	12,6
12	7,50	7,66	91,0	6,5	6,70	38,1	35	1,22	3,04	12,6
16	7,05	7,68	90,2	6,5	6,62	38,4	35	1,22	3,04	12,6
20	6,79	7,63	89,1	6,5	6,62	38,4	35	1,19	3,04	12,5
25	6,70	7,66	89,3	6,5	6,65	38,5	35	1,22	3,04	12,6
30	6,45	7,63	88,4	6,4	6,64	38,8	35	1,22	3,00	12,5
35	6,37	7,66	88,6	6,4	6,63	38,2	35	1,22	3,04	12,6
40	6,30	7,69	88,8	6,4	6,58	38,4	35	1,19	3,00	12,4
45	6,14	7,69	88,5	6,4	6,59	38,4	35	1,22	3,04	12,6
48	6,08	7,66	88,0	6,4	6,57	38,4	35	1,22	3,04	12,6
49	6,07	7,69	88,3	6,3	6,58	38,7	35	1,22	3,04	12,6
50	6,03	5,23	60,0	6,3	6,57	38,3	40	1,19	3,16	12,8
Innsjøens farge: Brunlig gul										
Siktedyp: 2,7 m										

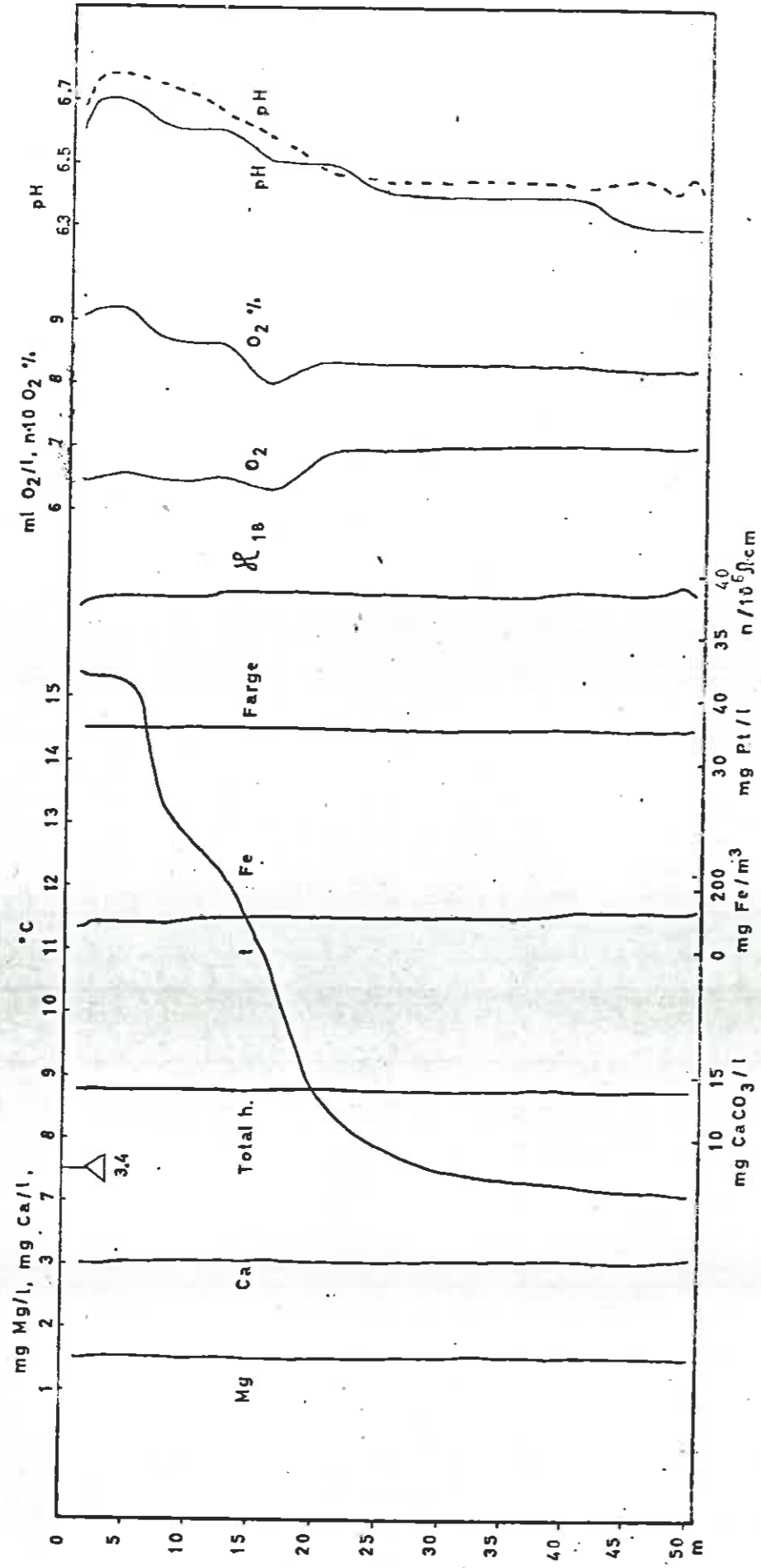
5. JUNI 1967



## OBSERVASJONER 5/7 1967

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$\chi_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l	Fe mg/m <sup>3</sup>
1	15,35	6,44	90,7	6,6	6,68	37,3	35	1,51	3,00	13,7	70
2	15,31	6,49	91,4	6,7	6,78	37,6	35	1,51	3,00	13,7	80
4	15,29	6,54	92,0	6,7	6,78	38,0	35	1,51	3,04	13,8	80
8	13,14	6,44	86,8	6,6	6,73	37,8	35	1,51	3,04	13,8	80
12	12,33	6,52	86,4	6,6	6,65	38,3	35	1,48	3,08	13,8	95
16	10,86	6,23	80,0	6,5	6,57	38,6	35	1,48	3,04	13,7	95
20	8,63	6,83	83,5	6,5	6,47	38,4	35	1,51	3,00	13,7	95
25	7,86	6,89	82,6	6,4	6,44	38,2	35	1,48	3,04	13,7	95
30	7,45	7,01	83,2	6,4	6,44	38,2	35	1,51	3,04	13,8	95
35	7,33	7,04	83,3	6,4	6,44	38,3	35	1,51	3,04	13,8	95
40	7,27	7,04	83,2	6,4	6,43	38,6	35	1,51	3,00	13,7	115
45	7,15	7,01	82,6	6,3	6,45	38,3	35	1,51	3,00	13,7	115
48	7,14	7,02	82,7	6,3	6,41	38,7	35	1,51	3,04	13,8	115
49	7,12	7,02	82,7	6,3	6,46	38,9	35	1,51	3,08	13,9	115
50	7,11	7,02	82,7	6,3	6,39	38,3	35	1,51	3,08	13,9	115
Innsjøens farge: Brunlig gul						Siktedyp: 3,4 m					

5. JULI 1967



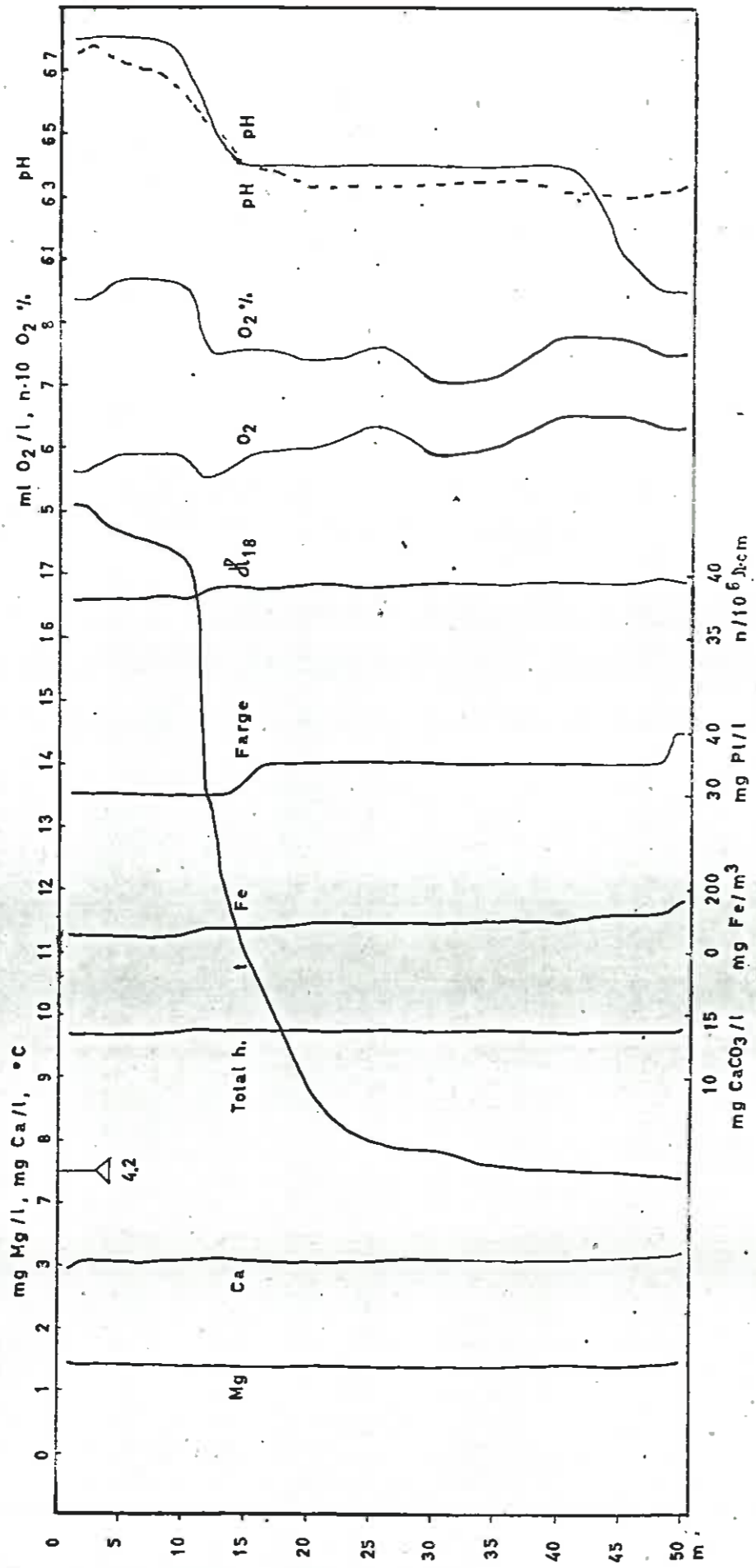
## OBSERVASJONER 5/8 1967

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$\kappa_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l	Fe mg/m <sup>3</sup>
1	18,10	5,63	83,7	6,8	6,76	37,8	30	1,46	2,96	13,4	50
2	18,08	5,61	83,4	6,8	6,78	37,9	30	1,41	3,12	13,6	50
4	17,72	5,88	86,7	6,8	6,74	37,9	30	1,41	3,08	13,5	55
8	17,45	5,91	86,7	6,8	6,68	38,3	30	1,43	3,08	13,6	50
10	17,28	5,83	85,3	6,7	6,61	38,0	30	1,43	3,12	13,7	50
11	16,32	5,50	79,0	6,6	6,55	38,4	30	1,43	3,12	13,7	65
12	13,47	5,52	74,8	6,5	6,51	39,0	30	1,41	3,12	13,6	75
14	11,60	5,78	75,4	6,4	6,42	39,3	30	1,43	3,12	13,7	75
16	10,56	5,96	76,0	6,4	6,39	38,7	35	1,46	3,08	13,7	75
20	8,91	6,01	73,7	6,4	6,33	39,4	35	1,43	3,08	13,6	95
25	7,96	6,35	76,2	6,4	6,33	38,9	35	1,43	3,08	13,6	95
30	7,85	5,88	70,4	6,4	6,34	39,4	35	1,43	3,12	13,7	95
35	7,57	6,05	72,0	6,4	6,35	39,2	35	1,46	3,08	13,7	100
40	7,53	6,56	77,9	6,4	6,32	39,6	35	1,46	3,12	13,8	105
45	7,46	6,51	77,2	6,1	6,30	39,4	35	1,46	3,12	13,8	130
48	7,46	6,31	74,9	6,0	6,32	39,8	35	1,43	3,16	13,8	130
49	7,46	6,35	75,3	6,0	6,32	39,4	40	1,46	3,16	13,9	155
50	7,44	6,35	75,3	6,0	6,34	39,5	40	1,51	3,20	14,2	170

Innsjøens farge: Brunlig gul

Siktedyp: 4,2 m

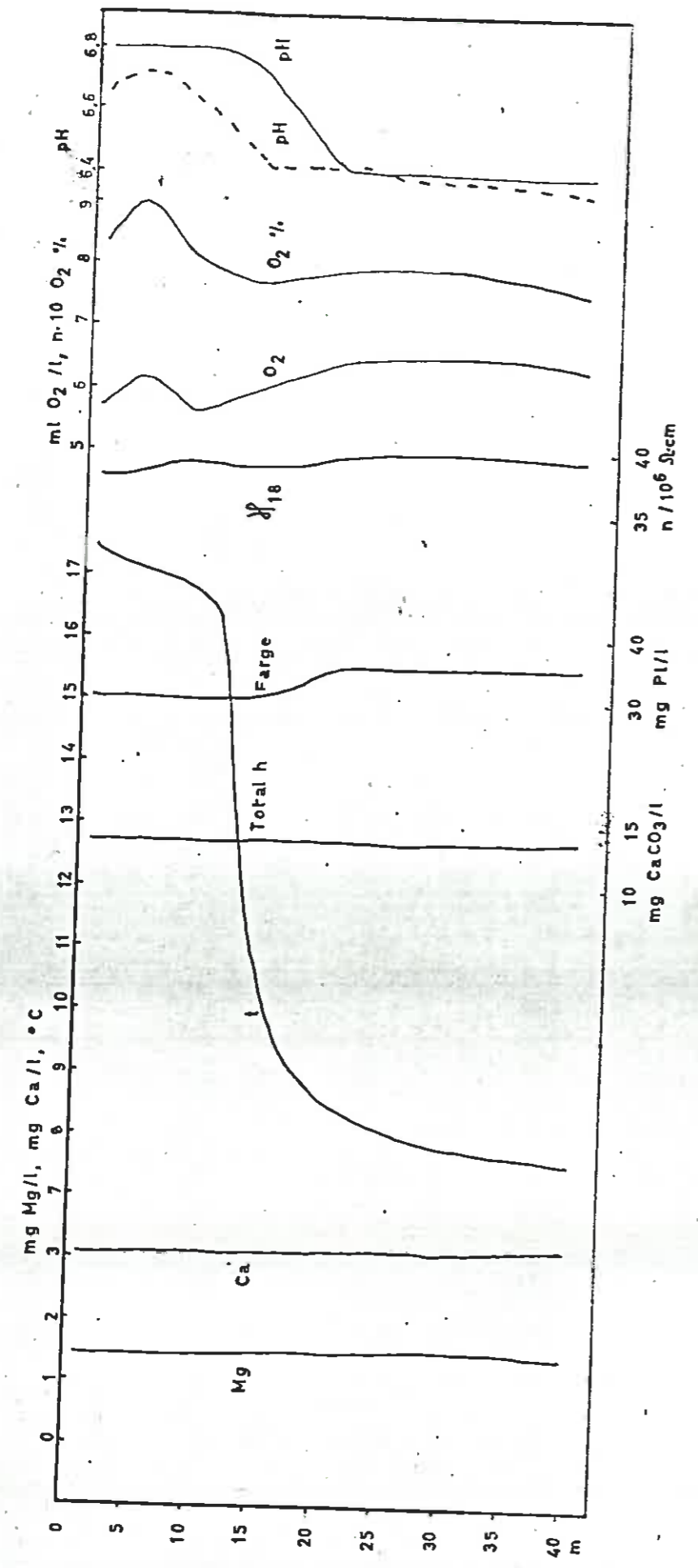
5. AUGUST 1967



## OBSERVASJONER 5/8 1967

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	pH elek.	$\rho_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l
1	17,45	5,68	83,4	6,8	6,66	37,9	30	1,46	3,04	13,6
4	17,16	6,18	90,2	6,8	6,72	38,1	30	1,48	3,08	13,8
8	16,88	5,60	81,3	6,8	6,63	39,2	30	1,46	3,04	13,6
14	10,98	5,97	76,9	6,7	6,41	38,5	30	1,46	3,04	13,6
20	8,54	6,41	78,0	6,4	6,41	39,5	35	1,46	3,08	13,7
30	7,77	6,57	78,6	6,4	6,37	39,8	35	1,43	3,08	13,6
40	7,55	6,33	75,3	6,4	6,34	39,4	35	1,39	3,12	13,5

5. AUGUST 1967

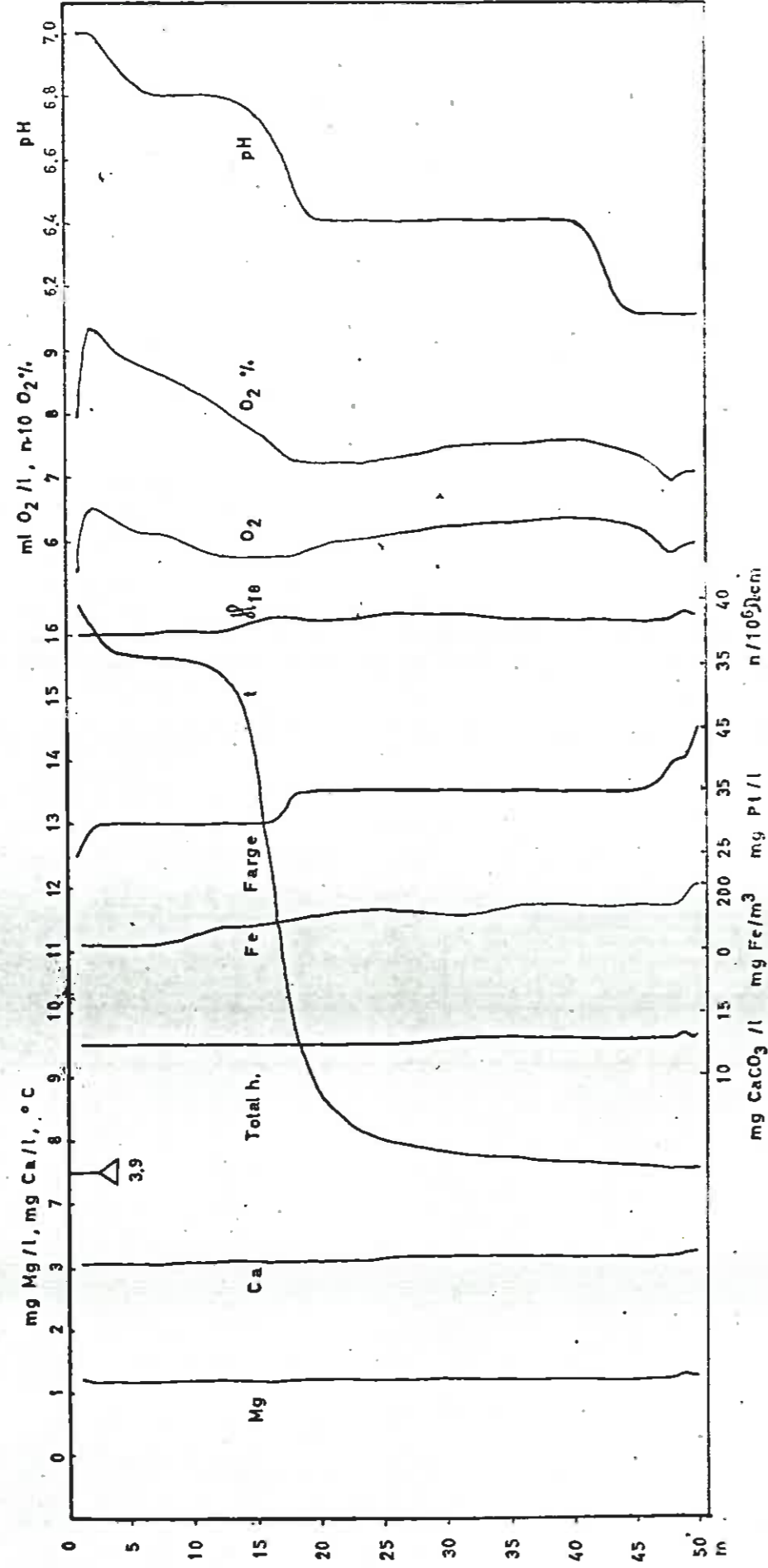




## OBSERVASJONER 10/9 1967

Dyp m	Temp. °C	O <sub>2</sub> ml/l	O <sub>2</sub> %	pH kol.	$\chi_{18}$ n/10 <sup>6</sup> Ω cm	Farge som mg Pt/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Total h. som mg CaCO <sub>3</sub> /l	Fe mg/m <sup>3</sup>
1	16,48	5,49	79,0	7,0	37,4	25	1,22	3,04	12,6	20
2	16,15	6,55	93,8	7,0	37,5	30	1,17	3,04	12,4	20
4	15,71	6,31	89,5	6,9	37,4	30	1,19	3,04	12,5	20
8	15,65	6,06	85,9	6,8	37,8	30	1,19	3,04	12,5	25
12	15,46	5,74	80,9	6,8	37,6	30	1,19	3,00	12,4	75
16	12,34	5,74	76,0	6,7	38,8	30	1,19	3,08	12,6	80
18	9,75	5,74	71,8	6,5	38,7	35	1,22	3,04	12,6	100
20	8,67	5,90	72,0	6,4	38,5	35	1,22	3,08	12,7	115
25	7,97	6,06	72,8	6,4	38,9	35	1,19	3,12	12,7	130
30	7,77	6,23	74,5	6,4	38,8	35	1,24	3,12	12,9	105
35	7,72	6,23	74,3	6,4	38,5	35	1,22	3,12	12,8	135
40	7,65	6,34	75,6	6,4	38,5	35	1,26	3,08	12,9	130
45	7,60	6,14	73,2	6,1	38,3	35	1,24	3,12	12,9	135
48	7,54	5,74	68,2	6,1	38,7	40	1,22	3,16	12,9	135
49	7,54	5,90	70,2	6,1	39,2	40	1,31	3,20	13,4	190
50	7,54	5,90	70,2	6,1	38,7	45	1,26	3,20	13,2	200
Innsjøens farge: Brunlig gul										
Siktedyp: 3,9 m										

10. SEPTEMBER 1967



LITTERATURLISTE

- Alsterberg, G., 1927: Die Sauerstoffsichtung der Seen.  
Bot. Notiser, 25.
- Birge, E. A. & Juday, C., 1914: A limnological study of the  
Finger Lakes of New York. Bull. U. S. Bur. Fish., 32.
- Birge, E. A. & Juday, C., 1932: Dissolved oxygen and oxygen  
consumed in the lake waters of northeastern Wisconsin.  
Trans. Wis. Acad. Sci., 27.
- Bjørlykke, K. O., 1933: Jordarter og jordsmønn i Østfold fylke.  
Skr. norske Vidensk Akad. I. 1933. 3.
- Bjørlykke, H., 1939: Feltspat. V. De sjeldne mineraler på de  
norske granitiske pegmatittganger.  
Norges geol. Unders. 154.
- Bohring, T., 1963: Tvetervannet. En limnologisk årsunder-  
søkelse med hovedvekten på de hydrografiske forhold i  
innsjøen. Upublisert hovedoppgave, Oslo.
- Broch, O. A., 1934: Feltspat. IV. Forekomster i Akershus og  
Østfold øst for Glomma.  
Norges geol. Unders. 141.
- Bryn, K. Ø., 1961: Grunnvann øst for Oslo-feltet. Medd. fra  
Vannboringsarkivet. Nr. 10.  
Norges geol. Unders. 213.
- Brøgger, W. C., 1901: Om de sen-glaciale og post-glaciale nivå-  
forandringer i Kristianiafeltet. (Molluskfaunan.)  
Norges geol. Unders. 31.
- Den Norske Turistfor. Arb. 1911, 1911. Oslo.
- Den Norske Turistfor. Arb. 1955, 1955. Oslo.

- Devik, O., 1932: Islegging av sjøer og elver.  
Naturen 56.
- Einsele, W., 1940: Versuch einer Theorie der Dynamik der  
Mangan- und Eisenschichtung in eutrophen Seen.  
Naturwissenschaften 28.
- Elgmork, K., 1960: Myrvannsjøen som innsjøtype.  
Medd. fra Det norske myrselskap Nr. 1.
- Gaarder, T., 1915-16: De vestlandske fjorders hydrografi.  
Bergens Mus. Aarb. 1915-16.
- Halbfass, W., 1923: Grundzüge einer vergleichenden Seenkunde.  
Berlin.
- Helland, A., 1875: Om beliggenheden af moræner og terasser  
foran mange indsjøer. Øfvers. K. Vet.-akad. Førhandl.  
XXXII, No. 1.
- Helland, A., 1893: Tagskifere, heller og vekstene.  
Norges geol. Unders. 10.
- Henriksen, A., 1965a: An Automatic Method for Determing Low-  
level Concentrations of Phosphates in Fresh and Saline  
Waters. The Analyst, Vol. 90, No. 1066.
- Henriksen, A., 1965b: An Automatic Method for Determing  
Nitrate and Nitrite in Fresh and Saline Waters.  
The Analyst, Vol. 90, No. 1067.
- Henriksen, A., 1966a: An Automatic method for determing iron  
in natural water. Vattenhygien, Årg. 22.
- Henriksen, A., 1966b: Interference from Silica in Phosphate  
Analysis. The Analyst, Vol. 91, No. 1081.

Hobæk, F. E., 1958: Bærvatn i Søndre Salten. En limnologisk årsundersøkelse. Upublisert hovedoppgave, Oslo.

Holmquist, C., 1959: Problems on marine-glacial relicts - on account of investigations on the genus Mysis. Lund.

Holmquist, C., 1963: Dags att omvärdera de s.k. marin-glaciala relikterna? Fauna och Flora.

Holmsen, A., 1901: Isforholdene ved de norske innsjøer. Skr. norske Vidensk Akad. I. 1901. 4.

Holmsen, A., 1916: Avløpet i endel norske elver og den iakttagne nedbør. Festskrift til professor Amund Helland.

Holmsen, G., 1951: Oslo. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. Norges geol. Unders. 176.

Holmsen, G., 1965: Nyttbare sand- og grusforekomster i Syd-Norge. Del I: De geologiske betingelser for deres avsetning. Norges geol. Unders. 233.

Holtedahll, O., 1951: Hvordan landet vårt ble til. Oslo.

Holtedahll, O., 1953: Norges geologi. Norges geol. Unders. 164.

Holtedahll, O., 1960: Geology of Norway. Norges geol. Unders. 208.

Hydrologiske undersøkelser i Norge, 1958. Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen.

Isachsen, F., 1951: Oslo. Beskrivelse til kvartærgeologisk landgeneralkart. Norges geol. Unders. 176.

Jansen, R. G., 1965: Vestvannet. En limnologisk undersøkelse med hovedvekten på de hydrografiske forhold i innsjøen. Upublisert hovedoppgave, Oslo.

Kalle, K., 1943: Der Stoffhaushalt des Meeres.  
Probl. Kosm. Phys. 23.

Keilhau, B. M., 1838: Undersøgelser om hvorvidt i Norge, saaledes som i Sverrig, findes Tegn til en Fremstigning af Landjorden i den nyere og nyeste geologiske Tid.  
Nyt Mag. naturv. 1.

Kjensmo, J., 1967: The Development and Some Main Features of "Iron-meromictic" Soft Water Lakes.  
Arch. Hydrobiol. Suppl. XXXII.

Kløboe, H., 1958: Grunntrekk av hydrologien, særlig Norges hydrologi. Norsk geogr. Tidsskr. XVI. (1957-58).

Limnologisk metodikk, 1963. Limnologisk institutt, Blindern.

Lufttemperaturen i Norge 1861-1955, 1957. Det norske meteorologiske institutt.

Låg, J., 1963: Plant nutrients in precipitation in Norway.  
Forskn. Fors. Landbr. 14.

Mathisen, O. A., 1953: Some investigations of the relict crustaceans in Norway with special reference to Pontoporeia affinis Lindstrøm and Pallasea quadrispinosa G. O. Sars. Nytt Mag. Zool. 1.

Methods of Chemical Analysis as applied to Sewage Effluents. 1956. London.

- Nimann, W., 1936: Die Leitfähigkeit des Calciumcarbonates und die Bestimmung der Sulfate und Gesamthärte in natürlichen Gewässern mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit. Naturwissenschaften 24.
- Ohle, W., 1934: Chemische und physikalische Untersuchungen norddeutscher Seen. Arch. Hydrobiol. 26.
- Ohle, W., 1935: Organische Kolloide in ihrer Wirkung auf den Stoffhaushalt der Gewässer. Naturwissenschaften. 23.
- Ohle, W., 1937a: Kalksystematik unserer Binnengewässer und der Kalkgehalt Rügener Bäche. Geol. Meere Binnengew. 1.
- Ohle, W., 1937b: Kolloidgele als Nährstoffregulatoren der Gewässer. Naturwissenschaften 25.
- Ohle, W., 1938: Die Bedeutung der Austauschvorgänge zwischen Schlamm und Wasser für den Stoffkreislauf der Gewässer. Jb. Vom Wasser 13.
- Ohle, W., 1940: Chemische Eigenart der småländischen Seen. Verh. Internat. Ver. Limnol. 9.
- Oxaal, J. 1916: Norsk granit. Norges geol. Unders. 76.
- Parmer, V., 1959: Fløting i de sørlige grensetrakter. Halden.
- Pontoppidan, E., 1752: Det første Forsøg paa Norges naturlige Historie. Kb.havn.
- Ramus, J., 1715: Norriges Beskrivelse. Kb.havn.
- Rekstad, J., 1907: Et profil fra de løse masser ved Fredrikshald. Norsk geol. Tidsskr. 1.

- Rekstad, J., 1921: De geologiske forhold innen rektangelkartet Eidsbergs område. Norges geol. Unders. 88.
- Rekstad, J., 1922a: Kwartære avleiringer i Østfold. Norges geol. Unders. 91.
- Rekstad, J., 1922b: Grunnvatnet. Norges geol. Unders. 92.
- Rekstad, J., 1931: En oversikt over de kvartære avleiringer i grensestrøket, som omfattes av kartbladene Hvaler, Aremark og Boksjø. Norsk geol. Tidsskr. 12.
- Rodhe, W., 1949: The ionic composition of lake waters. Verh. internat. Ver. Limnol. 10.
- Rodhe, W., 1951-52: Søtvattnets produktionsbetingelser I-II  
Kompendium til foreläsningar i limnologi.  
Limnologiska institutionen i Uppsala.
- Rosendahl, H., 1943: Litt om Østfold-naturen. Norsk geol. Tidsskr. 23.
- Ruttner, F., 1965: Fundamentals of limnology. Toronto.
- Rygh, O. 1897: Norske gaardnavne. Smaalenenes Amt. B. 1.  
Kristiania.
- Skulberg, O., 1965: Vannblomstdannende blågrønnalger i Norge og deres betydning ved studiet av vannforekomstenes kulturpåvirkning. Nordisk Jordbruksforskning 3.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.  
1960. American Public Health Association, New York.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.  
1965. American Public Health Association, New York.



- Strøm, K. M., 1930: Surstoffet i våre innsjøer. Naturen 54.
- Strøm, K. M., 1931: Feforvatn. A physiographical and biological study of a mountain lake. Arch. Hydrobiol. 22.
- Strøm, K. M., 1933: Nordfjord lakes. A limnological survey. Skr. norske Vidensk Akad. I. 1932. 8.
- Strøm, K. M., 1938: Moskenesøy. A study in high latitude cirque lakes. Skr. norske Vidensk Akad. I. 1938. 1.
- Strøm, K. M., 1939: Conductivity and reaction in Norwegian lake waters. Internat. Rev. Hydrobiol. 38.
- Strøm, K. M., 1943: Die Farbe der Gewässer und die Lundquist-Skala. Arch. Hydrobiol. 40.
- Strøm, K. M., 1944: Heath in a South Norwegian lake.. Studies on Lake Eikeren during the years 1934 and 1935. Geofys. Publ. 16. No. 3.
- Strøm, K. M., 1945: The temperature of maximum density in fresh waters. An attempt to determine its lowering with increased pressure from observations in deep lakes. Geofys. Publ. 16. No. 8.
- Strøm, K. M. & Østtveit, H., 1948: Blankvatn. A meromictic lake near Oslo. Skr. norske Vidensk Akad. I. 1948. 1.
- Sund, T. & Sømme, A., 1947: Norge i kart. Oslo.
- Sæther, O.-A. i Brun, E., Høeg, O. A. & Sæther O.-A., 1965: Østensjøvannet. Østlandske naturv. foren. Småskrifter 7.

Vogt, J. H. L., 1881 a: Skiktete moræner. Vid. Selsk. Forh.  
1881, 8.

Vogt, J. H. L., 1881b: Nogle bemærkninger om granit.  
Vid. Selsk. Forh. 1881, 9.

Vogt, J. H. L., 1910: Norges Jernmalforekomster.  
Norges geol. Unders. 51.

Welch, P. S., 1935: Limnology. New York.

Wereščagin, G. J., 1931: Methoden der hydrochemischen Analyse  
in der limnologischen praxis. Internat. Ver. Limnol.,  
Arb. d. Standardisationskomm. 1.

Øyen, P. A., 1908: Kvartærstudier i den sydøstlige del av  
vort land. Skr. norske Vidensk Akad. I. 1908. 2.

Øyen, P. A., 1914: Some Clay Deposits in the South-Eastern  
Part of Norway. Vid. Selsk. Forh. 1913, 12.

Åberg, B. & Rodhe, W., 1942: Über die Milieufaktoren in  
einigen südschwedischen Seen. Symb. bot. upsaliens. 5.