

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN.

o - 170

Undersøkelse av Mjøvatn som
drikkevannskilde

Utført i tidsrommet
mai 1960 - oktober 1961

Saksbehandler: cand.realø Hans Holtan.

Blindern 7 januar 1962

I N N H O L D :

| | Side: |
|--|-------|
| 1. INNLEDNING | 3 |
| 2. OBSERVASJONS- OG ANALYSEMETODER | 3 |
| 3. HYDROGRAFI | 4 |
| 3.1. Termikk og oksygenforhold | 4 |
| 3.2. Elektrolyttisk ledningsevne og pH | 8 |
| 3.3. Jern- og manganforhold | 8 |
| 3.4. Total hårdhet og andre kjemiske forhold | 9 |
| 3.5. Farge, turbiditet og oksyderbarhet | 9 |
| 4. BIOLOGISKE FORHOLD | 10 |
| 4.1. Planktonobservasjon fra Stulstjern | 10 |
| 4.2. Bakteriologi | 10 |
| 5. SLAMPRØVER I LEDNINGSNETTET | 11 |
| 6. KONKLUSJON | 12 |

T A B E L L E R :

| | Side: |
|---|-------|
| 1. Kjemisk-fysiske analyseresultater (Mjøvatn) 16/3-60 | 14 |
| 2. Kjemisk-fysiske analyseresultater (Mjøvatn) 31/8-60 | 15 |
| 3. Kjemisk-fysiske analyseresultater (Stulstjern) 14/9-60 | 16 |
| 4. Kjemisk-fysiske analyseresultater (Mensvatn) 11/10-61 | 17 |
| 5. Kjemisk-fysiske analyseresultater (lednings- nett) 11/10-61 | 17 |
| 6. Kjemisk-fysiske analyseresultater (Stulstjern) 11/10-61 | 18 |
| 7. Kjemisk-fysiske analyseresultater (Ved inntak) 11/10-61 | 19 |
| 8. Biologiske data 14/9-60 | 20 |
| 9 og 10. Bakteriologiske observasjoner | 21-22 |

F I G U R E R :

| | |
|--|----|
| 1. Oversiktskart | 23 |
| 2. Termiske forhold i Stulstjern | 24 |
| 3. Kjemisk-fysiske forhold i Stulstjern 11/10-61 | 25 |

1. INNLEDNING.

Mjøvatn i Telemark ($1^{\circ}15'$ E og $59^{\circ}12'$ N) ligger i Oslofeltområdet, og berggrunnen i nedslagsfeltet er i det vesentligste bygd opp av kvartssyenitt (Nordmarkitt). Løsavsetningen er av beskjeden mektighet og består i det vesentlige av grus, og i noen utstrekning myr- og torv-jord. Nedslagsfeltet er til dels bevokst med bar- og løvskog, mens dyrket mark og bebyggelse praktisk talt ikke forekommer.

Mjøvatn er en ca. 3 km lang og smal innsjø som er blitt til ved at Stulstjern, Broken og Mensvatn er demmet opp til en enhet. Demningen er ca. 10 meter høy, slik at vannstanden ved overløp (fullt magasin) er på kote 101,23. Innsjøen er temmelig uregelmessig, og flere bassenger adskilles ved grunnere partier og terskler. De største observerte dyp er i Mensvatn 43 m og i Stulstjern 27,5 m (ved fullt magasin). Innsjøen er imidlertid ikke loddet opp, og nøyaktig dybde og volum er således ikke kjent. Bassengets overflate er beregnet til $1,09 \text{ km}^2$, og nedslagsfeltets størrelse er $15,75 \text{ km}^2$. Beregnes tilsiget etter $23 \text{ l/sek pr. km}^2$, blir det tilført Mjøvatn $11,42 \text{ mill. m}^3$ vann pr. år. (Særlig beretning om vannverkets utvidelse i 1948 - 57, ved H.E. Kjølseth). Fra det sydligste avsnitt av innsjøen er det slått en 7 km lang tunnel frem til Valleråsen ved Porsgrunn. Tunnellen, som har et tverrsnitt på ca. $5,5 \text{ m}^2$, tar vann fra Mjøvatn i ca. 10 meters dyp (kote 91,23). Ifølge ovenfor nevnte rapport er innsjøens magasinbeholdning beregnet til $6,23 \text{ mill m}^3$ eller $54,5\%$ av midlere årstilsig. Den teoretiske oppholdstid for det regulerte volum skulle således bli ca. 110 dager, men den teoretiske oppholdstid for hele innsjøen vil selvfølgelig bli betraktelig lengre.

2. OBSERVASJONS- OG ANALYSEMETODER.

Temperaturen ble til dels målt med elektrisk termometer (konstruert av Sentralinstituttet for industriell forskning) med angitt nøyaktighetsgrense innenfor $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$. For å klargjøre temperaturforholdene i de dypere lag av Stulstjern (st. 4), var det imidlertid nødvendig å bruke vendetermometer som er nøyaktig innenfor $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$.

Oksygen ble bestemt titrermetrisk ifølge Winklers modifiserte metode.

pH og κ_{20} er målt elektrometrisk. Den elektrolyttiske lednings-
evne er målt ved 20°C, og κ_{20} er av størrelsesorden $n \cdot 10^{-5}$
 $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Fargen ble bestemt fotoelektrisk (EEL-fotometer) ved absorpsjon
ved 435 m μ . Resultatene er angitt i mg Pt/l. Verdiene er av-
hengig både av turbiditet og farge.

Turbiditeten er bestemt optisk ved refleksjon som Tyndall-
effekt på et spesielt instrument. Fargekomponenter registreres
ikke på dette instrument. Resultatene er angitt i mg SiO₂/l.

Oksyderbarheten (permanganat-tallene), som er bestemt titrer-
metrisk, er angitt i mg O/l. Ved å multiplisere de oppgitte
tallene med 12,5 fremkommer forbruk(i ml) av N/100 KMnO₄, som
er den vanlige enhet for drikkevannsanalyser.

De øvrige kjemiske komponenter er også bestemt ifølge interna-
sjonalt anerkjente standardmetoder for drikkevannsanalyser.

3. HYDROGRAFI.

De kjemisk-fysiske forhold er undersøkt 4 ganger på en rekke
forskjellige steder i Mjøvatn (fig. 1). Undersøkelsene ble
foretatt høstmånedene 1960 og 1961. Observasjonsresultatene
er gjengitt i tabellene 1 - 7, og i fig. 2 og 3.

3.1. Termikk og oksygenforhold.

Som allerede nevnt har Mjøvatn en komplisert utforming, idet
den regulerte innsjøen er delt opp i en rekke mindre bassenger,
hvis dypereliggende lag ved terskler er avstengt fra hverandre.
Dette har stor betydning både for vannmassenes kjemiske og
fysiske egenskaper. Bortsett fra Stulstjern (st. 4), hører
innsjøen med til den såkalte holomiktiske type, og har i lik-
het med de fleste innsjøer i Norge, to stagnasjonsperioder med
to mellomliggende sirkulasjonsperioder pr. år. Disse forskjel-
lige perioder er termisk betinget, idet vannets tetthet varie-
rer med temperaturforholdene (maks. tetthet ved ca. 4°C). Ob-
servasjonsresultatene 31/8-60 viser således en situasjon slik

den oppstår om sommeren. På den tid vil oppvarmingen bare gjøre seg gjeldende i det øverste lag, hvor vannets bevegelse fører til ensartede forhold. Overflatelaget er relativt skarpt adskilt fra de dypere liggende, kaldere vannmasser. Mektigheten av de øverste og varmere lag øker normalt i løpet av ettersommeren på grunn av vindens effekt, samt konveksjonsstrømmer som kommer istand når overflatelagene avkjøles. Sprangsjiktet lå således den 30/8-1960 i ca. 6 - 8 meters dyp, den 15/9 s.å. var det arbeidet ned til 8 - 9 meter, og den 11/10-1961 lå det i ca. 9 - 10 meters dyp (fig. 2). Denne prosess går stadig videre, inntil en ensartet temperatur er oppnådd fra bunn til overflate. Fra nå av sirkulerer hele vannmassen (høstfullsirkulasjonen) til temperaturen over alt er ca. 4°C . Ved dette tidspunkt stagnerer de dypere vannmasser, og det etableres en invers termisk lagdeling med kaldere og lettere vann over varmere og tyngre (vinterstagnasjonen). På steder hvor innsjøene er grunne eller sterkt påvirket av vind, strømmer o.l., kan imidlertid dyplagene avkjøles under temperaturene for maks. tethet. Dette er en følge av vannmassenes lave stabilitet rundt denne temperatur.

Om våren, når de øverste vannmasser varmes opp, inntreer en ny fullsirkulasjonsperiode som varer helt til temperaturen igjen er ca. 4°C (eller noe høyere), og dermed er betingelsene tilstede for etablering av den termiske lagdeling under sommerstagnasjonsperioden.

Disse forskjellige termiske perioders varighet er svært viktig for vannmassenes oksygenforhold. Under fullsirkulasjonsperiodene blir nemlig hele vannmassen beriket med oksygen. Under stagnasjonsperiodene (særlig om sommeren), blir bare de øverste vannmasser ventilert, og i disse perioder forbrukes gjerne oksygen i de dypere lag på grunn av dekomponering av synkende organisk materiale, som produseres i selve innsjøen eller blir tilført denne gjennom tilsigselvene. Mudderet forårsaker også gjerne oksygenvinn ved bunnen. Mjøvatn er de fleste steder forholdsvis grunt, og det er derfor rimelig at sirkulasjonsperiodene er av relativt kort varighet, og vannmassene er derfor neppe mettet med oksygen ved stagnasjonsperiodenes begynnelse. Det er også rimelig at reguleringen til en viss grad

er en medvirkende årsak til de forholdsvis lave oksygenverdier i de dypere lag. Ved oppdemming ble nemlig store mengder organisk materiale - myr, torv, lyng o.l. - satt under vann. Forråtnelse og dekomponeringsprosesser vil så i sin tur redusere dyplagens oksygenforråd.

Stulstjern (st. 4) står, både i fysisk og kjemisk henseende, i en særstilling. Dyplagene av dette basseng er nemlig adskilt fra Mjøvatn forøvrig, og det ligger slik til at vindens effekt blir liten. De termiske forhold i de øverste vannmasser følger stort sett samme mønster som andre steder i innsjøen. I bunnlaget under ca. 16 m varierer ikke varmeinnholdet nevneverdig med årstiden, og som fig. 2 viser, stiger temperaturen noe mot bunnen ($0,78^{\circ}\text{C}$ (fra 16 - 24 m) den 30/8-60, og $0,74^{\circ}\text{C}$ (fra 17 - 27,5 m) den 11/10-61). Samme tendens gjorde seg gjeldende den 15/9-60, men i dette tilfelle ble det brukt elektrotermometer som er mindre pålitelig, slik at disse temperaturer ikke bør sammenliknes med verdiene som er målt med vendetermometer. Som det senere er redegjort for, er saltkonsentrasjonene, spesielt av jern og mangan, svært store i bunnlaget. Dette forøker tettheten, slik at disse vannmasser aldri kommer i sirkulasjon og blir blandet med de overliggende. Den inverse temperaturgradient i dette lag har sannsynligvis flere årsaker: f.eks. frigjøres varme på grunn av kjemiske prosesser, spesielt oksydasjonsprosesser. Videre er det mulig at varme tilføres bunnlaget som følge av profilbundne tetthetsstrømmer. Det er også rimelig at mudderet virker som varmekilde på grunn av kjemiske reaksjoner som finner sted der.

Oksygenforholdene i Stulstjern er også høyst spesielle. I de øverste sirkulerende lag er vannmassen selvsagt beriket med oksygen (vel 90% i slutten av stagnasjonsperioden). I sprangsjiktets nivå var det både den 30/8-60 og 11/10-61 svært markert oksygenminimum, den 11/10 praktisk talt oksygenfritt. Bunnlaget, under 15 - 16 m, manglet oksygen på alle observasjonsdager.

Denne spesielle oksygenfordeling henger til dels sammen med de stagnerte vannmasser i dypet, og til dels med dekomponeringsprosesser av synkende organisk materiale. At dyplaget aldri fornyes, har som nevnt sin årsak i de store mengder oppløste

jern- og mangan-salter, som betinger en relativt stor tetthetsøkning i disse lag. Det er imidlertid rimelig at mektigheten av dette oksygenfrie bunnvann øker i løpet av stagnasjonsperioden på grunn av diffusjons- og dekomponeringsprosesser. Det svært markerte oksygenvinn i sprangsjiktet den 30/5-60 og 11/10-61 er høyst interessant. Slike forhold opptrer gjerne når organisk materiale, som enten produseres i selve innsjøen (autoktont) eller blir tilført denne utenfra (alloktont), på grunn av tetthetsforholdene lagres og dekomponeres i dette nivå. Dekomponeringsprosessenes intensivitet blir også større nettopp i dette nivå, som følge av høyere temperatur enn i dyplagene. I denne innsjø, hvor produktiviteten er forholdsvis liten, er en eventuell slik effekt i høy grad betinget av tilført organisk materiale (humusstoffer). Imidlertid er det sannsynligvis en annen effekt som i dette tilfelle er av langt større betydning. Moderne limnologisk forskning har nemlig vist at det i enhver innsjø under sommerstagnasjonen opptrer indre bølger. Disse bølger, som er av dynamisk karakter, er best utviklet i sprangsjiktet, hvor den vertikale stabilitet er størst. Hvis en markert shelf (hylle) ligger i sprangsjiktets nivå, er det rimelig at de frie vannmasser i sentrale deler av bassenget influeres av kjemiske prosesser som foregår på hyllen i grenseområdet mellom vann og mudder. I dette nivå, hvor den vertikale stabilitet er stor, er det nemlig rimelig at horisontale strømninger er dominerende. Organiske og oksyderbare stoffer vil derfor nettopp i dette dyp føres ut i bassengets sentrale område, og dekomponeringsprosessene vil, som nevnt, resultere i oksygenforbruk.

I Stulstjern (Mjøvatn), som er regulert 10 m over den tidligere vannstand, er det spesiell grunn til å anta at en slik effekt gjør seg gjeldende. Ved oppdemmingen ble sannsynligvis store arealer myr- og torvjord satt under vann. De organiske stoffer slik jord inneholder, vil undergå dekomponeringsprosesser og forbruke oksygen, samtidig er det å vente at en god del av dette materiale diffunderer ut i vannmassene og ved horisontale strømninger blir ført ut i de pelagiske lag. Både farge- og turbiditetsverdiene (tabell 1 og 6), som er høyere i nevnte dyp, kan tyde på at dette er tilfelle. Videre er det interessant å legge merke til at oksygenkurven har minimalverdi nettopp i

det dyp som svarer til oppdemningen (fig. 3). Dette understøtter nevnte teori. Før en mer eksakt uttalelse om disse forhold kunne finne sted, ville det imidlertid være nødvendig å foreta en systematisk og omfattende undersøkelse. Dessuten er det nødvendig å lodde opp innsjøen, slik at det blir mulig å vurdere innvirkningen av de morfologiske forhold.

3.2. Elektrolyttisk ledningsevne og pH.

Den elektrolyttiske ledningsevne, som er direkte proporsjonal med mengden oppløste salter, er forholdsvis lav (vel $3,0 \cdot 10^{-5}$) i de frie vannmasser som regelmessig luftes vår og høst.

Praktisk talt over alt viste verdiene en stigning mot de dypere lag. Dette er et vanlig fenomen, og henger sammen med dekomponeringsprosessene. Dette innvirker også på vannets surhetsgrad (pH) som avtar mot dypet. Vannet er gjennomgående surt, og pH varierer mellom 5,8 og 6,6.

De spesielle forhold i Stulstjern gir seg også tydelig utslag i 20 og pH. Begge hadde maksimalverdier i ca. 10 meters dyp den 11/10-61, og i de dypere lag var det høye verdier på alle observasjonsdager. Disse forhold henger sammen med de store jern- og mangankonsentrasjoner og det oksygenfrie miljø. Under slike betingelser vil oksyderbare stoffer - i dette tilfelle organiske - redusere jern og mangan til toverdige forbindelser som lett går i løsning, og således forøke elektrolyttinnholdet, samtidig som buffervirkningen blir større.

3.3. Jern- og manganforhold.

De store mengder jern og mangan er primært forårsaket av nedslagsfeltets geologi. Disse stoffers kjemiske egenskaper betinger at de under oksygenrikt, og ikke for surt miljø, danner tungt løselige oksyder som flokkuleres og sedimenteres. Under anaerobe forhold vil, som nevnt ovenfor, disse forbindelser reduseres og gå i løsning. I Stulstjern er disse betingelser tilstede ikke bare i de dypeste lag, men også i sprangsjiktets nivå. Fig. 3 viser derfor også at kurven for jern og mangan hadde et maksimalpunkt i dette dyp. Det er rimelig at jern- og mangan-berikelsen her er en følge av de tidligere skisserte horisontale strømminger som bringer organisk materiale fra

strandregionene ut i de pelagiske lag. Ofte er nemlig slike metallioner bundet til organiske bestanddeler som såkalte humater. Det er imidlertid også rimelig at reduserte jern- og manganforbindelser diffunderer ut fra muddret i dette dyp og derpå blir ført ut i de pelagiske lag.

Selv om jern- og mangankonsentrasjonene i det oksygenrike vannet er forsvinnende små sammenliknet med mengden i de dypere lag, er de likevel høye i forhold til hva som er vanlig i norske innsjøer. Det er grunn til å tro at overflatevannet er mest beriket på jern og mangan under fullsirkulasjonsperiodene vår og høst. De vertikale konveksjonsstrømmer vil sannsynligvis rive med seg slike forbindelser til høyereliggende lag. I dette oksygenrike miljø foregår imidlertid en oksydasjon av det reduserte materiale, og det dannes tungt løselige forbindelser, som etter hvert flokkes ut og synker til de dypere, oksygenfrie lag, hvor de igjen reduseres og går i løsning.

3.4. Total hårdhet og andre kjemiske forhold.

Den totale hårdhet varierte mellom 5 - 8 mg CaO/l. De høye verdier i de dypere lag av Stulstjern henger også sammen med jern- og manganforholdene.

Mengden av ammonium, nitrat og fosfater er av størrelsesorden som en kan vente å finne i en uproduktiv sjø som Mjøvatn. Også klorid-innholdet er som en kan vente ut fra innsjøens geografiske beliggenhet og karakteren av de geologiske forhold.

3.5. Farge, turbiditet og oksyderbarhet (KMnO₄-tall):

Farge (20 - 30°H) og oksyderbarhetsverdiene (4 - 7 mg O/l) er noe høyere enn hva som er ønskelig for førsteklases drikkevann. Disse komponenter er i vesentlig grad betinget av forholdene i nedslagsfeltet, men det er rimelig at vannmassene også i denne henseende influeres av bunnforholdene og reguleringen. De høye verdier i de dypeste lag av Stulstjern har sin årsak i de store mengder jern- og manganforbindelser i dette området. Mensvatn, som er over 40 meter dypt, og hvis nærmeste omgivelser består av knauser og fjell med beskjedent dekke av løsmateriale, har betraktelig lavere farge og oksyderbarhets-

verdier. Den 11/10-61 varierte f.eks. fargeverdiene i de øverste lag av dette basseng fra ca. 9 til ca. 14 mg Pt/l, mens fargeverdiene i dyplagene var 5 mg Pt/l. En liknende sjikting var også tilstede for oksyderbarhetsverdiene (vel 3 mg O/l i de øverste lag og ca. 2,3 mg O/l i dyplagene). Dette henger sammen med at overflatelagene, i motsetning til dyplagene, anrikes med humusstoffer i løpet av sommeren.

Turbiditeten var forholdsvis høy både i Stulstjern og i vannmassene henimot tunnelinntaket (fra 1,3 til 2,0 mg SiO₂/l. De høye verdier i de dypere lag av Stulstjern er betinget av de spesielle forhold som jern- og manganforbindelsene forårsaker. Mensvatnets vannmasser er også hva turbiditeten angår av bedre kvalitet enn Mjøvatnet forøvrig.

4. BIOLOGISKE FORHOLD.

4.1. Planktonobservasjon fra Stulstjern.

I forbindelse med prøvetaking i Stulstjern 14/9-1960 ble det innsamlet materiale av plankton med fyttoplanktonhåv. Resultatet av bearbeidelsen av dette materialet er gjengitt i tabell 8.

Sammensettingen av planktonet viser at det var flere arter som hadde omtrent samme tallmessige forekomst (polymiktisk plankton). Grønnalger og flagellater preget populasjonen. Disse forhold er karakteristiske for oligotrofe innsjøer, men den relativt store planktontetthet, som ble iaktatt i vannmassene, synes å gi grunn til å karakterisere lokaliteten som en noe næringsrik variant.

4.2. Bakteriologi.

Flere ganger i undersøkelsesperioden 1960-61 ble de bakteriologiske forhold i Mjøvatn undersøkt av Porsgrunn Helseråd ved sunnhetsbetjent Wattenberg. Resultatene er vist i tabellene 9 og 10. Særlig interesse for å bedømme vannets hygieniske egenskaper har antallet koliforme bakterier. Som tabellene viser var dette antall svært beskjedent om vinteren og de første vår- og sommermånedene, mens antallet steg i alle dyp utover sensommeren og høsten. De koliforme bakterier ble bestemt som Escherichia coli. Imidlertid er ikke antallet så stort at det

gir grunn til hygieniske betenkeligheter, bortsett fra at vannet må underkastes en mild desinfeksjon før det sendes til forbrukeren.

I de undersøkte vannprøver ble også kimtallet bestemt. Av tabellene 9 og 10 sees at kimtallene stort sett varierte med koliformtallene. At verdiene er høyest om sommeren og høsten er et vanlig fenomen og henger sannsynligvis sammen med at livsbetingelsene på denne årstid er gunstigst. De høye verdier i 8 meters dyp i Stulstjern og i 4 og 8,5 meters dyp ved tunnelinntaket den 11. oktober 1961 antas å henge sammen med de igangværende dekomponeringsprosesser hvor mikroorganismer spiller en fremtredende rolle. Eventuelle bakterier som lever i de dypere lag av Stulstjern må nødvendigvis være av de såkalt anaerobe arter, som krever oksygenfritt miljø for å eksistere. De små kimtall i dette dyp kan da forklares ved at de bakteriearter, som finnes i vannet, ikke danner kolonier under de standardiserte vekstbetingelser i laboratoriet.

5. SLAMPRØVER I LEDNINGSNETTET.

Den 6/9-1961 ble det samlet inn tre slamprøver fra forskjellige steder av ledningsnettets. Resultatene av de mikroskoperte analyser av disse prøver er som følger:

Prøve 1 (tatt i stålledning), merket "vannledning ved Bjerkedal", ca. 2 km fra Buer.

Mikroskopisk analyse av slammet viser at det er dannet ved biologisk utfelling av jern. Korn av jernoksydhydrater og aggregater av slike korn forekommer alltid sammen med bakterier av slektene Leptothrix og Siderocapsa. Hovedkomponenten i materialet var skjeder av Leptothrix ochracea.

Prøve 2 (tatt på betongveggen), merket "silkkammer, Buer".

Slammet kan i hovedtrekkene karakteriseres som prøve 1. Imidlertid var det også en del sand i materialet, og forekomst av andre organismer enn "jernbakterier" var ikke ubetydelig. Særlig kan nematode-faunaen anføres, som indikerer tilstedeværelse av organiske forurensninger (det er imidlertid mulig at planktonorganismer

i nedbrytning kan være næringsgrunnet for ormene).
Rik bakterieflora,

Prøve 3 (tatt på bunnen av betongbasseng), merket "basseng Løvsjø", ca. 5 km fra Valleråsen.

Materialet i denne prøven representerer ukonsoliderte jernokerdannelser. Meget stor aktivitet av "jernbakterier" (særlig Leptothrix ochracea) og karakterorganismer som følger disse (diverse flagellater).

6. KONKLUSJON.

1. Mjøvatnets nedslagsfelt er bygd opp av kvartssyenitter. Løsavsetningene er av beskjeden mektighet, og består i det vesentlige av grus og myr- og torvjord. Området er til dels bevokst med bar- og løvskog. Innsjøen er regulert, og vannstanden ved overløp er 10 m høyere enn den opprinnelige (naturlige). Flere dypere partier adskilles ved grunnere partier og terskler. De største bassenger er Mensvatn (43 m), Broken og Stulstjern (27,5). Innsjøens overflate er ca. 1,09 km², og nedslagsfeltets størrelse 15,75 km². Vannmassene, som kan benyttes som følge av reguleringen, har en teoretisk oppholdstid på ca. 110 dager.
2. Stulstjern hører med til de såkalte meromiktiske innsjøer. Vannmassene under ca. 16 m blir således aldri luftet og er derfor alltid fri for oksygen. Årsaken er de store konsentrasjoner av jern og mangan i de dypere lag. Innsjøen forevrig har, som de fleste innsjøer i Norge, en termisk betinget lagdeling sommer og vinter, mens vannmassene ventileres under sirkulasjonsperiodene vår og høst. Under stagnasjonsperiodene foregår et betydelig oksygenforbruk i de dypere lag, og i slutten av disse har bunnet en oksygenmetning på ca. 30 - 40%.
3. Vannkvaliteten undergår en tydelig forverring fra Mensvatn til inntaket. Vannets innhold av humus (fremgår av farge- og permanganat-tall), turbiditet, jern og mangan stiger markert.

Det vannet som ledes til vannforsyningen, er svakt surt, bløtt og noe farget. Etter norske forhold er fargen på grensen av det som vil bli bedømt som tilfredsstillende.

Kravene til drikkevann vil antagelig bli skjerpet i fremtiden, og det er mulig at reduksjon av fargen da blir ønskelig.

Vannets innhold av suspenderte partikler (målt som turbiditet), jern og mangan er høyere enn vi vanligvis finner i en slik innsjø. Det er rimelig å anta at utfelling av jern- og manganholdig slam kan forekomme i vannforsyningens overførings- og distribusjonssystem. Slamprøver som er innsamlet og analysert tyder på at slike utfellinger kan ha et visst omfang.

4. I bakteriologisk forstand er vannet slik som det vanligvis påvises i norske innsjøer uten direkte forurensningspåvirkning. Ved behandling med en mild desinfeksjon vil vi anta at tilfredsstillende forhold oppnås.
5. Vi vil anbefale:
 - a. at det foretas en opplodding av Stulstjern. Det bør tegnes koter for hver 1 m høydedifferens.
 - b. at det foretas en kritisk vurdering av det problem som slamavsetningen utgjør, for å bestemme nødvendigheten av rensetiltak.
 - c. at vannet fortsatt tilsettes klor, $0,5 - 1,0 \text{ g/m}^3$, og at det tilsettes hydratkalk (ev. en annen form for alkali), slik at vannets surhetsgrad forskyves til området pH 7,5 - 8,0.

Tabell 1.
Vannprøver fra Mjøvatn.
 Kjemisk-fysiske analyser.

Dato: 16/3-60.

| Meter dyp: | Temp. °C | Oksygen mg O/1 | Oksygen % metning: | pH | Kjehn.evne. 10 ⁻³ mg Pt/1 | Turbiditet mg SiO ₂ /1 | Permanganat-tall mg O/1 | Hardhet mg CaO/1 | Alkalinitet ml N/10 HCl/1 | Fri ammonium mg NH ₄ /1 | Nitrat mg NO ₃ /1 | Totalfosfat mg PO ₄ /1 | |
|-------------------|-------------|-------------------|-----------------------|-----|---|--------------------------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------|
| <u>Stasjon 3.</u> | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,9 | 12,5 | 90,2 | 6,2 | 4,11 | 33 | 0,6 | 5,0 | 7,4 | 0,9 | 0,2 | 0,72 | 0,03 |
| 4 | 1,8 | 11,0 | 81,5 | 6,2 | 3,71 | 33 | 0,7 | 5,3 | 6,3 | 0,7 | 0,2 | 0,46 | 0,02 |
| 8 | 3,1 | 8,2 | 63,2 | 6,0 | 4,27 | 30 | 0,7 | 4,9 | 6,8 | 0,9 | 0,1 | 0,60 | 0,02 |
| 10 | 3,5 | 3,9 | 30,6 | 6,0 | 4,35 | 41 | 2,5 | 5,5 | 7,6 | 1,0 | 0,1 | upåv. x) | 0,05 |
| <u>Stasjon 4.</u> | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,6 | 12,6 | 90,5 | 6,1 | 3,91 | 28 | 0,7 | 4,5 | 6,8 | 0,7 | 0,2 | upåv. x) | 0,01 |
| 4 | 1,7 | 10,3 | 75,8 | 6,0 | 3,68 | 36 | 0,8 | 5,7 | 5,8 | 0,9 | 0,4 | " | 0,01 |
| 8 | 3,3 | 9,2 | 71,2 | 6,0 | 4,13 | 28 | 0,6 | 4,7 | 7,0 | 0,7 | 0,2 | 0,72 | 0,03 |
| 12 | 3,6 | 6,8 | 53,0 | 6,2 | 4,27 | 30 | 0,8 | 4,9 | 7,4 | 0,2 | 0,2 | 0,51 | 0,02 |
| 16 | 4,2 | upåv. x) | upåv. x) | 6,5 | 10,7 | 545 | 8,4 | 20,6 | 19,3 | 7,8 | - | 0,01 | 0,08 |
| 20 | 4,5 | " | " | 6,5 | 12,7 | 728 | 7,4 | 16,5 | 18,9 | 8,0 | - | 0,01 | 0,10 |

x) upåviselig.

Vannprøver fra Mjøvatn.

Kjemisk-fysiske analyser.

Dato: 31/8-60.

| St. | m dyp | Temp. °C | Oksygen | | pH | Ledn.eyne. 10^{-5} % ₂₀ | Farge mg Pt/l | Turbiditet mg SiO ₂ /l | Perm.tall mg O/l | Klorid mg Cl/l | Alkalinitet ml N/10 HCl/l | Hårdhet mg CaO/l |
|-----|----------|-------------|---------|---------|-----|---|------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|------------------------------|---------------------|
| | | | mg O/l | % metn. | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 16,40 | 8,89 | 93,3 | 6,7 | 3,34 | 22 | 1,2 | 4,6 | 2,0 | 1,3 | 6,5 |
| | 4 | 15,92 | 8,70 | 90,4 | 6,5 | 3,33 | 23 | 1,4 | 4,9 | 2,0 | 1,2 | 6,7 |
| 2 | 5 | 14,70 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 6 | 8,40 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 8 | 7,80 | 3,45 | 30,0 | 5,9 | 3,73 | 28 | 1,8 | 3,7 | 3,1 | 1,2 | 6,9 |
| | 1 | 16,95 | 8,76 | 93,1 | 6,6 | 4,46 | 22 | 1,1 | 4,7 | 7,1 | 1,3 | 8,5 |
| | 4 | 15,85 | 8,70 | 90,4 | 6,7 | 3,36 | 20 | 1,4 | 4,7 | 3,1 | 1,1 | 6,0 |
| 4 | 8 | 7,65 | 4,96 | 42,9 | 5,9 | 3,72 | 22 | 1,4 | 3,9 | 2,9 | 1,2 | 7,7 |
| | 10 | 8,10 | 3,78 | 33,1 | 5,8 | 3,85 | 30 | 1,9 | 4,3 | 3,2 | 1,0 | 8,5 |
| | 1 | 15,72 | 8,90 | 91,9 | 6,7 | 3,33 | 22 | 1,2 | 4,8 | 1,8 | 1,0 | 6,9 |
| 4 | 4 | 16,30 | 8,61 | 90,3 | 6,6 | 3,36 | 28 | 1,2 | 5,8 | 2,0 | 1,1 | 7,6 |
| | 8 | 8,10 | 3,86 | 33,8 | 5,8 | 3,73 | 22 | 1,6 | 3,9 | 2,9 | 1,2 | 7,7 |
| | 12 | 4,65 | 6,14 | 49,2 | 5,8 | 3,84 | 22 | 1,2 | 4,0 | 3,0 | 1,0 | 8,2 |
| 4 | 16 | 4,42 | 0,18 | 1,44 | 5,9 | 4,46 | 63 | 7,5 | 4,2 | 4,2 | 1,6 | 9,5 |
| | 20 | 4,80 | - | - | 6,4 | 14,2 | 1204 | 27,0 | 25,0 | - | 13,7 | 22,0 |
| | 24 | 5,20 | - | - | 6,3 | 14,4 | 1726 | 46,0 | 27,7 | - | 13,8 | 18,4 |

Tabell 3.

Vannprøver fra Mjøvatn st. 4.

0 - 170.

Dato: 14/9-60.

Kjemisk-fysiske analyser.

| m dyp: | Temp. °C | pH | Ledn. evne. 10^{-5} % 20°C | Kalsium mg CaO/l | Magnesium mg MgO/l | Jern mg Fe/l | Mangan mg Mn/l |
|-----------|-------------|-----|---------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|
| 0 | 14,40 | | | | | | |
| 1 | | 6,7 | 3,3 | 4,6 | 1,7 | 0,14 | |
| 2 | 14,12 | | | | | | |
| 4 | 13,70 | | | | | | |
| 5 | 13,50 | | | | | | |
| 6 | 13,50 | | | | | | |
| 7 | 12,85 | | | | | | |
| 8 | 10,15 | | | | | | |
| 8,5 | 8,85 | | | | | | |
| 9 | 7,15 | | | | | | |
| 10 | 5,85 | 6,0 | 3,9 | 4,0 | 2,7 | 0,51 | 0,13 |
| 11 | 5,20 | | | | | | |
| 12 | 4,55 | | | | | | |
| 13 | 4,22 | | | | | | |
| 14 | 4,00 | | | | | | |
| 15 | 3,95 | 5,9 | 4,3 | 5,3 | 2,8 | 0,70 | 0,54 |
| 16 | 3,95 | | | | | | |
| 17 | 4,00 | | | | | | |
| 18 | 4,12 | | | | | | |
| 19 | 4,17 | | | | | | |
| 20 | 4,31 | 6,6 | 17,9 | | | 52,8 | 2,6 |
| 21 | 4,40 | | | | | | |
| 22 | 4,48 | | | | | | |
| 23 | 4,53 | | | | | | |
| 24 | 4,58 | | | | | | |
| 25 | 4,59 | 6,5 | 21,2 | | | 62,8 | 3,4 |

Tabell 4.

0 - 170.

Vannprøver fra Mjøvatn, st. 5.

Dato: 11/10-61.

Kjemisk-fysiske analyser

| m dyp: | Temp. °C | Oksygen | | pH | Ledn. evne. 10^{-5} % 20° | Farge mg Pt/l | Turbiditet mg SiO_2 /l | Perm. tall mg O/l | Hårdhet mg CaO/l | Jern mg Fe/l | Mangan mg Mn/l |
|-----------|-------------|---------|---------|-----|---|------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| | | mg O/l | % metn. | | | | | | | | |
| 1 | 12,21 | 10,03 | 92,79 | 6,4 | 3,06 | 9 | 0,7 | 3,0 | 5,0 | 0,07 | upåvist |
| 5 | 12,16 | 9,80 | 90,65 | 6,4 | 3,08 | 14 | 0,9 | 3,2 | 5,0 | 0,06 | " |
| 10 | 6,60 | 9,36 | 76,10 | 6,4 | 3,20 | 12 | 1,0 | 2,8 | 5,0 | 0,09 | " |
| 20 | 4,23 | 9,01 | 68,95 | 6,6 | 3,12 | 5 | 0,3 | 2,4 | 5,0 | 0,07 | " |
| 30 | 4,09 | 8,34 | 63,62 | 6,3 | 3,18 | 5 | 0,5 | 2,3 | 5,0 | 0,09 | " |
| 40 | 4,04 | 6,93 | 52,73 | 6,1 | 3,22 | 5 | 0,5 | 2,3 | 5,0 | 0,13 | " |

Tabell 5.

Vannprøver fra: 1. Silkkammer Valleråsen.
2. Porsgrunn Lutherske Sykehus.

Dato: 11/10-61.

Kjemisk-fysiske analyser.

| Sted | pH | Ledn. evne. 10^{-5} % 20° | Permanganat-tall mg O/l | Hårdhet mg CaO/l | Jern mg Fe/l | Mangan mg Mn/l |
|-----------------------------|-----|---|----------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| Silkkammer Valleråsen | 6,9 | 5,2 | 2,7 | 10,0 | 2,4 | Spor |
| Porsgrunn Lutherske Sykehus | 6,6 | 4,2 | 5,0 | 8,0 | 0,22 | " |

Tabell 6.

Vannprøver fra Mjøvatn, st. 4.

Kjemisk-fysiske analyser.

Dato: 11/10-61.

| m dyp: | Temp. °C | Oksygen | | pH | Ledn. evne. 10^{-5} % 20° | Farge mg Pt/l | Turbiditet mg SiO ₂ /l | Perm. tall mg O/l | Hårdhet mg CaO/l | Jern mg Fe/l | Mangan mg Mn/l |
|-----------|-------------|----------------|---------|-----|-----------------------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| | | mg O/l | % metn. | | | | | | | | |
| 1 | 12,26 | 8,71 | 80,72 | 6,6 | 3,30 | 35 | 0,7 | 4,1 | - | 0,10 | 0,20 |
| 4 | 12,11 | 9,05 | 83,49 | 6,6 | 3,53 | 35 | 0,5 | 4,5 | 6,6 | 0,10 | 0,25 |
| 8 | 10,33 | 7,28 | 64,60 | 6,4 | 3,71 | 65 | 0,7 | 7,9 | 7,0 | 0,38 | 0,35 |
| 9 | 8,86 | 3,12 | 26,78 | 6,3 | 3,73 | 55 | 1,1 | 6,0 | 7,0 | 0,61 | 0,38 |
| 10 | 6,94 | 0,25 | 2,05 | 6,3 | 3,74 | 88 | - | 4,1 | 7,0 | 1,44 | 0,53 |
| 11 | 5,98 | 1,29 | 10,34 | 6,6 | 3,70 | 60 | 1,8 | 3,9 | 7,0 | 0,84 | 0,50 |
| 12 | 5,20 | 3,32 | 26,05 | 6,2 | 3,65 | 37 | 0,9 | 3,7 | 7,0 | 0,43 | 0,21 |
| 14 | 4,65 | 1,44 | 11,15 | 6,2 | 3,74 | 39 | - | 3,8 | 7,0 | 0,41 | 0,23 |
| 16 | 4,55 | ikke påvist | - | 6,5 | 5,43 | 390 | 25,7 | 6,2 | - | 2,68 | - |
| 17 | 4,53 | " | - | 6,8 | 10,61 | 698 | 14,5 | 15,6 | - | 25,4 | - |
| 18 | 4,62 | " | - | 6,7 | 12,30 | 1060 | 25,7 | 21,7 | - | 43,1 | } 3,0 ^{x)} |
| 20 | 4,70 | " | - | 6,6 | 14,20 | 1430 | 30,9 | 24,9 | - | 52,0 | |
| 22 | 4,92 | " | - | 6,6 | 14,15 | 1480 | 34,0 | 27,4 | - | 63,7 | - |
| 25 | 5,03 | " | - | 6,6 | 14,19 | 1720 | 48,5 | 29,8 | - | 66,6 | - |
| 27,5 | 5,27 | " | - | 6,6 | 14,20 | 1920 | 57,5 | 30,8 | - | 74,5 | - |

x) Blandprøve 18 - 22 m.

Tabell 7.

Vannprøver fra Mjøvatn. Ved inntak.

Kjemisk-fysiske analyser.

Dato: 11/10-61.

| m dyp: | Temp. °C | Oksygen | | pH | Ledn. evne. 10^{-5} % ₂₀ | Farge mg Pt/l | Turbiditet mg SiO ₂ /l | Perm. tall mg O/l | Hårdhet mg CaO/l | Jern mg Fe/l | Mangan mg Mn/l |
|-----------|-------------|---------|---------|-----|--|------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| | | mg O/l | % metn. | | | | | | | | |
| 1 | 12,22 | 9,31 | 86,12 | 6,5 | 3,56 | 16 | 1,3 | 4,9 | 6,6 | 0,14 | Spor |
| 4 | 11,79 | 9,20 | 84,33 | 6,5 | 3,67 | 20 | 1,7 | 5,3 | 6,6 | 0,15 | " |
| 8,5 | 10,10 | 5,12 | 45,23 | 6,3 | 3,61 | 26 | 2,0 | 6,1 | 6,6 | 0,36 | " |

Kvalitativ bearbeidelse av håvtrekkmateriale
fra Stulstjern, 14/9-1960.

Det er foretatt en subjektiv vurdering av tallmessig forekomst etter følgende gradering:

| | | | |
|---|---------------|---|-------------|
| + | = forekommer. | 3 | = vanlig. |
| 1 | = sjelden. | 4 | = hyppig. |
| 2 | = sparsom. | 5 | = dominant. |

SCHIZOPHYCEAE.

| | |
|-----------------------|---|
| Anabaena flosaquae | 3 |
| Merismopedia punctata | 3 |

CHLOROPHYCEAE.

| | |
|--------------------------|---|
| Ankistrodesmus sp. | 2 |
| Crucigenia rectangularis | 2 |
| Quadrigula Pfizterii | 2 |
| Sphaerocystis Schroeteri | 4 |
| Staurastrum spp. | 1 |
| Xanthidium sp. | + |

CHRYSOPHYCEAE.

| | |
|------------------------|---|
| Dinobryon cylindricum | 4 |
| Dinobryon divergens | 3 |
| Mallomonas caudata | 2 |
| Chrysophyceae - cyster | 3 |

DINOPHYCEAE.

| | |
|-------------------|---|
| Peridinium Willei | 1 |
|-------------------|---|

CRYPTOPHYCEAE.

| | |
|-----------------|---|
| Cryptomonas sp. | 1 |
|-----------------|---|

ROTATORIA.

| | |
|------------------------------|---|
| Asplanchna priodonta | + |
| Conodrilus volvox (kolonier) | 3 |
| Keratella cochlearis | + |
| Notholca longispina | 2 |
| Polyarthra platyptera | 1 |

CRUCTACEA.

| | |
|----------------------|---|
| Bosmina sp. | 2 |
| Cyclops sp. | 1 |
| Daphnia sp. | 1 |
| Diaphanosoma sp. | + |
| Diaptomus sp. | 2 |
| Holopedium gibberum | 3 |
| Polyphemus pediculus | + |
| Nauplier | 1 |

Tabell 9.

Vannprøver fra Mjøvatn 1960.

0 - 170.

Bakteriologiske analyser.

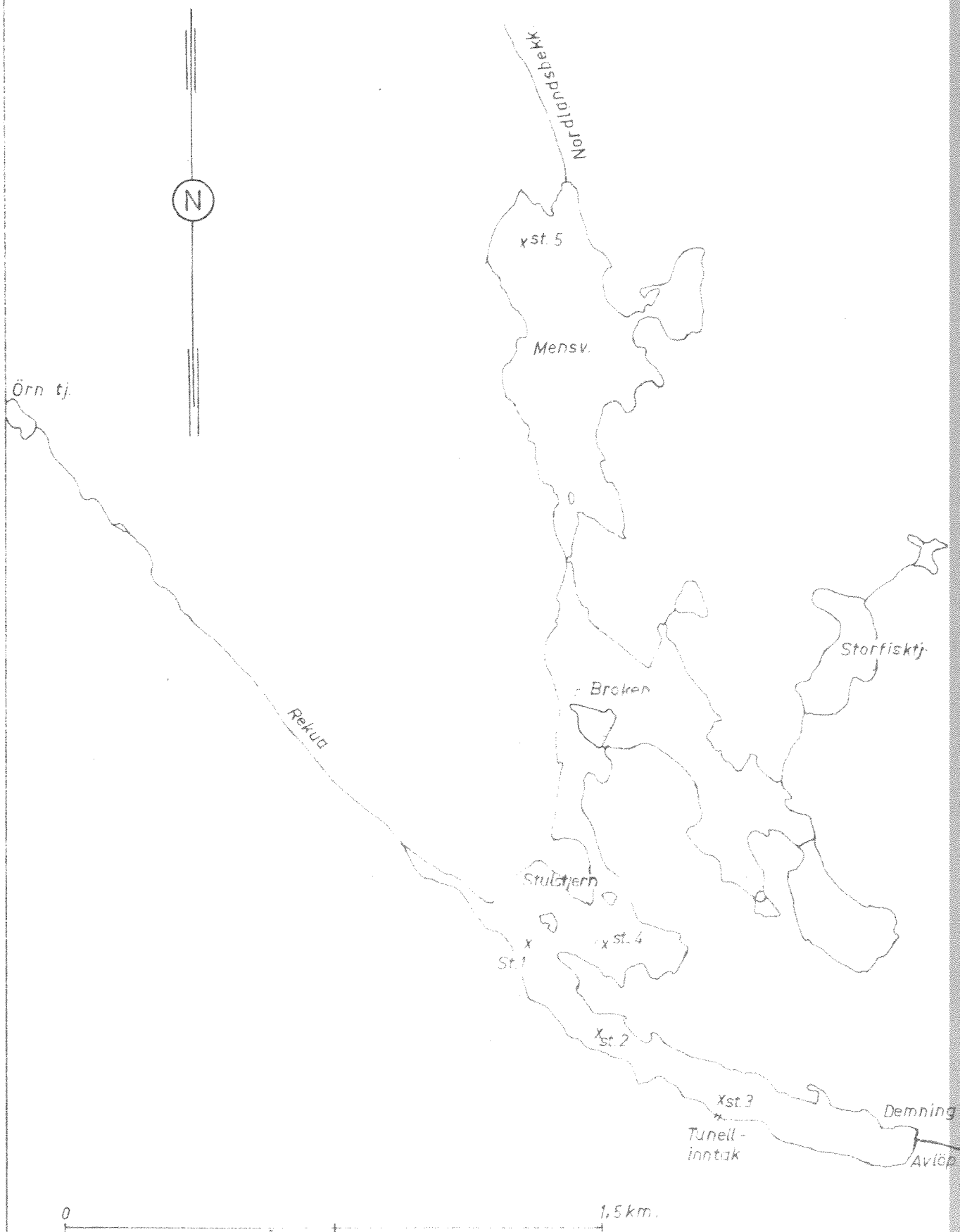
| Stasjon: | m dyp: | 16/3-60 | | 12/5-60 | | 17/6-60 | | 15/7-60 | | 31/8-60 | |
|----------------------|-----------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| | | Esch. coli /100 ml | Total- kim /ml | Esch. coli /100 ml | Total- kim /ml | Esch. coli /100 ml | Total- kim /ml | Esch. coli /100 ml | Total- kim /ml | Esch. coli /100 ml | Total- kim /ml |
| <u>Skifjellbekk:</u> | ca. | 0 | 20 | 5 | 10 | 11 | 56 | 51 | 210 | 20 | 360 |
| <u>Stasjon I:</u> | | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 | 24 | 5 | 55 | 9 | 78 |
| | | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 18 | 43 | 114 | 5 | 60 |
| | | 0 | 3 | 0 | 10 | 0 | 19 | 1 | 21 | 5 | 19 |
| <u>Stasjon II:</u> | | 0 | 11 | 0 | 15 | 0 | 11 | 10 | 62 | 6 | 54 |
| | | 0 | 6 | 0 | 18 | 0 | 3 | 46 | 116 | 4 | 18 |
| <u>Stasjon III:</u> | | 0 | 9 | 0 | 17 | 1 | 12 | 4 | 60 | 10 | 35 |
| | | 0 | 10 | 0 | 24 | 0 | 10 | 50 | 124 | 9 | 120 |
| | | 0 | 8 | 0 | 29 | 1 | 16 | 2 | 37 | 2 | 87 |
| | | 0 | 4 | 0 | 27 | 0 | 4 | 3 | 25 | 19 | 140 |
| <u>Stasjon IV:</u> | | 0 | 1 | 2 | 6 | 0 | 2 | 4 | 121 | 2 | 67 |
| | | 0 | 1 | 0 | 11 | 0 | 14 | 44 | 218 | 9 | 68 |
| | | 0 | 3 | 0 | 16 | 0 | 38 | 1 | 28 | 1 | 11 |
| | | 0 | 4 | 0 | 12 | 0 | 4 | 0 | 6 | 0 | 12 |

Tabell 10.

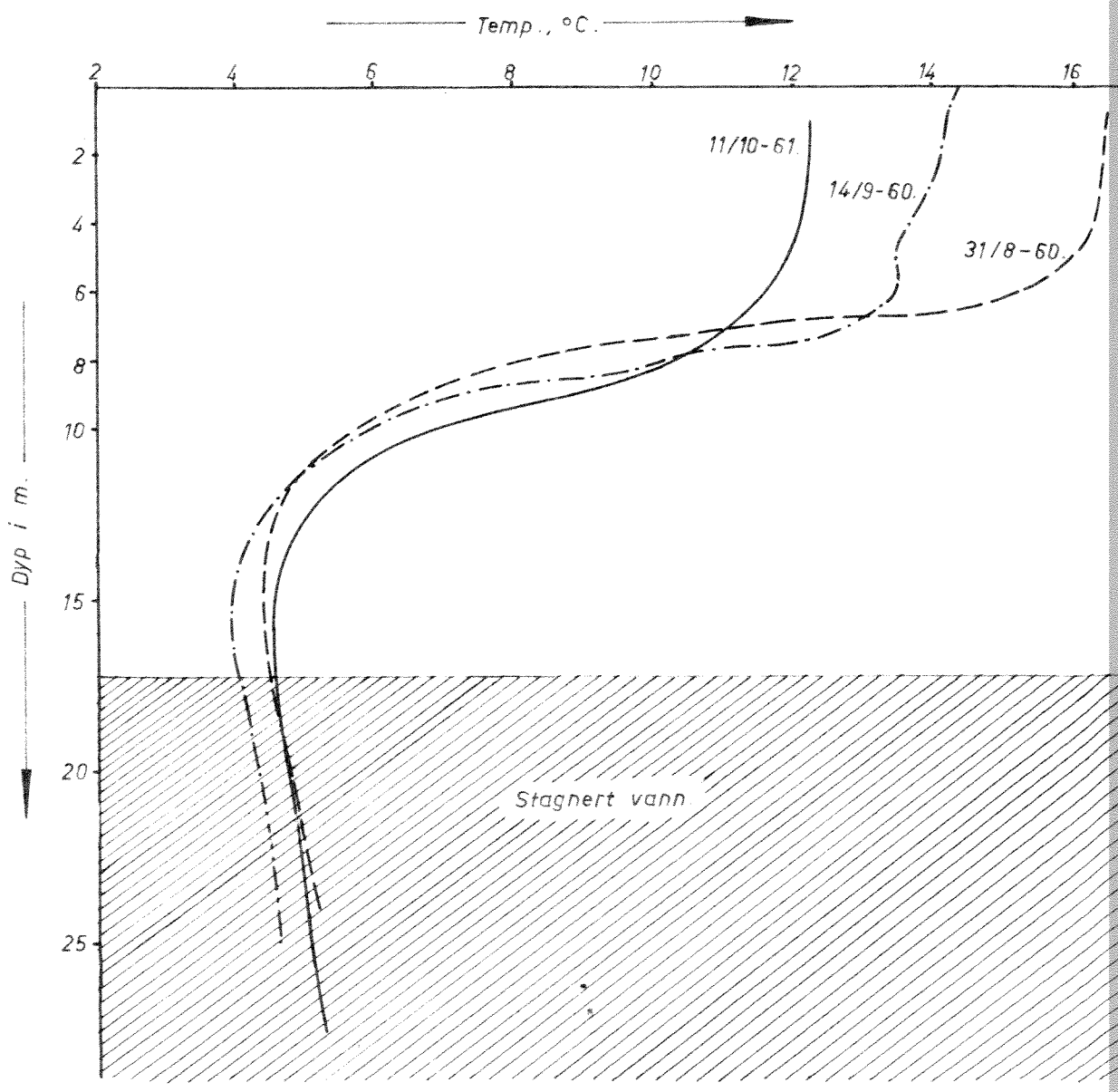
Vannprøver fra Mjøvatn 11/10-61.

Bakteriologiske analyser.

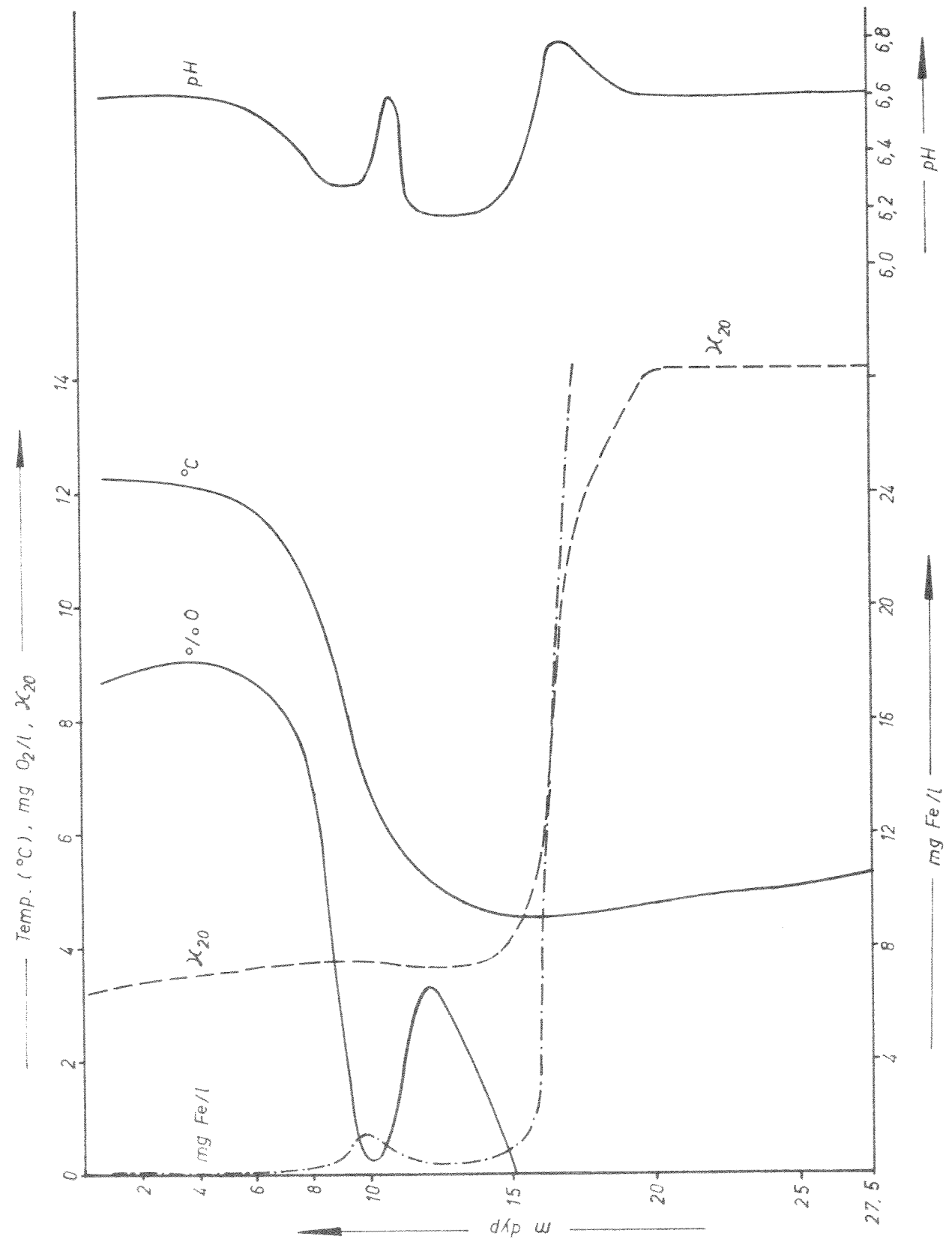
| Sted: | m dyp: | Esch.coli/100 ml | Totalkim/100 ml |
|--------------------|-----------|------------------|-----------------|
| Stulstjern | 1 | 2 | 145 |
| | 4 | 15 | 314 |
| | 8 | 85 | over 2000 |
| | 10 | 0 | 14 |
| | 12 | 1 | 30 |
| | 16 | 0 | 4 |
| | 20 | 0 | 8 |
| | 25 | 0 | 8 |
| | 27,5 | 0 | 2 |
| v/inntak i Mjøvatn | 1 | 22 | 280 |
| | 4 | 64 | over 1000 |
| | 8,5 | 129 | " 2000 |



Mjövann st.4.



————— } målt med vendetermometer.
 - - - - - } målt med elektrotermometer.



NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BLINDERN

Mjövatn st 4.
11-10-1961.

Fig. 3.
Nr. 0-170-41E