

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN.

O - 58/63.

Undersøkelse av Dragsjøen

som drikkevannskilde

for Årnes Vannverk.

Utført i 1963 - 1964.

Saksbehandler: Cand.real. Hans Holtan.

Rapporten avsluttet: Januar 1965.

I N N H O L D:

Side:

| | | |
|----|-----------------------------------|----|
| 1. | BESKRIVELSE AV NEDBØRFELTET. | 3 |
| 2. | BESKRIVELSE AV INNSJØEN. | 3 |
| 3. | HYDROLOGI. | 3 |
| 4. | UNDERSØKELSESPROGRAM. | 4 |
| 5. | OBSERVASJONS- OG ANALYSEMETODER. | 5 |
| 6. | HYDROGRAFISKE FORHOLD. | 6 |
| | 6.1. Termiske forhold. | 6 |
| | 6.2. Oksygenforhold. | 7 |
| | 6.3. Kjemiske forhold. | 8 |
| 7. | RESULTATER AV KOAGULERINGSFORSØK. | 9 |
| 8. | DISKUSJON. | 10 |
| 9. | PRAKTISKE KONKLUSJONER. | 11 |

T A B E L L E R:

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Fysisk-kjemiske analyseresultater 18/9-63. | 12 |
| 2. | - " - 1/4-64. | 13 |
| 3. | - " - 23/8-64. | 14 |
| 4. | Fellingsforsøk med vann tatt i Dragsjøen på ca. 10 m dyp den 11/11-63. | 15 |
| 5. | Fellingsforsøk med vann tatt i Dragsjøen på ca. 10 m dyp den 1/4-64. | 16 |

F I G U R E R:

| | | |
|----|-------------------------------|----|
| 1. | Dragsjøen. Dybdekart. | 17 |
| 2. | - " -. Areal og magasinkurve. | 18 |

1. BESKRIVELSE AV NEDBØRFELTET.

Dragsjøen ligger i Nes kommune i Akershus fylke.

Berggrunnen i nedbørfeltet er bygd opp av gneis og gneisgranitter, og hører med til det østlandske grunnfjellsområde. Løsavsetningene består av et tynt lag bregrus. Området har betydelige myrarealer. Ellers er nedbørfeltet i stor utstrekning bevokst med barskog.

Bortsett fra 2 bolighus ved utløpet av vannet, finnes det ingen bebyggelse i nedbørfeltet.

2. BESKRIVELSE AV INNSJØEN.

Høsten 1963 ble Dragsjøen loddet opp med ekkolodd. Dette arbeidet ble utført av NIVA. Vertikale luftfotografier i målestokken 1 : 15000 dannet kartgrunnlag for opploddingen. Det ble stukket ut kurser mellom karakteristiske punkter ved strendene. Disse ble plottet ned på kartet og avmerket på ekkogrammet. Profilene ble tegnet ved å kjøre mellom de avmerkede punkter med jevn fart. Disse profiler har tjent som grunnlag for opptegning av dybdekart. Dybdekartet er gjengitt i fig. 1. Areal- og volumkurver er tegnet inn på figur 2.

Som figur 1 viser består Dragsjøen av to dypområder som er atskilt fra hverandre ved en terskel. Terskeldybden er ca. 3 - 4 m. Det nordligste basseng er ca. 40 m dypt, mens det sørligste er ca. 30 m dypt.

De viktigste batygrafiske data er følgende:

| | |
|-------------|--------------------------|
| H.o.h. | 176 m |
| Overflate | ca. 0,5 km ² |
| Største dyp | 41 m |
| Volum | 6,4 mill. m ³ |
| Middeldyp | 12 m |

3. HYDROLOGI.

Nedbørfeltet til Dragsjøen er ca. 6,7 km². Den midlere avrenning i området er ifølge oppgave fra Norges vassdrags- og elektrisitetvesen ca. 14 l/sek/km². Midlere tilsig til

Dragsjøen skulle således bli $8100 \text{ m}^3/\text{døgn}$. På grunnlag av disse data er den teoretiske oppholdstiden for vannmassene i Dragsjøen ca. 2 år.

4. UNDERSØKELSESPROGRAM.

Undersøkelsen av Dragsjøen er blitt gjennomført ifølge programmet som ble antydnet i vårt brev til Årnes Vannverks styre den 18. oktober 1963:

Limnologisk undersøkelse.

1. Opplodding av Dragsjøen og tegning av dybdekart.
2. Undersøkelse av vannmassenes kjemiske kvalitet:
 1. serie 18/9-63.
 2. " 1/4-64.
 3. " 23/8-64.

Koaguleringsforsøk.

Slike forsøk ble utført i november 1963 og i april 1964. Hensikten med forsøkene var å samle opplysninger om hvor lett humusstoffene lar seg fjerne ved koagulering og om de fysikalsk-kjemiske betingelser som bør være tilstede for en optimal koagulering.

5. OBSERVASJONS- OG ANALYSEMETODER.

Temperaturen ble i overflaten målt med vanlige kalibrerte termometre, mens temperaturen i dyplagene ble målt med Richter og Wiese vendetermometer som er nøyaktig innenfor $\pm 0,01^\circ\text{C}$.

Oksygeninnholdet er bestemt titrimetrisk og ifølge Alsterbergs modifikasjon av Winklers metode. De fleste titreringer ble utført dagen etter at prøvene ble tatt.

pH og κ_{20} er målt elektrometrisk. Den elektrolytiske ledningsevne er målt ved 20°C og κ_{20} er oppgitt i $\text{n}\cdot 10^{-6} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Disse analyser ble utført dagen etter at prøvene ble tatt.

Farge. Fargemålingene (ufiltr.prøve) ble utført med et fotoelektrisk kolorimeter (10 cm celler) som er kalibrert mot

fargeoppløsninger i Hazens skala (platin - kobolt klorid-løsning).

Turbiditeten. Lysspredningsmåling (Tyndall-effekt) med et fotoelektrisk kolorimeter som er kalibrert mot silica-suspensjoner.

Permanganat-tallene (KMnO_4 -tall) er bestemt ifølge forskrifter fra Statens institutt for folkehelse. Prøven oppvarmes i surt kalium-permanganatmiljø på vannbad i 20 minutter med etterfølgende tilsetning av standard oksalsyre. Overskudd av oksalsyre titreres varmt tilbake med standard kalium-permanganat. Ved å multiplisere de oppgitte tallene med 12,5 fremkommer forbruk i ml av N/100 $\text{KMnO}_4/1$, som ofte er brukt i Norge for drikkevannsanalyser.

Kaliumdikromat-bestemmelsene ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -tall er utført ifølge Standard Methods (1960).

Jern (total). Kolorimetrisk bestemmelse med ammoniumthiocyanat og måling av fargeintensiteten i et fotoelektrisk kolorimeter. Toverdig jern er bestemt kolorimetrisk med bathophenanthrolin.

Mangan. Kolorimetrisk bestemmelse som kalium-permanganat med et fotoelektrisk kolorimeter.

Koaguleringsforsøkene ble utført i en laboratorie-flokkulator med mulighet for utførelse av i alt 12 forsøk samtidig. Koaguleringshastigheten var 200 r.p.m. og flokkuleringshastigheten 20 r.p.m. Koaguleringstiden var 3 min. mens flokkuleringstiden var 57 min. Vannets temperatur under flokkuleringsforsøkene lå i området 6 - 18°C. Forsøkene ble utført i runde begerglass (1 liter). Omstillingen fra koagulerings- til flokkuleringshastighet foregikk momentant. Kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ble tilsatt før alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16 - 18 \text{H}_2\text{O}$) i alle forsøk. I forsøkene med dosering av leire eller Fullers jord tilsatte vi denne før kalk. Aktivert silica (Aurosil N 31) ble tilsatt etter alumtilsetningen. Tiden mellom hver tilsetning var maksimalt 1 min. Tilsetningen av koagulanter foregikk momentant og samtidig til alle begerglass i en forsøksserie. Etter flokkuleringen ble vannet i begerglassene filtrert gjennom Schleicher u. Schüll foldefilter av papir nr. 597 $\frac{1}{2}$ og analysene ble utført på filtratene.

6. HYDROGRAFISKE FORHOLD.

De fysisk-kjemiske data som ble observert i undersøkelsesperioden er fremstilt i tabellene 1 - 3.

6.1. Termiske forhold.

Generelt:

I Norge gjennomløper innsjøene vanligvis 4 forskjellige termiske perioder for året, nemlig vårsirkulasjonsperioden, sommerstagnasjonsperioden, høstsirkulasjonsperioden og vinterstagnasjonsperioden.

Under vinterstagnasjonsperioden er vannets temperatur lavere enn temperaturen for vannets maksimums tetthet, som er ca. 4°C . I de øverste vannmasser er temperaturen henimot 0°C , men den stiger noe mot dypet hvor temperaturen vanligvis ligger mellom 3 og 4°C . Perioden er således karakterisert ved at vannmassene befinner seg i stabil likevekt. Vertikale forskyvninger og strømninger forekommer derfor bare i beskjeden utstrekning.

Etter isløsningen om våren oppvarmes overflatelagene. Den stabile likevekt blir derved opphevet og resultatet blir vertikale konveksjonsstrømninger. Denne såkalte sirkulasjonsperiode vil vare til hele vannmassen har nådd temperaturen for maks. tetthet. Ved videre oppvarming av overflatelagene inntreer igjen stabil likevekt, og sommerstagnasjonsperioden er etablert. I denne sistnevnte periode vil vind-, bølge- og strømkraftene påvirke de øverste vannmassene slik at det dannes en lagdeling med varmt vann øverst, som er atskilt fra kaldere vannmasser i dypet. De ytre krefter samt innsjøenes størrelse og form er bestemmende for hvor dypt sprangsjiktet vil befinne seg, og i løpet av sommeren vil vanligvis mektigheten av de øverste vannmasser øke.

Utover høsten avkjøles overflatelagene, konveksjonsstrømmer setter inn, og sprangsjiktet arbeides stadig mot dypere lag. Til slutt vil hele vannmassen ha en ensartet temperatur, høstfullsirkulasjonen er etablert. Når avkjølingen har bragt vannets temperatur under temperaturen for maks. tetthet, går innsjøen på nytt inn i en stabil periode (vinterstagnasjonen). En videre avkjøling vil nemlig, som følge av tetthetsforskjellen,

bare berøre overflatevannet, og det etableres igjen en termisk stratifikasjon med kaldt overflatevann over varmere vann i dypet.

Dragsjøen:

Observasjonsseriene den 18/9-63 (tabell 1) og 23/8-64 (tabell 3) viser at sprangsjiktet under sommerstagnasjonsperiodene ligger i 6 - 8 meters dyp. Temperaturen i overflate-lagene (epilimnion) er avhengig av de klimatiske forhold og vil derfor variere i løpet av sommeren og fra år til år. Temperaturen i dypvannsmassene (hypolimnion) lå i området 4 - 5°C under begge sommerstagnasjonsperiodene.

Observasjonen den 1. april 1964 (tabell 2) viser temperaturforholdene om vinteren. På denne tid var temperaturen på 1 meters dyp 1,88°C. Den steg jevnt mot bunnen, og det ble målt 4,13°C på 37 meters dyp.

Sirkulasjonsperiodene er i Dragsjøen av forholdsvis kort varighet. Innsjøens overflate er forholdsvis liten og den er lite påvirket av vind. Det er mulig at sirkulasjonsperioden om høsten er noe lengre enn vårsirkulasjonsperioden.

6.2. Oksygenforhold.

Generelle betraktninger.

Oksygeninnholdet i en innsjø bestemmes bl.a. av vannets temperatur, biologiske prosesser, meteorologiske forhold og strømningsforhold. I den isfrie del av året er overflate-lagene alltid i kontakt med luft, og er således rike på oksygen. Størrelsen av oksygenmetningen i de dypeste lag er i det vesentligste betinget av den biologiske aktivitet i vedkommende lokalitet. I sirkulasjonsperiodene vår og høst, får hele innsjøen tilført oksygen, slik at vannmassene ved inngangen til stagnasjonsperiodene har en oksygenmetning på henimot 100%. I humuspregede innsjøer vil det ofte være et betydelig oksygenforbruk i dyplagene under stagnasjonsperiodene, og i ekstreme tilfeller kan oksygeninnholdet være fullstendig brukt opp i slutten av disse perioder. Dette henger sammen med biologisk nedbrytning av organisk materiale.

Dragsjøen.

Observasjonsresultatene viser at det er et betydelig oksygenforbruk i dyplagene under stagnasjonsperiodene. Den 18/9-63 og 23/8-64 var oksygenmetningen på 10 - 12 meters dyp ca. 50% og på 30 meter ca. 30%. I overflatelagene som stadig er i kontakt med luft lå metningen mellom 80 og 90%.

Om vinteren hindrer isdekket vannmassene i å komme i kontakt med luft. Oksygenmetningen i de øverste vannmasser lå på denne tid mellom 60 og 70%, og i de dypeste lagene var oksygenmetningen vel 20%.

Som tidligere nevnt henger dette lave oksygeninnholdet sammen med nedbrytning av organisk materiale (humusstoffer). Under sirkulasjonsperiodene får imidlertid vannmassene tilførsel av oksygen fra luften slik at metningsverdiene ved inngangen til stagnasjonsperiodene sannsynligvis er henimot 100%.

6.3. Kjemiske forhold.

Følgende tabell viser middelveidene for en del kjemiske komponenter ned til 20 meters dyp:

| Dato | pH | El. ledn. e. % ₂₀ =n.10 ⁻⁶ | Farge mg Pt/1 | Turb. mg SiO ₂ /1 | KMnO ₄ mg O/1 | Jern mg Fe/1 | Mangan mg Mn/1 |
|---------|------|---|------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| 18/9-63 | 6,33 | 29,9 | 84 | 1,0 | 12,9 | 0,25 | <0,05 |
| 1/4-64 | 6,13 | 33,2 | 85 | 0,6 | 12,8 | 0,31 | <0,05 |
| 23/8-64 | 6,31 | 28,6 | 83 | 0,7 | 12,0 | 0,26 | <0,05 |

Vannet i Dragsjøen er svakt surt. Den elektrolytiske ledningsevne viser at vannet er blott og saltfattig.

Verdiene for farge og kjemisk oksygenforbruk (KMnO₄-tallene) er høye og viser at vannet er sterkt påvirket av organisk materiale (humusstoffer). Turbiditetsverdiene som er et mål for vannets grumsethet, er lave.

Vannet inneholder betydelige mengder jern, men manganinnholdet er lavt. Vannets innhold av jern er høye knyttet sammen med humusinnholdet idet det foreligger komplekse forbindelser mellom disse komponenter.

Av tabellene går det frem at pH-verdiene avtar mot dypet av innsjøen, mens verdiene for elektrolytisk ledningsevne, farge og kjemisk oksyderbarhet øker. Dette fenomen henger sammen med dekomponering av organisk materiale i vannmassene og i muddret. Slike prosesser forårsaker nemlig forbruk av oksygen og produksjon av karbondioksyd (CO_2) og bikarbonater. Samtidig foregår det reduksjonsprosesser som fører til et økende saltinnhold i vannmassene.

Under befaringen den 18/9-63 ble det tatt vannprøver fra 2 tillopsbekker til Dragsjøen, utlopsbekken og fra en del sjøer syd for Dragsjøens nedbørfelt. Analyseresultatene av disse prøver viser at utlopsbekken har omtrent den samme kjemiske kvalitet som innsjøens vannmasser. Tillopsbekkene er sterkere påvirket av organisk materiale, ellers er den kjemiske kvalitet noenlunde lik sjøens. Vannmassene i Flolangen og Øysjøen har noenlunde samme kjemiske kvalitet som Dragsjøen.

7. RESULTATER AV KOAGULERINGSFORSØKENE.

Tabell 4 viser resultatene på vannprøver tatt i Dragsjøen 11/11 1963 mens tabell 5 angir resultatene for prøve tatt 1/4 1964.

Forsøkene 11 og 16 gir relativt lav farge og turbiditet samtidig som dannelses-tiden for fnokkene er kort. Disse fellingene ble utført ved pH 6,14 og 5,98. Fullers jord synes ikke å forbedre fellingsbetingelsene.

Resultatene i tabell 5 viser at lav farge og kort dannelses-tid for fnokkene opptrer i forsøkene 12, 20, 22 og 23. Fellings-pH for disse forsøkene ligger i området 5,5 - 6,0 med alum og kalk som koagulanter. Vannets bufferkapasitet er imidlertid liten, og det kan bli vanskelig å få prosessen til å gå innenfor et såpass snevert pH-område. Forsøkene med aktivert silica viser ikke så gode resultater m.h.t. fargereduksjon som forsøkene 12, 20, 22 og 23. Men bruk av aktivert silica vil muliggjøre felling i et bredere pH-område. Det ser ut til at det minst må doseres 40 mg alum/l med tilhørende kalkmengde (10 mg/l) for å få optimale fellings-betingelser. Dosering av aktivert silica vil redusere kalkdoseringen noe.

8. DISKUSJON.

I 1963 - 1964 ble det foretatt en limnologisk undersøkelse av Dragsjøen i Nes kommune. Undersøkelsen omfattet opplodding av innsjøen, observasjoner om innsjøens fysisk-kjemiske forhold og koaguleringsforsøk av vannmassene.

Dragsjøen har en overflate på ca. $0,5 \text{ km}^2$, middeldyp på 12 meter og et volum på $6,4 \text{ mill. m}^3$. Avrenningen i området er ca. 14 l/sek/km^2 og vannmassenes teoretiske oppholdstid er ca. 2 år.

I nedbørfeltet er det en del myrarealer, ellers er området skogbevokst.

Innsjøen er sterkt påvirket av organisk materiale (humus-stoffer) som tilføres innsjøen gjennom tilsigsvannet. Under stagnasjonsperiodene er det således betraktelig oksygenforbruk i dyplagene.

Vannet er svakt surt og bløtt. Fargeverdiene ligger i området 80 - 85 mg Pt/l, og oksyderbarhetsverdiene varierer normalt mellom 12 og 13 mg O/l. Vannet inneholder lite mangan, men jernkonsentrasjonene varierer mellom 0,2 og 0,3 mg/l.

Resultatene av koaguleringsforsøkene viser at det minst må doseres 40 mg alum/l og 10 mg kalk/l. Optimale fellingsbetingelser opptrer i pH-området 5,6 - 6,0. Vannet har liten bufferkapasitet, og det bør ihvertfall avsettes plass for dosering av aktivert silica i det tekniske anlegg, slik at fellingen kan foregå i bredere pH-område enn det man oppnår med alum og kalk som koagulanter. Vannet i Dragsjøen felles relativt langsomt, og det bør tas hensyn til dette i det tekniske anlegg ved at vannet får tilstrekkelig oppholdstid i koagulerings-, flokkulerings- og sedimenteringsfasene. Rekkefølgen av koagulantdoseringene bør kunne variere i anlegget slik at gunstigste rekkefølge kan fastslås ved innkjøring av selve anlegget. Vannet må filtreres etter sedimentering. Før vannet sendes til forbruk må pH av korrosjonshensyn økes med kalk til 7,5 - 8,3. Kalking og klorering kan foregå etter filtrering.

Når vannet behandles slik som ovenfor nevnt, vil jern fjernes sammen med humuskomponenter. Hvis det gamle inntak (14 m) skal beholdes foreligger det små muligheter for manganholdig råvann. Jern- og manganinnholdet vil reduseres i stor utstrekning ved koaguleringen, men vi vil fremheve at to inntak på forskjellige dyp (f.eks. 5 m og 14 - 20 m) vil gi ekstra sikkerhet for å unngå ulemper med oksygenfattig vann. Råvannet bør luftes til oksygenmetning før koagulering og muligheter for forklorering bør være tilstede.

9. PRAKTISKE KONKLUSJONER.

1. Limnologisk undersøkelse av Dragsjøen i 1963 - 64 har vist at innsjøens vannmasser er utpreget humusholdige og at dekomponering av humusstoffene fører til et betydelig oksygenforbruk i de dypere vannmasser. Vannet er ellers bløtt og svakt surt, og har et ubetydelig innhold av suspenderte partikler.
2. Vannet i Dragsjøen har et så høyt innhold av humusstoffer at det uten rensning ikke egner seg som drikkevann. Det er nødvendig med fullrensning for å få et fullt tilfredsstillende drikkevann.
3. Vannet er egnet for fullrensning. Med aluminiumsulfat og kalk oppnås et helt tilfredsstillende drikkevann. Før vannet sendes til forbruker må det kloreres og pH må heves til 7,5 - 8,3 ved tilsetning av alkalier.

Tabell 1.

Fysisk-kjemiske analyseresultater.

Prover tatt 18/9-63.

| m dyp | Temp. °C | Oksygen | | pH | El. ledn. e. % 20=n.10 ⁻⁶ | Farge mg Pt/1 | Turbiditet mg SiO ₂ /l | KMnO ₄ mg O/l | K ₂ Cr ₂ O ₇ mg O/l | Jern mg Fe/l | Mangan mg Mn/l | Toverdig jern %Fe ⁺⁺ /l |
|----------------------------------|-------------|----------------------|---------|------|--|------------------|--------------------------------------|-----------------------------|---|-----------------|-------------------|--|
| | | mg O ₂ /l | % Metn. | | | | | | | | | |
| 0 | 12,80 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12,79 | 8,75 | 85,4 | 6,67 | 29,4 | 86 | 1,1 | 13,8 | | 0,15 | Ikke påvist | |
| 4 | 12,71 | 8,74 | 85,1 | 6,66 | 29,4 | 89 | 1,3 | 14,4 | | 0,13 | " | |
| 8 | 7,48 | 6,96 | 59,9 | 6,15 | 29,7 | 79 | 1,1 | 12,8 | | 0,13 | " | |
| 12 | 5,30 | 6,09 | 49,9 | 6,06 | 29,9 | 75 | 0,7 | 11,0 | | 0,22 | " | |
| 20 | 4,44 | 4,12 | 32,8 | 6,09 | 31,0 | 89 | 0,9 | 12,4 | | 0,63 | 0,06 | |
| 30 | 4,58 | 3,86 | 30,8 | 6,14 | 32,2 | 95 | 1,1 | 10,8 | | 1,05 | 0,14 | |
| Bekk 1 (tilløp til Dragsjøen) | | | | 6,56 | 32,5 | 91 | 0,9 | 22,4 | | 0,46 | Ikke påvist | 81 |
| Overflate utløp | | | | 6,66 | 28,9 | 79 | 0,7 | 12,1 | 22,8 | <0,05 | " | 80 |
| Bekk fra Gorotjern | | | | 6,59 | 30,9 | 114 | 0,6 | 20,2 | 32,8 | 0,28 | " | 230 |
| Flolangen 0 m | | | | 6,70 | 32,5 | 47 | 1,3 | 15,4 | 25,5 | 0,12 | " | 183 |
| Utløp Øysjø | | | | 6,56 | 29,3 | 109 | 1,1 | 18,2 | | 0,26 | " | 168 |

Tabell 2.

Fysisk-kjemiske analyseresultater.

Prover tatt 1/4-64.

| m dyp | Temp. °C | Oksygen | | pH | El. ledn. e. % 20=n.10 ⁻⁶ | Farge mg Pt/l | Turbiditet mg SiO ₂ /l | KMnO ₄ mg O/l | Jern mg Fe/l | Mangan mg Mn/l |
|----------|-------------|----------------------|---------|------|---|------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| | | mg O ₂ /l | % Metn. | | | | | | | |
| 1 | 1,88 | 9,15 | 68,0 | 6,18 | 33,5 | 88 | 0,7 | 13,4 | 0,26 | <0,05 |
| 4 | 3,68 | 8,22 | 64,0 | 6,14 | 33,2 | 89 | 0,9 | 12,7 | 0,28 | <0,05 |
| 8 | 3,79 | 7,97 | 62,4 | 6,14 | 32,0 | 83 | 0,4 | 12,7 | 0,28 | <0,05 |
| 12 | 3,85 | 7,92 | 62,2 | 6,14 | 32,2 | 81 | 0,3 | 12,6 | 0,29 | <0,05 |
| 16 | 3,87 | 7,43 | 58,3 | 6,12 | 37,2 | 85 | 0,6 | 12,5 | 0,31 | <0,05 |
| 20 | 3,91 | 6,80 | 53,4 | 6,08 | 31,3 | 85 | 0,7 | 12,7 | 0,41 | <0,05 |
| 25 | 3,94 | 5,97 | 46,9 | 6,04 | 31,8 | 83 | 0,5 | 12,0 | 0,50 | <0,05 |
| 30 | 4,02 | 4,35 | 34,3 | 6,04 | 32,1 | 91 | 0,5 | 12,1 | 0,77 | 0,08 |
| 35 | 4,10 | 3,03 | 23,9 | 6,05 | 32,2 | 99 | 0,7 | 11,4 | 1,29 | 0,15 |
| 37 | 4,13 | 2,93 | 23,1 | 6,04 | 32,9 | 99 | 1,1 | 12,0 | 1,44 | 0,19 |

Tabell 3.
Fysisk-kjemiske analyseresultater.

| m dyp | Temp. °C | Oksygen | | pH | El. ledn. e. % 20=n.10 ⁻⁶ | Farge mg Pt/l | Turbiditet mg SiO ₂ /l | KMnO ₄ -tall mg O/l | Jern mg Fe/l | Mangan mg Mn/l |
|----------|-------------|----------------------|---------|------|---|------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|
| | | mg O ₂ /l | % Metn. | | | | | | | |
| 0 | | | | 6,54 | 26,5 | 73 | 0,7 | 12,0 | 0,10 | ikke påvist |
| 1 | 15,72 | 7,96 | 82,7 | 6,64 | 26,8 | 75 | 0,8 | 11,8 | 0,08 | " |
| 4 | 15,45 | 8,15 | 84,6 | 6,55 | 27,1 | 82 | 0,7 | 12,2 | 0,11 | " |
| 6 | 13,83 | 6,92 | 69,1 | 6,48 | 27,2 | 70 | 0,6 | 11,9 | 0,10 | " |
| 7 | 10,50 | 6,65 | 61,6 | 6,21 | 27,9 | 82 | 0,6 | 12,2 | 0,15 | " |
| 8 | 7,34 | 6,24 | 53,5 | 6,08 | | 84 | 0,6 | 11,8 | 0,20 | |
| 12 | 5,11 | 5,87 | 47,6 | 6,08 | 28,9 | 89 | 0,6 | 12,1 | 0,37 | ikke påvist |
| 16 | 4,58 | 5,10 | 40,8 | 6,09 | 29,2 | 91 | 0,8 | 11,9 | 0,54 | <0,05 |
| 20 | 4,38 | 4,59 | 36,5 | 6,10 | 29,7 | 98 | 0,9 | 12,5 | 0,67 | <0,05 |
| 25 | 4,30 | 4,07 | 32,3 | 6,04 | 30,5 | 105 | 0,9 | 12,8 | 0,87 | 0,06 |
| 30 | 4,30 | 3,74 | 29,7 | 6,01 | 30,3 | 108 | 1,0 | 12,4 | 1,00 | 0,09 |
| 35 | 4,26 | 3,47 | 27,5 | 6,03 | 30,3 | 115 | 1,0 | 12,8 | 1,20 | 0,10 |
| 38 | 4,44 | 3,29 | 26,2 | 6,05 | 30,5 | 120 | 1,7 | 12,2 | 1,32 | 0,11 |

Tabell 4.

Fellingsforsøk med vann tatt i Dragsjøen på ca. 10 m dyp
den 11/11-63.

| Forsøk nr. | Deseringsbetingelser: | | | Resultater: | | | |
|------------|-----------------------|-----------|-----------|-------------|---------------|-----------------------------------|---|
| | Fullers jord mg/l | Alum mg/l | Kalk mg/l | pH | Farge mg Pt/l | Turbiditet mg SiO ₂ /l | Antatt tid (min) fra start flokkuleringsfase til første obs. fnokker. |
| 1 | - | 0 | 0 | 6,65 | 81 | 0,82 | - |
| 2 | - | 30 | 4 | 5,75 | 28 | 2,18 | 15 |
| 3 | - | " | 5 | 5,91 | 49 | 4,34 | 20 |
| 4 | - | 35 | 0 | 4,76 | 31 | 1,06 | ca. 20 |
| 5 | - | " | 1 | 4,85 | 24 | 0,90 | 10 |
| 6 | - | " | 2 | 4,98 | 25 | 1,30 | 6 |
| 7 | - | " | 3 | 5,11 | 22 | 1,38 | 5 |
| 8 | - | " | 4 | 5,22 | 21 | 1,30 | " |
| 9 | - | " | " | 5,29 | 15 | 1,46 | " |
| 10 | - | " | 5 | 5,44 | 17 | 1,14 | 4 |
| 11 | - | " | 6 | 6,14 | 13 | 0,42 | 3 |
| 12 | - | " | 7 | 6,13 | 26 | 2,18 | " |
| 13 | - | " | 8 | 6,21 | 64 | 5,22 | 20 |
| 14 | - | " | 9 | 6,42 | >100 | 8,70 | - |
| 15 | - | " | 10 | 6,60 | >100 | 7,62 | - |
| 16 | - | 40 | " | 5,98 | 12 | 0,98 | 3 |
| 17 | 5 | 35 | 6 | 5,56 | 13 | 1,06 | 5 |
| 18 | 10 | " | " | 5,61 | " | 1,06 | " |
| 19 | 15 | " | " | 5,64 | " | 0,98 | - |
| 20 | 20 | " | " | 5,60 | 19 | 1,54 | - |
| 21 | 25 | " | " | 5,59 | " | 1,54 | - |
| 22 | 30 | " | " | 5,60 | 17 | 1,14 | - |
| 23 | 10 | " | 5 | 5,30 | 19 | 1,62 | 12 |
| 24 | " | " | 6 | 5,60 | 17 | 1,22 | 10 |
| 25 | " | " | 7 | 5,79 | 22 | 1,54 | " |
| 26 | " | " | 8 | 5,90 | 15 | 1,70 | " |
| 27 | " | " | 9 | 6,11 | 36 | 2,58 | " |
| 28 | " | " | 10 | 6,30 | 93 | 7,84 | " |

Tabell 5.

Fellingsforsøk med vann tatt i Dragsjøen på ca. 10 m dyp¹⁾
den 1/4-64.

| Forsøk nr. | Doseringsbetingelser: | | | | Resultater: | |
|------------|-----------------------|-----------|-----------|------|---------------|--|
| | Aktivert Silica mg/l | Alum mg/l | Kalk mg/l | pH | Farge mg Pt/l | Annslått tid (min) fra start koaguleringsfase til første observerte fnokker. |
| 1 | Blindprøve | | - | 6,40 | 81 | - |
| 2 | - | 30 | 3 | 6,21 | 89 | - |
| 3 | - | " | 4 | 6,10 | 93 | - |
| 4 | - | 35 | 3 | 6,21 | 85 | - |
| 5 | - | " | 4 | 6,16 | 97 | - |
| 6 | - | " | 5 | 6,05 | >100 | - |
| 7 | - | " | 6 | 6,00 | >100 | - |
| 8 | - | " | 7 | 5,90 | 28 | 5 |
| 9 | - | " | 8 | 5,71 | 20 | 3 |
| 10 | - | 40 | 5 | 6,35 | >100 | - |
| 11 | - | " | 8 | 6,10 | 22 | 3 |
| 12 | - | " | 10 | 5,95 | 6 | " |
| 13 | - | " | 11 | 6,35 | 33 | " |
| 14 | - | " | 12 | 6,52 | " | 10 |
| 15 | - | " | 13 | 6,60 | 81 | 30 |
| 16 | - | " | 14 | 6,78 | >100 | - |
| 17 | - | 45 | 10 | 5,95 | 13 | 3 |
| 18 | - | " | 12 | 6,29 | 15 | " |
| 19 | - | " | 15 | 6,70 | >100 | - |
| 20 | - | 50 | 10 | 5,59 | 6 | 3 |
| 21 | - | " | 15 | 6,45 | 15 | " |
| 22 | - | 55 | 12 | 5,64 | 5 | " |
| 23 | - | 60 | 15 | 5,89 | " | " |
| 24 | - | " | 20 | 6,60 | 12 | " |
| 25 | 5 | 40 | 8 | 5,82 | 10 | 7 |
| 26 | " | " | 9 | 6,02 | 8 | 5 |
| 27 | " | " | 10 | 6,22 | 13 | 3 |
| 28 | " | " | 11 | 6,39 | " | " |
| 29 | " | " | 12 | 6,56 | " | " |
| 30 | " | " | 13 | 6,70 | 47 | 35 |

1) Råvann: pH: 6,37, Farge: 83 mg Pt/l

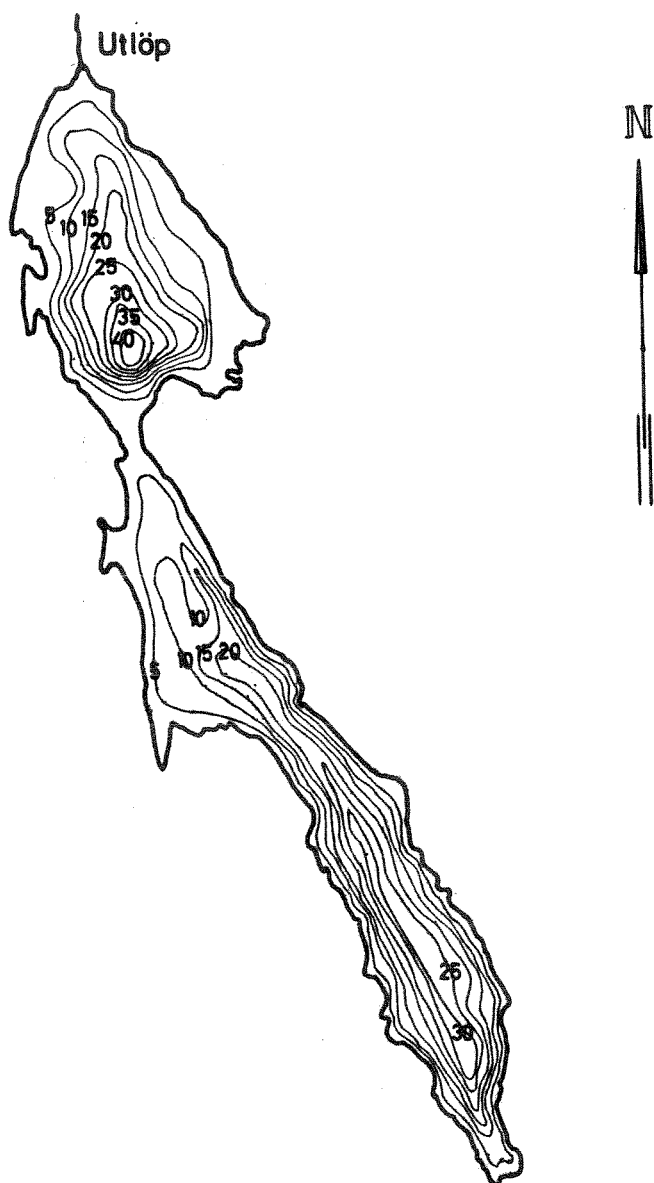


Fig. 1

NORSK INSTITUTT FOR
VANNFORSKNING
BLINDERN

Dragsjön
Dybdekart - ekvidistans 5m

M.: 1 : 15000

O-58/63
4396

