

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN.

O-133/64.

En undersøkelse av Flåtevatn

som drikkevannskilde for

Bamble vannverk.

Utført i 1965.

Saksbehandler: Cand.real. Hans Holtan.

Rapporten avsluttet februar 1966.

INNHOLDSFORTEGNELSE:

Side:

1.	INNLEDNING.	3
2.	BESKRIVELSE AV NEDBØRFELTET.	3
3.	BESKRIVELSE AV INNSJØEN.	3
4.	HYDROLOGI.	4
5.	OBSERVASJONS- OG ANALYSEMETODER.	4
6.	HYDROGRAFI.	5
	6.1. Termiske forhold.	5
	6.2. Oksygenforhold.	7
	6.3. Kjemiske forhold.	8
7.	SAMMENFATTENDE DISKUSJON.	8
8.	PRAKTISKE KONKLUSJONER.	9

TABELLFORTEGNELSE:

1.	Morfometriske data for Flåtevatn.	4
2.	Flåtevatn. Middelveidier for en del kjemiske komponenter.	8
3.	Flåtevatn. Fysisk-kjemiske analyseresultater 4/3 1965.	10
4.	Flåtevatn. Fysisk-kjemiske analyseresultater 12/5 1965.	11
5.	Flåtevatn. Fysisk-kjemiske analyseresultater 19/8 1965.	12
6.	Flåtevatn. Fysisk-kjemiske analyseresultater 1/11 1965.	13

FIGURFORTEGNELSE:

1.	Flåtevatn. Nedbørfelt m/stasjonsplassering.	14
2.	Flåtevatn. Dybdekart.	15
3.	Flåtevatn. Areal- og magasinkurve.	16

1. INNLEDNING.

I brev av 10. desember 1964 fikk Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i oppdrag av Ingeniørfirma R. Brusletto å utarbeide et kostnadsoverslag for en undersøkelse av Flåtevatn i Bamble. Lokaliseringen skulle brukes som ny vannkilde for Bamble vannverk, og oppdraget skulle omfatte en kartlegging av dybdeforholdene, samt innsamling av vannprøver fra forskjellige dyp vinter, vår, sommer og høst. Opplegget for en slik undersøkelse ble vurdert av NIVA, og kostnadsoverslag ble oversendt R. Brusletto den 21. desember 1964. I brev av 27. januar fra nevnte ingeniørfirma, fikk NIVA i oppdrag å gjennomføre en undersøkelse av Flåtevatn ifølge det foreslåtte opplegg.

Undersøkelsen er blitt utført etter planen, og det er blitt samlet inn prøver fra Flåtevatn for kjemiske analyser fire ganger, nemlig 4/3, 12/5, 19/8 og 1/11 1965. Foruten måling av vannets temperatur, er følgende kjemiske komponenter blitt bestemt: Oksygen, pH, elektrolytisk ledningsevne ($\kappa_{20} = n \cdot 10^{-6} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), farge, turbiditet, oksyderbarhet (KMnO_4 -tall), jern og mangan. Innsjøen ble loddet opp med ekkolodd den 12/5 1965, og dybdekart er tegnet. Innsjøen ligger i et område som er lite påvirket av sivilisatoriske forurensningsfaktorer, og vi fant det derfor ikke nødvendig å samle inn bakteriologiske prøver.

2. BESKRIVELSE AV NEDBØRFELTET.

Flåtevatn og dets nedbørfelt (fig. 1) ligger i det sørnorske grunnfjellsområde hvor berggrunnen er bygd opp av gneis og gammel granitt. Løsavsetningene består stort sett av et tynt lag bregrus. Enkelte steder er det myrområder, ellers er feltet i stor utstrekning dekket av skog, særlig gran og furu. Den sivilisatoriske forurensning er liten. I nedbørfeltet er det noen få mindre gårdsbruk. Rundt innsjøen og i nedbørfeltet forøvrig er det en del hytter. Lokaliseringen brukes både vinter og sommer for fremdrift av tømmer.

3. BESKRIVELSE AV INNSJØEN.

Flåtevatn ble loddet opp med ekkolodd den 12. mai 1965. Opploddingsarbeidet ble utført av NIVA. Vertikale luftfotografier i målestokk 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 ekkogrammene. Profilene ble tegnet ved å kjøre mellom de avmerkede punkter med jevn fart. Disse profiler har tjent som grunnlag for opptegning av dybdekart. Kartet er gjengitt på fig. 2 i forminsket målestokk. Areal- og volumkurve er tegnet på fig. 3.

Tabell 1 gjengir noen morfometriske data for Flåtevatn.

Tabell 1. Morfometriske data for Flåtevatn.

Nedbørfelt	77 km ²
H.o.h.	52 m
Største dyp	122 m
Overflate	3,67 km ²
Volum	163,5 mill.m ³
Middel dyp	44,6 m

Som fig. 2 viser er Flåtevatn oppdelt i 3 bassenger. De forskjellige bassenger er atskilt med terskler hvor terskel-dybden er ca. 40 m. Innsjøens strandlinje er uregelmessig med mange bukter og nes. Selve hovedbassenget er imidlertid regelmessig utformet.

4. HYDROLOGI.

Nedbørfeltet til Flåtevatn (fig. 1) er av Ingeniørfirma Brusletto oppgitt til 77 km². Den midlere avrenning i området er ifølge Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen ca. 25 l/sek/km som svarer til en avrenning fra hele feltet på 166000 m³/døgn. Vannmassenes teoretiske oppholdstid i Flåtevatn skulle da bli ca. 33 mndr.

5. OBSERVASJONS- OG ANALYSEMETODER.

Temperaturen er målt med Richter og Wiese vendetermometer som er nøyaktig innenfor $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$.

Oksygenbestemmelsen er utført ifølge Alsterbergs modifikasjon av Winklers metode.

pH og n_{20} er målt elektrometrisk. Den elektrolytiske lednings-evne er målt ved 20°C og n_{20} er oppgitt i $n \cdot 10^{-6} \text{ohm}^{-1} \text{cm}^{-1}$.

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

Turbiditet. Denne faktor er bestemt ved lysspredningsmåling (Tyndall-effekt) med et fotoelektrisk kolorimeter som er kalibrert mot Silica-suspensjoner.

Permanganattallene er bestemt ifølge forskrifter fra Statens institutt for folkehelse. Prøven oppvarmes i surt kaliumpermanganatmiljø på vannbad i 20 min. med etterfølgende tilsetning av standard oksalsyre. Overskudd av oksalsyre titreres varmt tilbake med standard kaliumpermanganat. Tallene er oppgitt i mg oksygen pr. liter, idet dette gir det letteste sammenlikningstall for å kunne vurdere innholdet av organiske stoffer i forhold til innhold av løst oksygen i vannet. Ved å multiplisere disse tallene med 12,5, fremkommer forbruk i ml av n/100 KMnO_4 /l. Denne enheten har vært vanlig i Norge for drikkevannsanalyser.

Jern. Kolorimetrisk bestemmelse med ammoniumthiocyanat og måling av fargeintensiteter i et fotoelektrisk kolorimeter.

Mangan. Kolorimetrisk bestemmelse av kaliumpermanganat med et fotoelektrisk kolorimeter.

6. HYDROGRAFI.

De hydrografiske forhold i Flåtevatn ble undersøkt 4 ganger i løpet av 1965, nemlig 4/3, 12/5, 19/8 og 1/11. Analyse-resultatene er gjengitt i tabellene 3, 4, 5 og 6.

6.1. Termiske forhold.

Generelt:

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

Etter isløsningen om våren oppvarmes overflatelagene. Den stabile likevekt som er karakteristisk for vinterstagnasjonsperioden, blir derved opphevet og resultatet blir vertikale konveksjonsstrømninger. Denne såkalte fullsirkulasjonsperiode vil vare til hele vannmassen har nådd temperaturen for maksimums tetthet (ca. 4°C). Ved videre oppvarming av overflatelagene inntreer igjen stabil likevekt, og sommerstagnasjonsperioden er etablert. I denne sistnevnte periode vil vind-,

bølge og strømaktivitet 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 maksimums 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.

Under vinterstagnasjonsperioden er vannets temperatur lavere enn temperaturen for vannets maksimale tetthet. 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 strømminger forekommer derfor bare i beskjeden utstrekning.

Flåtevatn.

Prøvetakingen, som fant sted den 4. mars 1965 (tabell 3) viser bl a. temperatursituasjonen under vinterstagnasjonsperioden frem til isløsningen om våren. Under prøvetakingen den 12/5 1965, var det liten forskjell i temperaturen ned gjennom vannmassene, og innsjøen befant seg på slutten av vårfullsirkulasjonsperioden. Ifølge opplysninger som ble innhentet fra oppsittere langs innsjøen, fant isløsningen sted i begynnelsen av mai. Vannets temperatur på prøvetakingsdagen var $> 4^{\circ}\text{C}$. Stille, varmt vær, ville derfor på dette tidspunkt raskt forårsake etablering av en stratifikasjon som er karakteristisk for sommeren. Ut fra disse betraktninger er det rimelig å anta at vårfullsirkulasjonen i Flåtevatn varer i ca. 2 uker.

Temperaturobservasjonene den 19/8 1965 viser innsjøens termiske forhold under sommerstagnasjonsperioden. Sprangsjiktet lå på

denne tid i 8 - 10 meters dyp. I overflatelagene var temperaturen ca. 18°C, og i dyplagene mellom 4 og 5°C. Avkjølingen utover høsten førte til en gradvis avkjøling av overflatelagene, og samtidig ble sprangsjiktet arbeidet mot dypere lag. Sommerstagnasjonsperioden varte fra slutten av mai til begynnelsen av november. Observasjonsresultatene fra 1/11 1965 viser nemlig forholdene i innsjøen straks før fullsirkulasjonsperioden. Kuldeperiodene som satte inn i midten av november bevirket sannsynligvis en forholdsvis kort høstfullsirkulasjonsperiode.

Den sannsynlige lengde av de forskjellige termiske perioder er:

Vinterstagnasjonsperioden (november-mai)	:	Ca. 5 mndr.
Vårfullsirkulasjonsperioden (mai)	:	" 2 uker.
Sommerstagnasjonsperioden (mai-november)	:	" 5½ mndr.
Høstfullsirkulasjonsperioden (november)	:	" 3 uker.

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 overflatelagene 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.

Flåtevatn.

På alle observasjonsdagene var vannmassene i Flåtevatn godt oksygenert og hadde stort sett et oksygeninnhold på mellom 9 og 11 mg O₂/l. Under stagnasjonsperiodene var det et visst oksygenforbruk i dyplagene, men metningen var aldri under 70%.

Stort sett var oksygenmetningen i de øverste lagene ca. 90% og mer, mens dyplagene vanligvis hadde en metningsprosent på mellom 70 og 80%.

6.3. Kjemiske forhold.

Følgende tabell viser middelverdiene for en del kjemiske komponenter:

Tabell 2. Flåtevatn. Middelverdier for en del kjemiske komponenter.

Dato 1965	pH	El. ledn. e. % 20=n.10 ⁻⁶	Farge mg Pt/1	Turbiditet mg SiO ₂ /1	KMnO ₄ -tall mg O/1	Jern mg Fe/l	Mangan mg Mn/l
4/3	6,51	36,0	12	0,3	2,7	<0,05	Ikke påvist
12/5	6,32	34,0	14	0,4	2,7	<0,05	"
19/8	6,48	35,4	14	0,4	2,0	<0,05	<0,05
1/11	6,28	36,6	13	0,4	2,8	<0,05	Ikke påvist
År:	6,40	35,5	13	0,4	2,6	<0,05	"

Vannet i Flåtevatn er svakt surt. Den elektrolytiske lednings-
evne viser at vannet er bløtt og saltfattig.

Verdiene for farge, turbiditet og kaliumpermanganatforbruk var
lave på alle observasjonsdager og viser at vannet er lite
påvirket av partikulært og organisk materiale.

Vannets innhold av jern og mangan var lavt og er uten betydning
i denne forbindelse.

7. SAMMENFATTENDE DISKUSJON.

I 1965 ble det gjennomført en limnologisk undersøkelse av
Flåtevatn i Bamble. Innsjøen ble loddet opp, og det ble
samlet inn prøver for fysisk -kjemiske analyser fire ganger i
løpet av observasjonsperioden.

Flåtevatn ligger i det sørnorske grunnfjellsområde, hvor berg-
grunnen er bygd opp av gneis og gammel granitt. Nedbørfeltet
er i stor utstrekning bevokst med barskog. Enkelte steder er
det små myrområder. Innsjøen er lite påvirket av sivilisa-
toriske forurensningsfaktorer.

Innsjøen har et nedbørfelt på 77 km², overflate på 3,67 km² og et volum på 163,5 mill.m³. Vannets teoretiske oppholdstid er 33 mndr.

Lokaliteten gjennomløper 4 forskjellige termiske perioder for året, nemlig:

Vårfullsirkulasjonsperioden,	varighet ca. 2 uker.
Sommerstagnasjonsperioden,	" " 5½ mndr.
Høstfullsirkulasjonsperioden,	" " 3 uker.
Vinterstagnasjonsperioden,	" " 5 mndr.

Om sommeren ligger sprangsjiktet i 8 - 10 meters dyp. Vanninntaket bør derfor plasseres godt under dette sjikt, f.eks. i 20 - 25 meters dyp.

Vannmassene i de øverste lagene er godt oksygenert til alle årstider, men under stagnasjonsperiodene er det et visst oksygenforbruk i dyplagene.

Vannet er svakt surt, og det er forholdsvis lite påvirket av humuskomponenter, jern og mangan.

Vi antar at innsjøen i hygienisk forstand er tilfredsstillende som drikkevannskilde, men dette er et spørsmål som må vurderes av helsemyndighetene.

8. PRAKTISKE KONKLUSJONER:

1. Inntaksdyp : 20 - 25 meter
2. Rensetiltak : Siling.
3. Sterilisering : Vi antar at svaklorering vil gi tilfredsstillende bakteriologisk sikkerhet.

Tabell 3.

Flåtevatn, Bamble.

Fysisk-kjemiske analyseresultater.

Prøver tatt: 4/3 1965.

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.							
1	1,49	12,2	89,6	6,60	42,8	15	0,6	3,2	<0,05	Ikke påvist
4	2,15	10,9	81,5	6,52	37,0	13	0,4	2,8	<0,05	"
8	2,85	9,9	75,8	6,54	35,0	11	2,6	2,6	<0,05	"
12	3,20	9,9	76,5	6,50	35,0	10	0,3	2,7	<0,05	"
16	3,40	10,0	77,3	6,50	35,0	10	0,2	2,6	<0,05	"
20	3,58	9,9	77,3	6,50	34,8	11	0,3	2,6	<0,05	"
30	3,87	9,9	77,8	6,48	34,8	11	0,3	2,6	<0,05	"
40	3,90	9,7	76,4	6,46	35,0	11	0,3	2,5	<0,05	"
50	3,90									
65	4,00	9,2	72,3	6,48	35,0	12	0,4	2,6	<0,05	"

Tabell 4.
Flåtevatn, Bamble.

Fysisk-kjemiske analyseresultater.

Prøver tatt: 12/5 1965.

m dyp	Temp. °C	Oksygen		pH	Fl. ledn. e.ø # 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.							
1	6,60	11,1	93,2	6,26	34,0	15	0,4	2,7	<0,05	Ikke påvist
4	5,68	10,8	88,9	6,30	33,8	14	0,5	2,6	<0,05	"
8	5,20	10,8	88,3	6,31	34,0	14	0,3	2,6	<0,05	"
12	4,72	10,9	87,6	6,32	33,7	15	0,3	2,6	<0,05	"
16	4,42	10,6	84,3	6,30	33,9	14	0,4	2,6	<0,05	"
20	4,20	10,4	82,0	6,35	32,2	15	0,5	2,8	<0,05	"
30	4,15	10,5	83,5	6,36	33,8	14	0,3	2,7	<0,05	"
40	4,09	10,6	83,7	6,35	34,9	15	0,4	2,9	<0,05	"
50	4,03	10,3	81,4	6,36	34,5	14	0,3	2,9	<0,05	"
60	4,00	10,4	81,5	6,32	34,4	15	0,5	3,1	<0,05	"
70	3,95	9,8	77,5	6,32	34,8	14	0,4	2,8	<0,05	"

Tabell 5.
Flåtevatn, Bamble.

Fysisk-kjemiske analyseresultater.

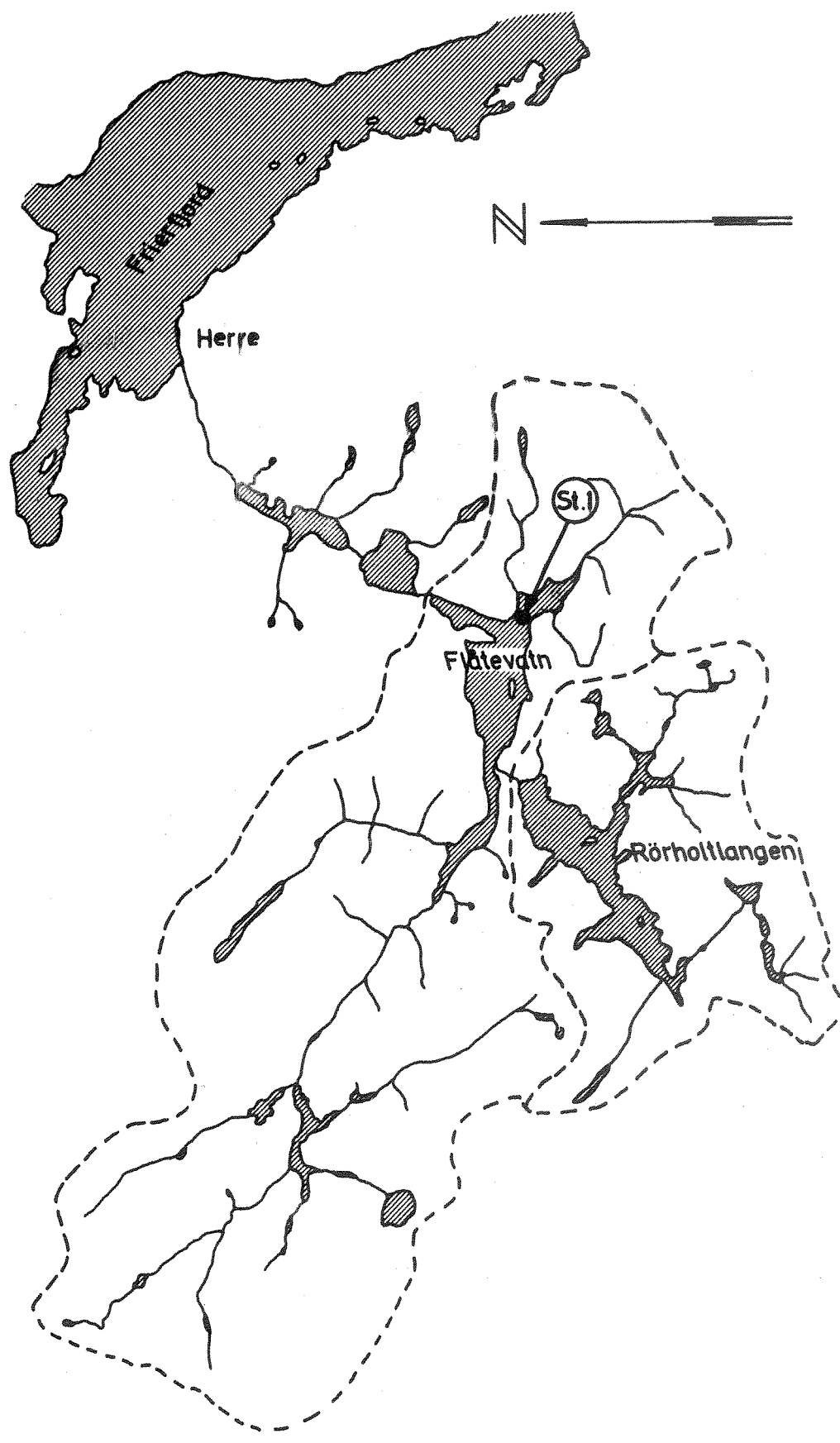
Prøver tatt: 19/8 1965.

m dyp	Temp. °C	Oksygen		pH	El. ledn. e ₆ % 20-n. 10 ⁻⁶	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	K ₂ MnO ₄ -tall mg O/l	Jern µg Fe/l	Mangan mg Mn/l
		mg O ₂ /l	% Metn.							
1	18,00	9,2	100,0	6,95	33,4	13	0,3	1,9	74	<0,05
4	16,51	9,2	96,9	6,90	33,5	14	0,3	2,2	62	<0,05
8	9,20	10,1	90,7	6,47	35,0	14	0,2	2,2	25	<0,05
12	5,10	10,1	81,5	6,38	35,8	13	0,2	2,2	26	<0,05
16	4,80	9,8	79,0	6,36	35,8	14	0,5	2,0	21	<0,05
20	4,71	10,0	80,4	6,36	35,8	14	0,4	2,0	50	<0,05
30	4,51	9,9	79,0	6,37	35,9	14	0,4	2,0	55	<0,05
40	4,45	9,9	79,0	6,35	36,0	14	0,3	2,0	32	<0,05
50	4,42	10,0	79,9	6,38	36,0	14	0,5	1,9	22	<0,05
60	4,40	9,8	77,6	6,40	36,0	14	0,5	2,0	21	<0,05
68	4,40	10,0	79,8	6,40	35,8	14	0,4	2,0	18	<0,05

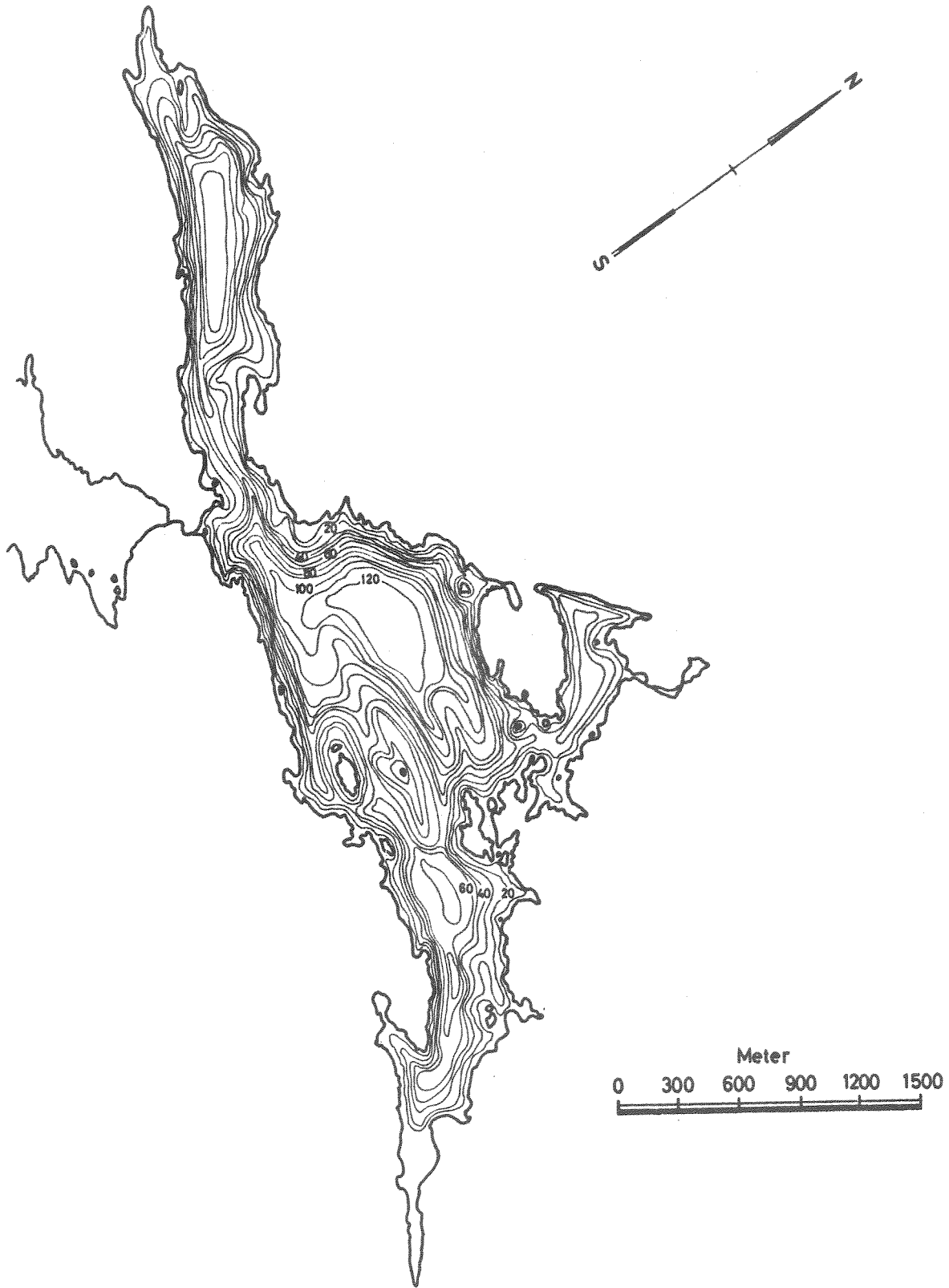
Tabell 6.
Flåtevatn, Bamble.
Fysisk-kjemiske analyseresultater.

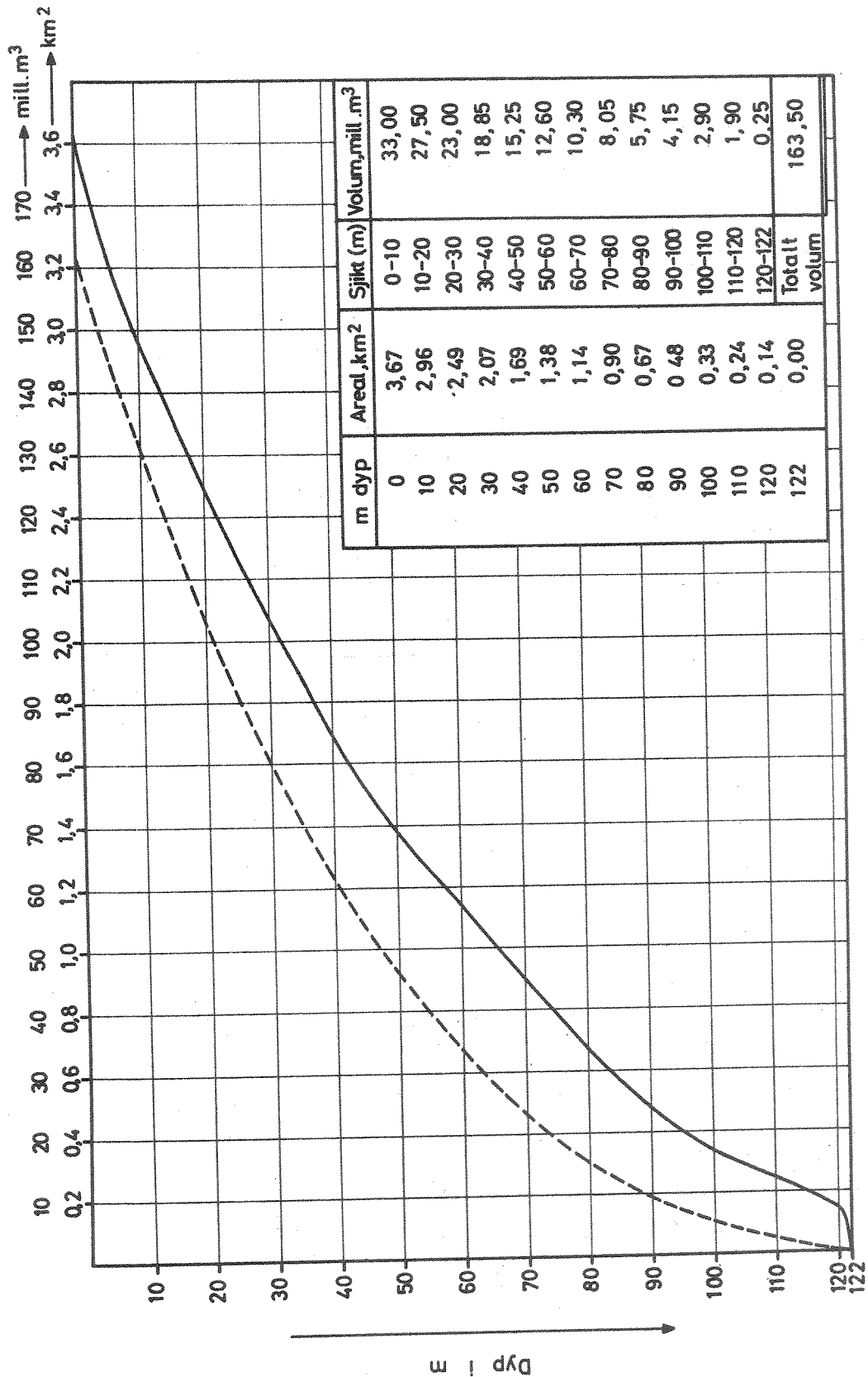
Prøver tatt: 1/11 1965.

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 µg Fe/l	Mangan mg Mn/l
		mg O ₂ /l	% Metn.							
1	8,53	10,3	91,2	6,55	33,2	16	0,4	3,3	23	Ikke påvist
4	8,50	10,2	90,2	6,58	33,1	15	0,7	3,3	20	"
8	8,44	10,1	89,4	6,54	33,1	14	0,4	3,3	25	"
12	6,42	9,8	82,5	6,11	35,2	13	0,6	2,5	13	"
16	5,99	9,5	78,9	6,16	35,2	12	0,3	2,8	13	"
20	5,53	8,8	79,7	6,20	35,1	12	0,7	2,7	18	"
30	4,65	9,7 X	77,7	6,20	35,1	11	0,1	2,5	25	"
40	4,49	9,8 X	78,3	6,20	35,2	12	0,6	2,7	15	"
50	4,49	9,5	75,5	6,15	35,2	12	0,3	2,8	15	"
60	4,48	9,2	73,5	6,15	35,8	13	0,3	2,7	15	"
70	4,48	8,8	70,5	6,21	56,2	10	0,2	2,6	23	"



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING BLINDERN	Flåtevatn Nedbørfelt med stasjonsplassering	Fig.1
		0-133/64 4825





— Arealkurve
 - - - Magasinkurve