

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
BLINDERN

0-61/78

VURDERING AV TRASEER OG INNTAKSSTED FOR  
VANNINNTAK I FURNESFJORDEN

8. november 1978

Saksbehandler: Torulv Tjomsland

Medarbeidere: Brynjar Hals  
Hans Holtan  
Gjertrud Holtan

Instituttetsjef: Kjell Baalsrud  
ISBN 82-577-0104-1

## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	3
2. GENERELLE TEMPERATUR- OG STRØMFORHOLD	5
2.1 Temperatur	5
2.2 Strøm	5
2.2.1 Seicher	5
2.2.2 Vinddrevne strømmen	7
3. RESULTATER FRA PRØVETAKINGEN	8
3.1 Dybdemålinger	8
3.2 Sedimenter	8
3.3 Vannkvalitet	11
3.3.1 Kaliumpermanganat ( $\text{KMnO}_4$ )	11
3.3.2 Bakteriologiske forhold	11
3.3.3 Oksygen	13
3.3.4 Total klorofyll <u>a</u>	16
4. DISKUSJON	21
4.1 Valg av inntakssted	21
4.2 Konklusjon	23
5. REFERANSER	24

## FIGURFORTEGNELSE

1. Traseé for dybdemålinger og prøvetaking	4
2. Karakteristiske temperaturprofiler ved ulike årstider (st. Skreia)	6
3. Dybdemålinger med ekkolodd	9
4. Sedimenter. Vektprosent organisk- og uorganisk materiale	10
5. Kaliumpermanganat ( $\text{KMnO}_4$ )	12
6. Koliforme bakterier	14
7. Total antall bakterier	15
8. Furnesfjorden	17
9. Oksygen ( $\text{O}_2$ ). Prosent metning	18
10. Klorofyll	19

## 1. INNLEDNING

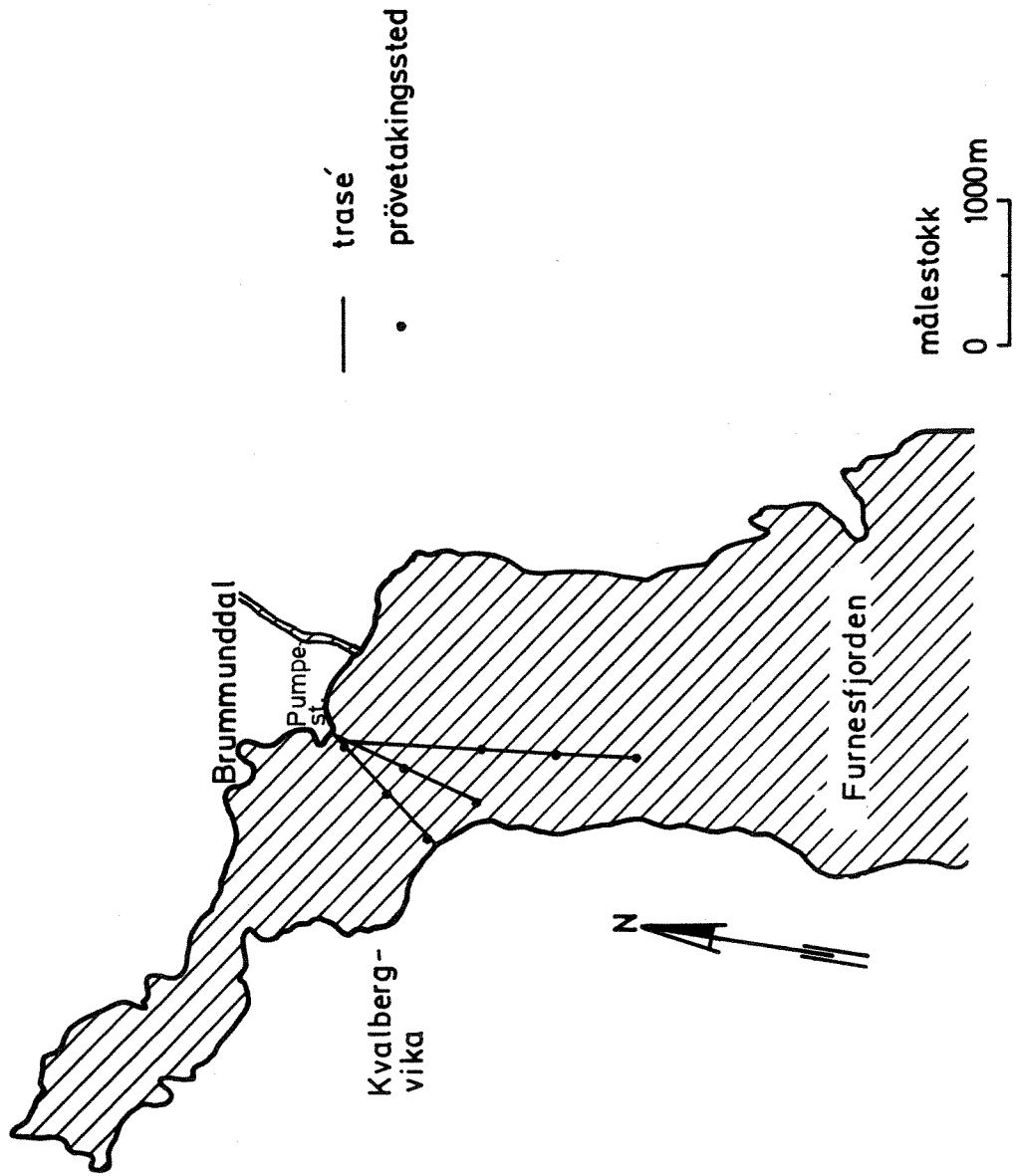
I brev av 20. juni 1978 henvendte Hedemark Tørrmelk ved Jan Bonden seg til NIVA om undersøkelser i tilknytning til flytting av inntakssted for fabrikkens vanninntak i Furnesfjorden. Følgende spørsmål ble stilt:

1. Hvor langt ut eller til hvilken posisjon i Furnesfjorden bør ledningen legges.
2. Hvilken dybde bør inntaksfilen ligge på.
3. Hvordan er bunnforholdene i den foreslåtte ledningstrasé.
4. Anvisning, opptegning av snitt med dybdeforhold i den foreslåtte ledningstrasé.

To mann fra NIVA samt to mann fra Hedemark Tørrmelk foretok 16. august 1978 innsamling av vannprøver og sedimentprøver samt ekkolodding langs tre traséer (figur 1).

Analyser av oksygen og klorofyll er utført ved NIVA. De øvrige parametre, bakterier,  $\text{KMnO}_4$ , organisk og uorganisk materiale, ble bestemt ved Hedemark Tørrmelks laboratorium.

Fig.1 Traseé for dybdemålinger og prøvetaking



## 2. GENERELLE TEMPERATUR- OG STRØMFORHOLD

### 2.1 Temperatur

Vannets vertikale temperaturfordeling har betydning for strømningsmønsteret. Figur 2 viser karakteristiske temperaturprofiler i løpet av en årssyklus ved Skreia i Mjøsa.

De homogene temperatur- og dertilhørende tetthetsforhold som forekommer i slutten av mai, fører til store vertikale strømningsbevegelser (vårsirkulasjon).

Varmetilførsel i løpet av sommeren forårsaker at sjøen deles inn i et øvre sjikt (epilimnion) med mindre tetthet enn de underliggende sjikt (hypolimnion). I overgangssonen mellom sjiktene (sprangsjiktet) motvirker de store tetthetsforskjellene en effektiv blanding av de to vannmassene, dvs. at oppløst stoff som tilføres epilimnion i stor grad vil forbli i dette sjiktet.

Avkjøling i løpet av høsten skaper igjen homogene forhold med tilhørende sirkulasjon i slutten av desember.

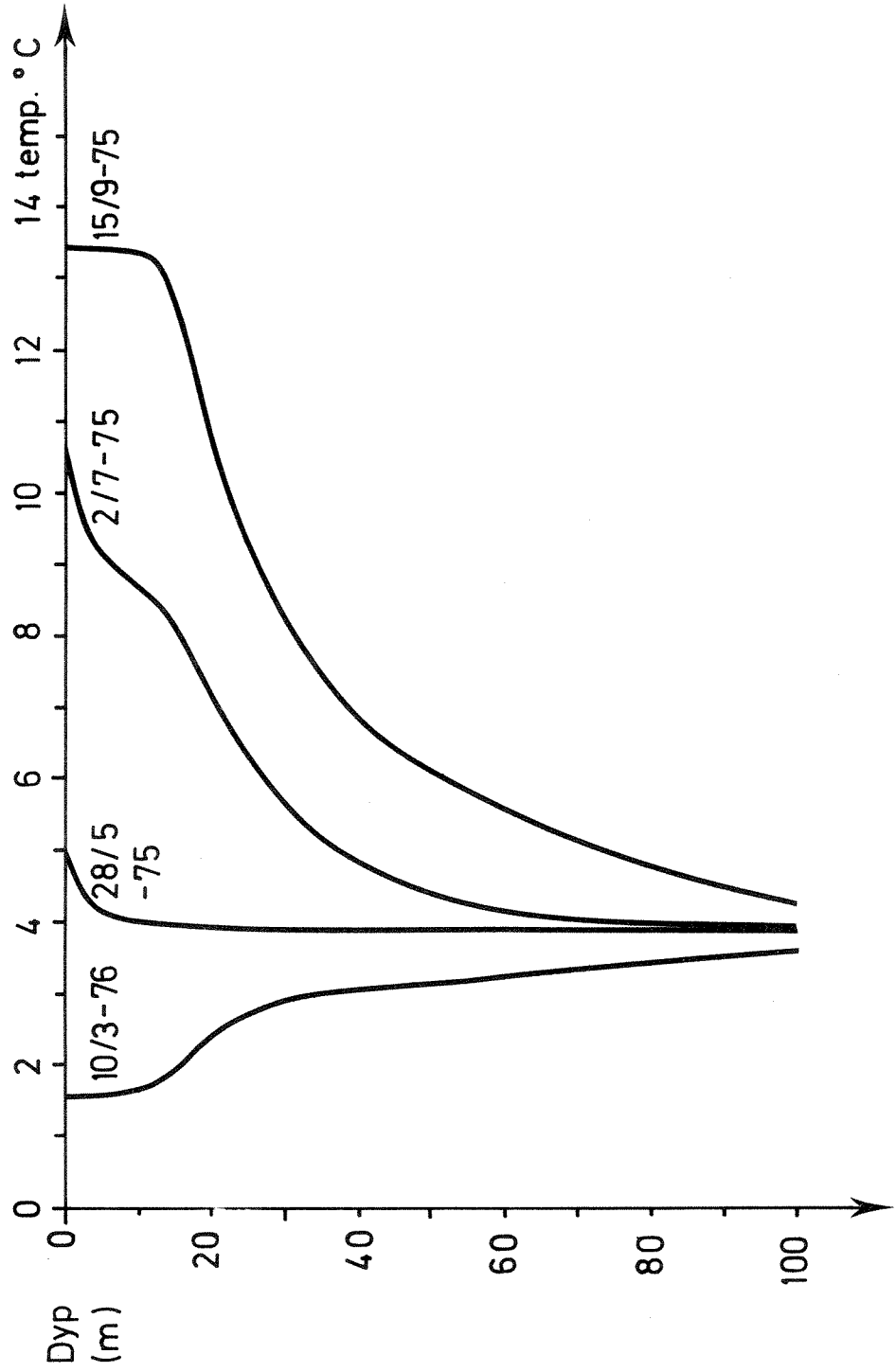
Vannet har maksimal tetthet ved 4 °C. Dermed vil avkjøling av overflate-sjiktet under denne grensen føre til en ny epi- og hypolimnioninndeling.

### 2.2 Strøm

#### 2.2.1 Seicher

Dersom vinden blåser over en lagdelt sjø, blir det øvre sjiktet ført i vindens retning. Overflaten blir noe skråstilt med stigning i vindretningen. Dette forårsaker en returstrøm i de dypere lag, slik at sprangsjiktet får en stigning i motsatt retning av overflaten. Når vinden slutter å blåse, oppstår stående bølgebevegelser i overflaten (ytre seicher) og i sprangsjiktet (indre seicher). De største strømhastighetene er forbundet med de indre seichene. Hastigheter på opp til 40 cm/s er blitt observert nær Hamar. I perioder hvor seichene er aktive, er disse

Fig 2 Karakteristiske temperaturprofiler ved ulike årstider  
(st. Skreia)



vesentlige for utskiftning av vannmasser og dertilhørende spredning av stoff. På grunn av relativt små dybder i Furnesfjorden, vil indre seicher trolig forårsake strømningsbevegelser helt ned til bunnen. Sedimentert barkslam vil f.eks. kunne bli spredd i Furnesfjordens lengderetning.

### 2.2.2 Vinddrevne strømmer

Det foreligger ingen observasjonsdata for strømforhold i Furnesfjorden. Imidlertid er strømningsmønsteret ved en gitt vindretning simulert med en matematisk modell (Tjomsland 1978).

Vinden kom fra sydost, dvs. innover langs Furnesfjorden. Ifølge meteorologiske observasjoner på Kise er dette den hyppigst forekomne vindretning. Overflatesjiktet beveget seg til høyre for vinden, på grunn av jordrotasjonen, mot Brumunddalsiden. Her dukket vannmassene, på grunn av økt trykk, ned. I mellomsjiktet strømmet så vannet på tvers av fjordretningen vekk fra Brumunddal. I bunnsjiktet foregikk en returstrøm utover fjorden. Langs vestre side av fjorden hadde vannet en oppadrettet bevegelse.

Selv om denne simulerte modellen bare gir det generelle bilde i grove trekk, mener vi at det kan tillegges betydning i en praktisk sammenheng.

Dette strømningsmønsteret vil føre oppløst stoff fra Brumunddalområdet på tvers og sydover av Furnesfjorden under overflatesjiktene. Stoff som er flytende vil samle seg nær utslippstedet. Videre vil sedimentert materiale som f.eks. barkslam ha en tendens til å bli ført utover Furnesfjorden. Mengden vil avhenge av strømningshastighetene og lar seg vanskelig kvantifisere.

Den nest mest hyppige vindretning er fra nordvest, dvs. utover langs Furnesfjorden. Med erfaring fra det omtalte simulerte strømningsmønster er det grunn til å tro at bevegelsesretningene i de ulike sjikt blir snudd i motsatt retning, dvs. at oppløst materiale som tilføres ved Brumunddal blir ført sydvestover mot den motsatte siden av Furnesfjorden. Lettbevegelige bunnsedimenter vil kunne bli ført i nordlig retning.

### 3. RESULTATER FRA PRØVETAKINGEN

Innsamling av materiale ble foretatt langs tre snitt (figur 1). Snittene starter ved Hedemark Tørrmelks pumpe-stasjon. Snitt 1 - 220 ° - peker mot gult hus ca. 50 m fra Stranda. Snitt 2 - 205 ° - peker mot et hus nord for dyrket mark (kornåker). Snitt 3 - 170 ° - peker mot Strandheim gård. Retningene er relatert til avlesning på et 360 graders kompass.

På prøvetakingsdagen blåste en svak vind fra vest.

#### 3.1 Dybdemålinger

Dybdemålingene ble foretatt med ekkolodd.

Snittenes storformer er karakterisert med rygger og dyprenner (figur 3). I området langs snitt 2 ca. 1000 m fra pumpe-stasjonen var det på ekkogrammet uregelmessigheter som kan tolkes som steiltstående brattkanter med høyder på opp til ca. 3 m. For øvrig viser målingene "glatte" nivåover-ganger.

Loddingene viser at bunnforholdene er langt mer varierte og med større maksimal dybde enn eksisterende kartmateriale viser.

#### 3.2 Sedimenter

Sedimentprøvene ble analysert på organisk og uorganisk materiale. Dette for å spore barkslam fra Berger Langmoens tømmerlagringsplass.

Innholdet av organisk materiale varierte mellom 14 % og 24 % (vektprosent) (figur 4). Dette vitner om høy belastning. I sentrale deler av Mjøsa finner man gjerne verdier i størrelsesorden 3 % - 4 %.

Det regionale variasjonsmønsteret viser ikke noen systematiske trender. De laveste verdiene av organisk materiale ble observert i snitt 3-1500 m og snitt 2-1000 m på henholdsvis 14 % og 17 %. Største verdi, 24 %, var ved snitt 1-1000 m, snitt 3-1000 m og 2000 m.



Fig. 3. Dybdemålinger med ekkolodd.

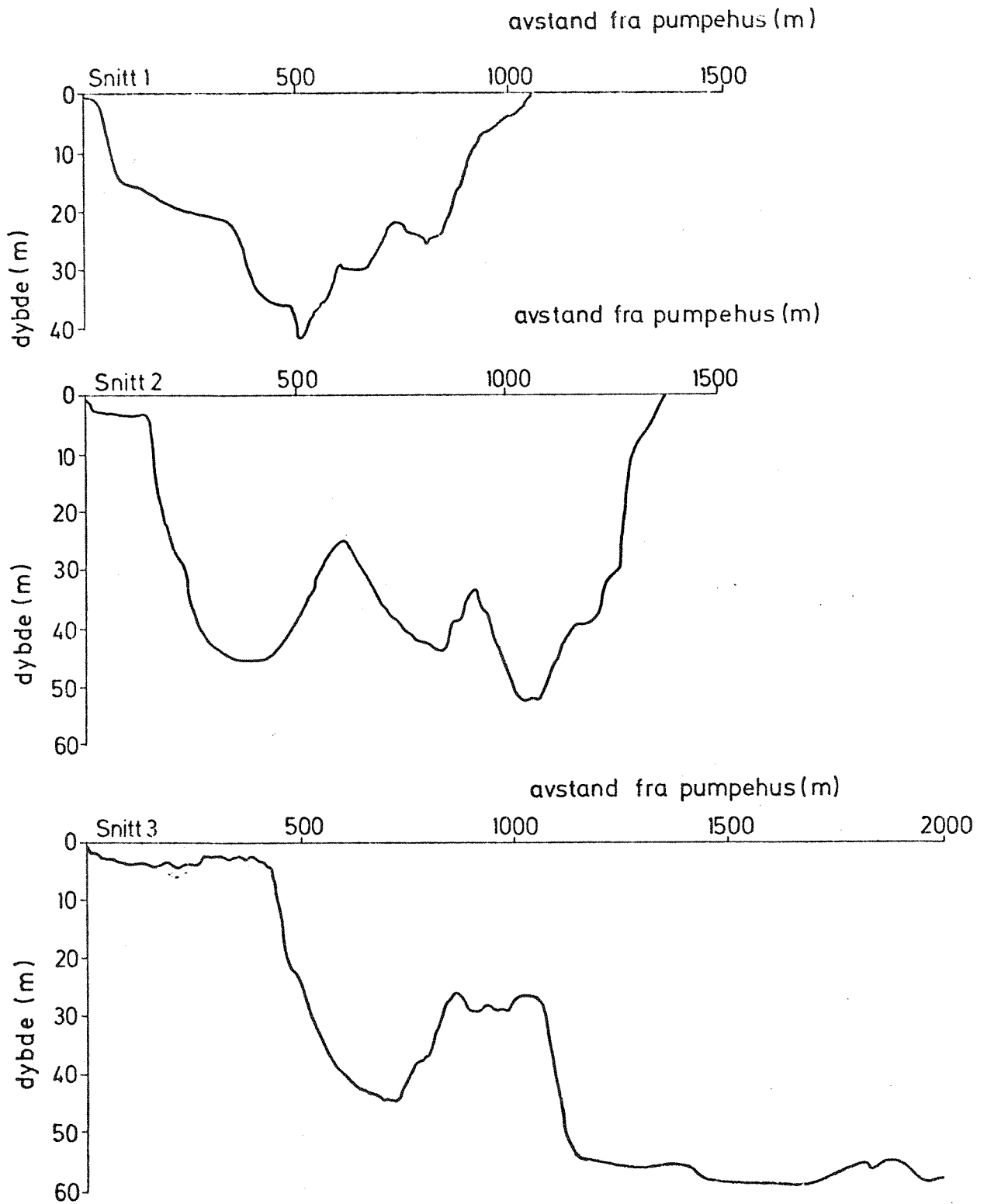
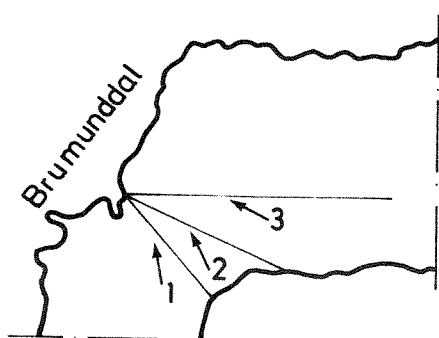
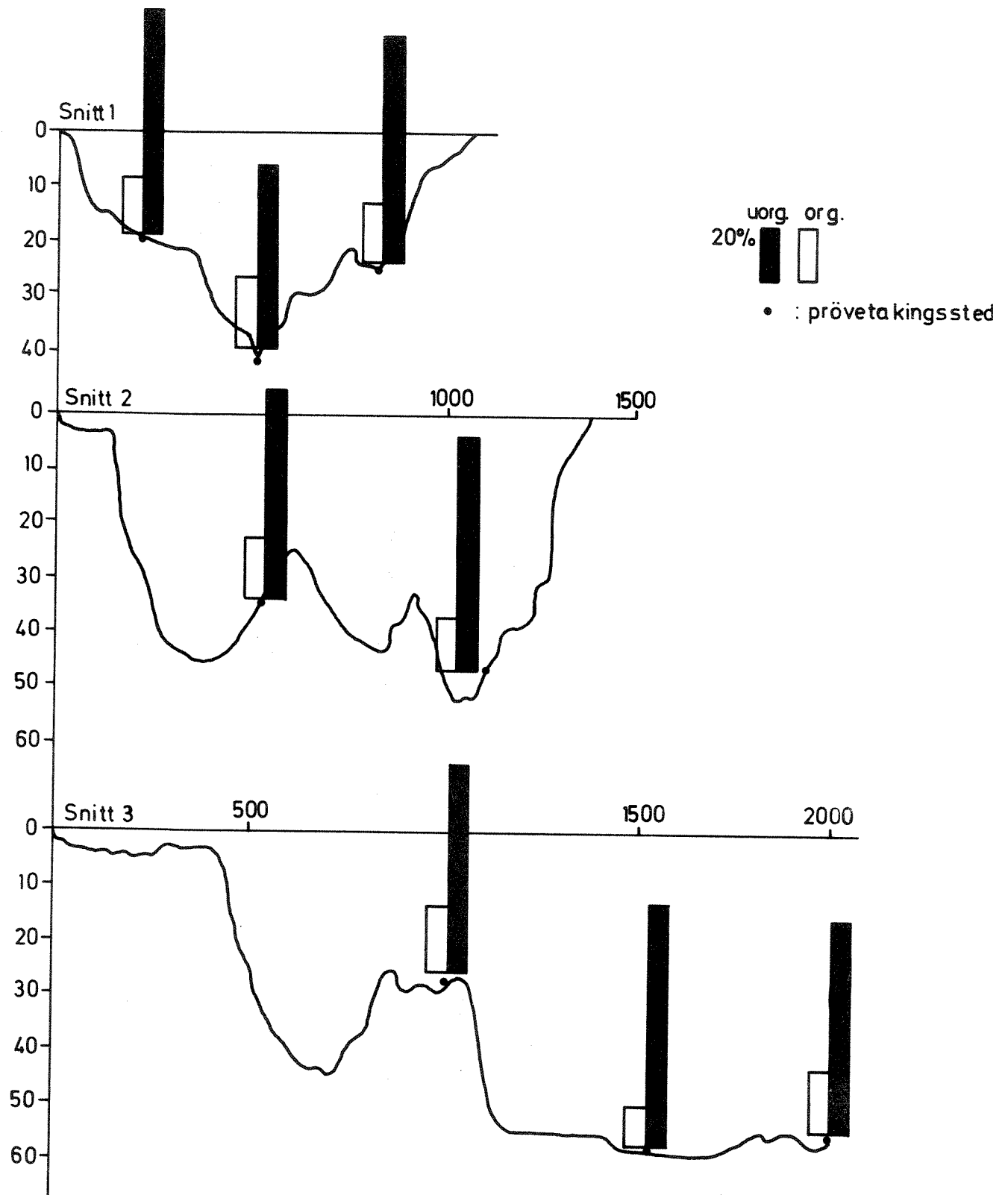


Fig. 4 Sedimenter  
Vektprosent organisk - og uorganisk materiale



Grunnen til at det ikke ble påvist noe systematisk mønster skyldes formodentlig at strømmene effektivt forflytter det lettbevegelige organiske materialet over et større område enn det observerte.

### 3.3 Vannkvalitet

#### 3.3.1 Kaliumpermanganat (KMnO<sub>4</sub>)

Kaliumpermanganatforbruket i en vannforekomst gir et relativt bilde av organisk substans.

På observasjonsdagen var verdiene for kaliumpermanganatforbruk overveiende mellom 11 mg/l og 14 mg/l (figur 5). Ingen typiske trender ble påvist.

I upåvirket vann er karakteristiske verdier mellom 0 mg/l og 10 mg/l, med de høyeste verdier i humuspåvirket vann. Vannet i Furnesfjorden var følgelig klart påvirket av organisk materiale. Imidlertid var konsentrasjonene lavere enn SIFFs krav til drikke- og industrivann (< 15 mg/l).

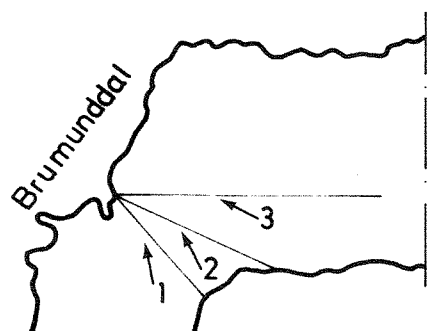
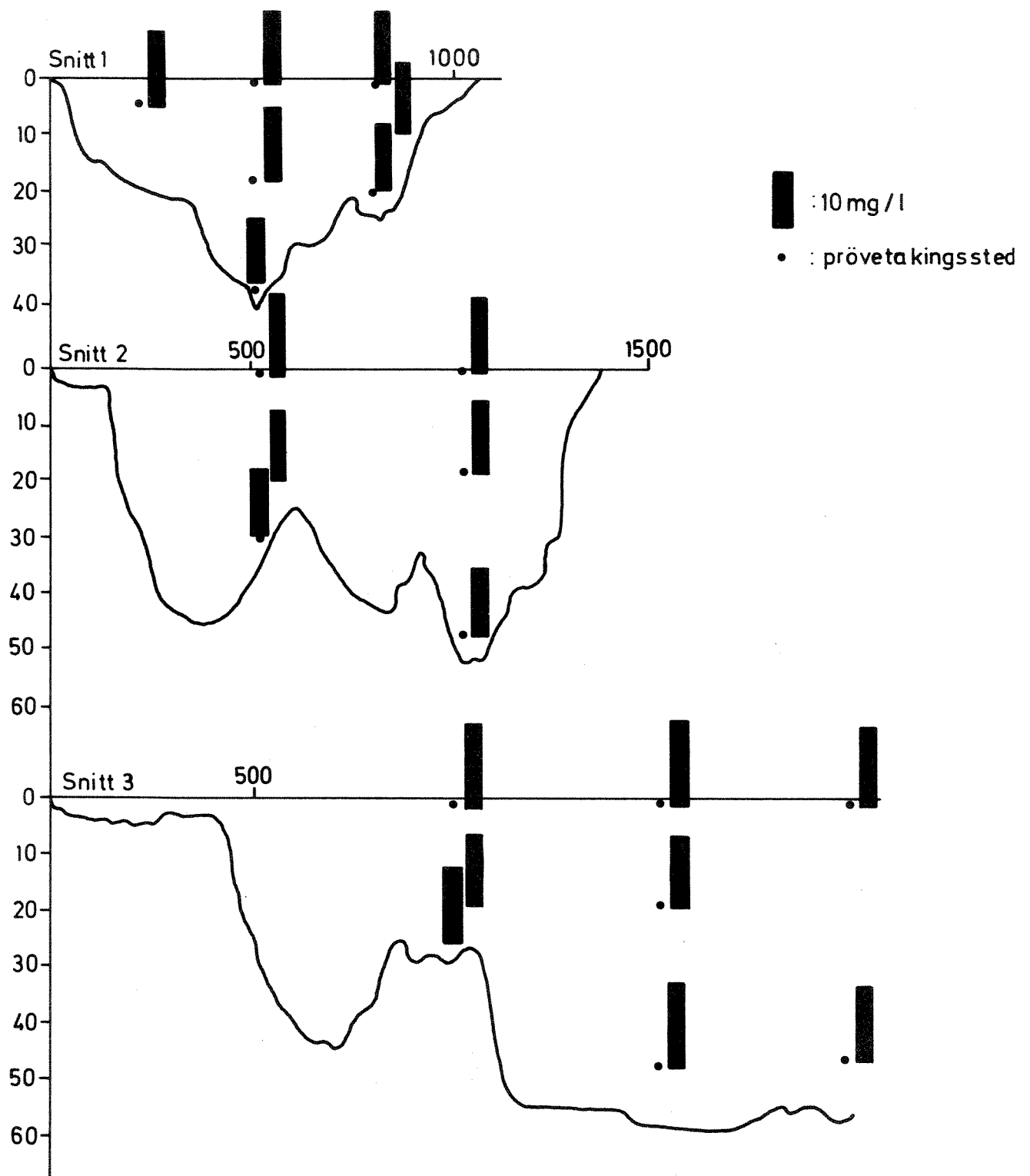
#### 3.3.2 Bakteriologiske forhold

Koliforme bakterier forekommer i tarmkanalen til varmblodige dyr og mennesker, samt i jord, gjødselstoffer o.l. (dyrket ved 37 °C). Kimtallet som er et mål for det totale antall bakterier i vannet eller indirekte et mål for lett nedbrytbart organisk stoff, innbefatter altså ved siden av koliforme, også andre bakterier. Det vil alltid være en viss konsentrasjon av naturlige bakterier i vannet, men dersom konsentrasjonen overstiger gitte verdier kan det tyde på ekstra tilførsel fra forurensning og/eller utvasking av jord.

Bakterieinnholdet i vannet brukes til å vurdere vannkvaliteten ut fra hygienisk synspunkt. Det er ved NIVA i samråd med SIFF brukt følgende vurderingskriterier basert på antall koliforme bakterier pr. 100 ml vann.

0 - 20	lite forurenset
20 - 100	moderat forurenset
100 - 500	betydelig forurenset
mer enn 500	sterkt forurenset

Fig. 5 Kaliumpermanganat (KMnO<sub>4</sub>)



På observasjonsdagen (figur 6) varierte antall koliforme bakterier pr. 100 ml fra registreringsgrensen på 2000 til 540. Belastningen var størst i overflatesjiktet: 0 - 10 m, men samtlige prøver må karakteriseres som sterkt forurenset.

Det samme forhold gjorde seg gjeldende for totalt antall bakterier (kimtall pr. ml). På observasjonsdagen var de høyest registrerte verdier i overflatelagene (mer enn 300 pr. ml) (figur 7). Konsentrasjonen avtok med dybde og avstand fra pumpehuset. Karakteristisk verdi var ca. 50 pr. ml.

Analyseresultatene bærer preg av den store tilførselen av forurenset kommunalt avløpsvann. Det høye bakterietallet er en klar indikasjon på fekal forurensning og må betraktes som hygienisk utilfredsstillende (dvs. risiko for forekomst av sykdomsfremkallende bakterier og virus samt egg av innvollparasitter). Vannet egner seg derfor ikke som drikkevann verken for dyr eller mennesker uten omfattende rensing. Dette er problemer Statens institutt for folkehelse må ta standpunkt til.

### 3.3.3 Oksygen

Oksygenforholdene i Furnesfjorden er behandlet i forbindelse med NIVAs undersøkelse av forurensningssituasjonen i Mjøsa (0-91/69).

Om sommeren er det i enkelte perioder en betydelig overmetning av oksygen i de øverste vannmasser (110-115 %). Dette har sammenheng med planteplanktonproduksjonen som ved oppbygging av organisk stoff av karbondioksyd ( $\text{CO}_2$ ), frigir oksygen. På grunn av nedbrytningsprosesser (frigivelse av  $\text{CO}_2$  og forbruk av  $\text{O}_2$ ) avtok oksygeninnholdet svakt mot dypet. I perioden 1972 - 1976 varierte oksygeninnholdet i dyplagene (50 - 80 m) mellom 80 - 90 % gjennom året, men det har ikke vært påvist noen systematisk variasjon med tiden. Imidlertid synes det alltid å være en avtakende tendens mot dypet. Figur 8 viser middelverdier i prosent metning (0 - 80 m) for de forskjellige serier tatt i 1974 - 1976. Samtlige ligger i området i underkant av 90 - 100 %.

Fig. 6 Koliforme bakterier.

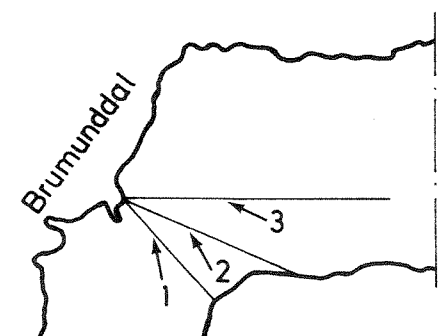
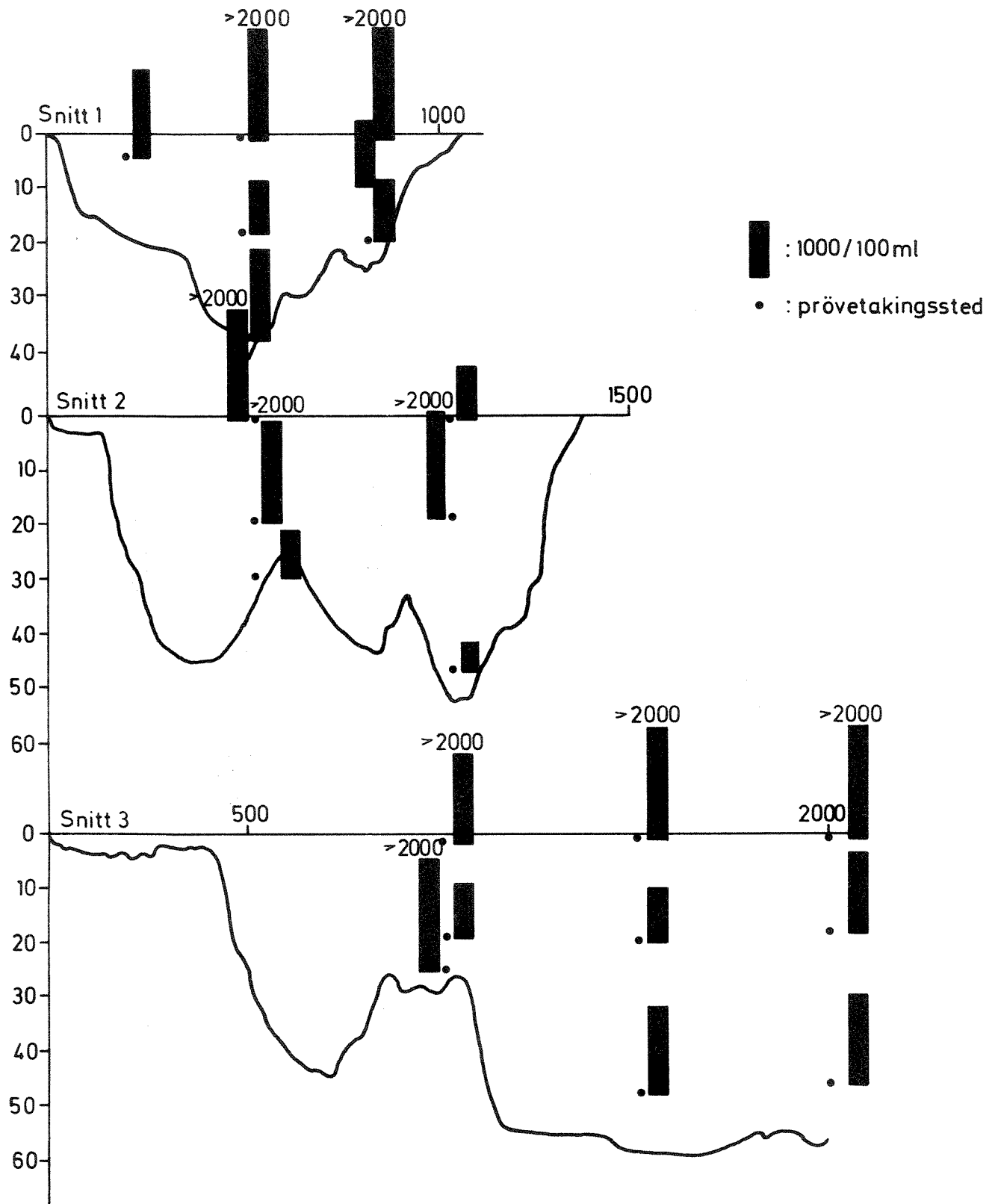
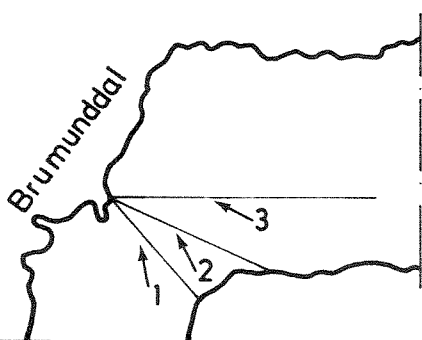
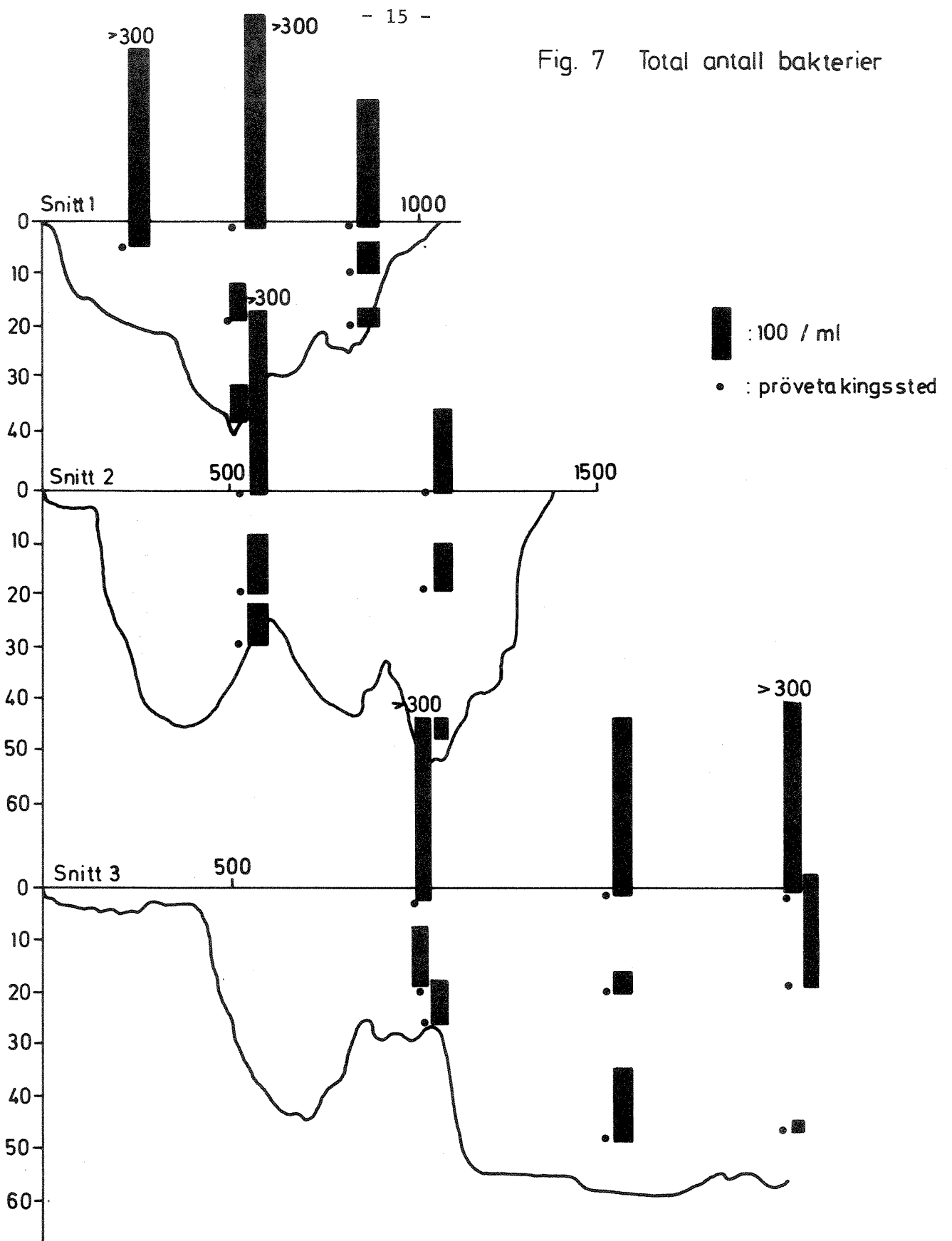


Fig. 7 Total antall bakterier



Oksygensituasjonen i Furnesfjorden på observasjonsdagen er illustrert i figur 9 og viser det samme variasjonsmønster som de tidligere målte verdier. I overflatelagene (1 m) varierte oksygeninnholdet fra 92,4 - 99,6 % metning. I dyplagene ble det registrert verdier mellom 81,8 % og 89,6 %.

Oksygenmetningen i Furnesfjorden er fortsatt tilfredsstillende høy i alle lag og til alle årstider. Den avtakende tendens mot dypet indikerer nedbrytning av organisk materiale nedover i vannmassene, noe som må ses i sammenheng med den store algeproduksjonen samt stor tilførsel av organisk materiale fra først og fremst industribedrifter i Brumunddal.

#### 3.3.4 Total klorofyll a

Klorofyllprøvene er avlest på fluorimeter etter metode beskrevet av Krogh 1976.

Klorofyll a er det viktigste pigment i algene som omdanner lysenergi til kjemisk energi under fotosyntesen. Klorofyllinnholdet i planteplanktonet influeres av lys, næringstilgang og artssammensetning.

Figur 8 viser variasjonene i vannets innhold av klorofyll a (blandprøver 0 - 10 m) i Furnesfjorden på prøvetakingsdagene i 1976 - 1977. De høyeste verdier med et totalt klorofyll-a-innhold på vel 10 µg chla/l ble notert i forbindelse med kiselalgeoppblomstring i slutten av juli 1976 og er den høyeste målte verdi i Mjøssammenheng.

Figur 10 viser de målte klorofyll-a-verdier på observasjonsdagen (23/8 d.å.). I overflatelagene (blandprøver 0 - 10 m) varierte klorofyll-a-innholdet mellom 3,7 - 4,4 µg chla/l, og er noe lavere enn middelverdien for vekstsesongen (mai - oktober) i Furnesfjorden 1976 (4,8 µg chla/l). I dypet hvor lys- og næringsforholdene er minimale, varierte klorofyllinnholdet fra 1,3 - 2,1 µg chla/l. Analyseresultatene viser ingen systematiske variasjoner mellom de 3 snittene.

Disse resultater viser at algeproduksjonen i det angjeldende område er høy. Med kunnskap fra NIVAs Mjøssprosjekt, vet vi også at på sensommeren (august-oktober) består algebiomassen i vesentlig grad av blågrønnalgen (*Oscillatoria*



Fig. 8 Furnesfjorden

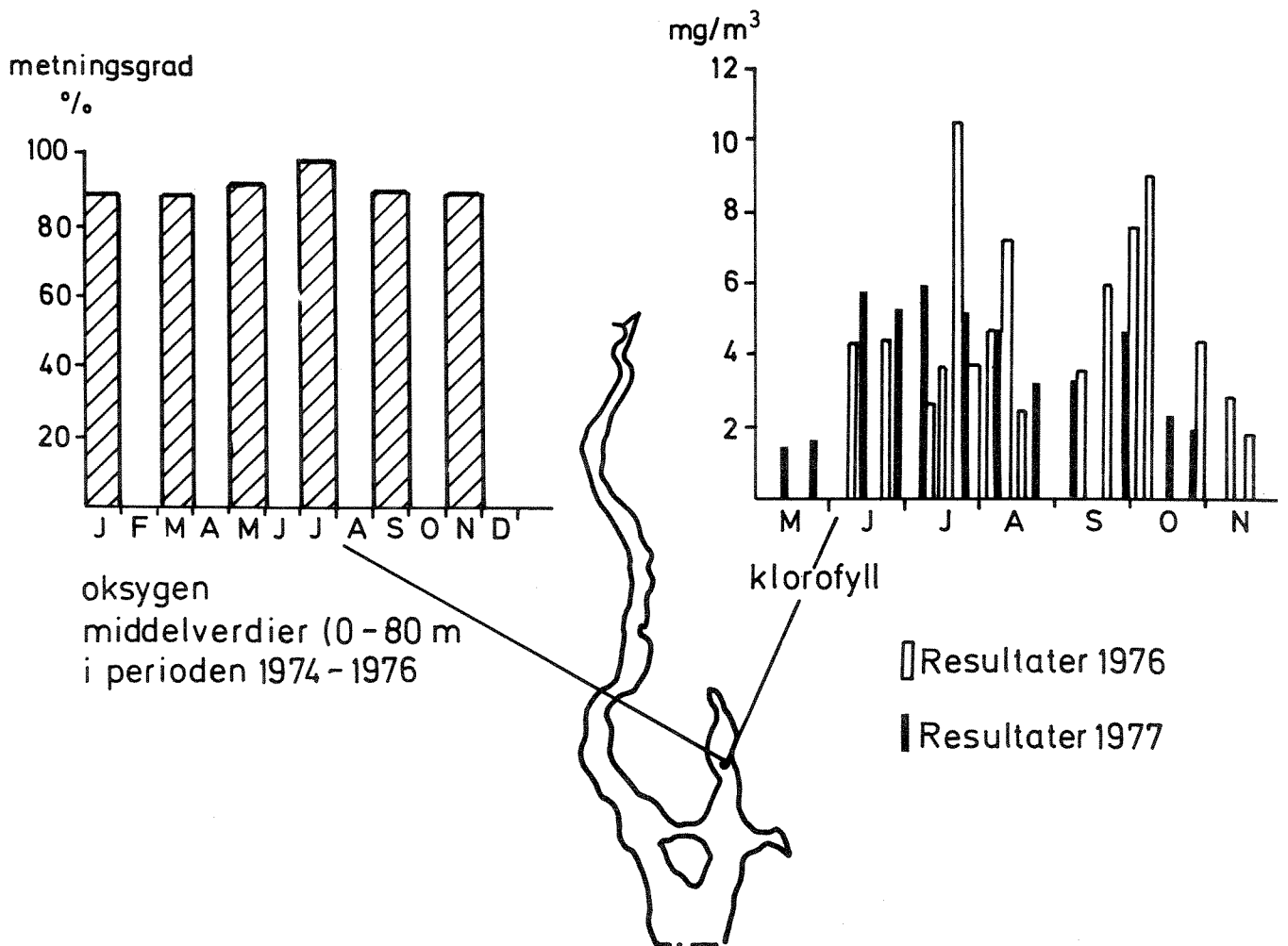


Fig. 9 Oksygen (O<sub>2</sub>) Prosent metning

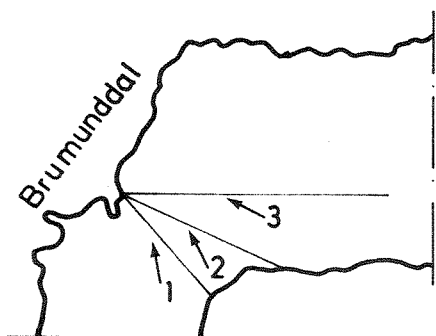
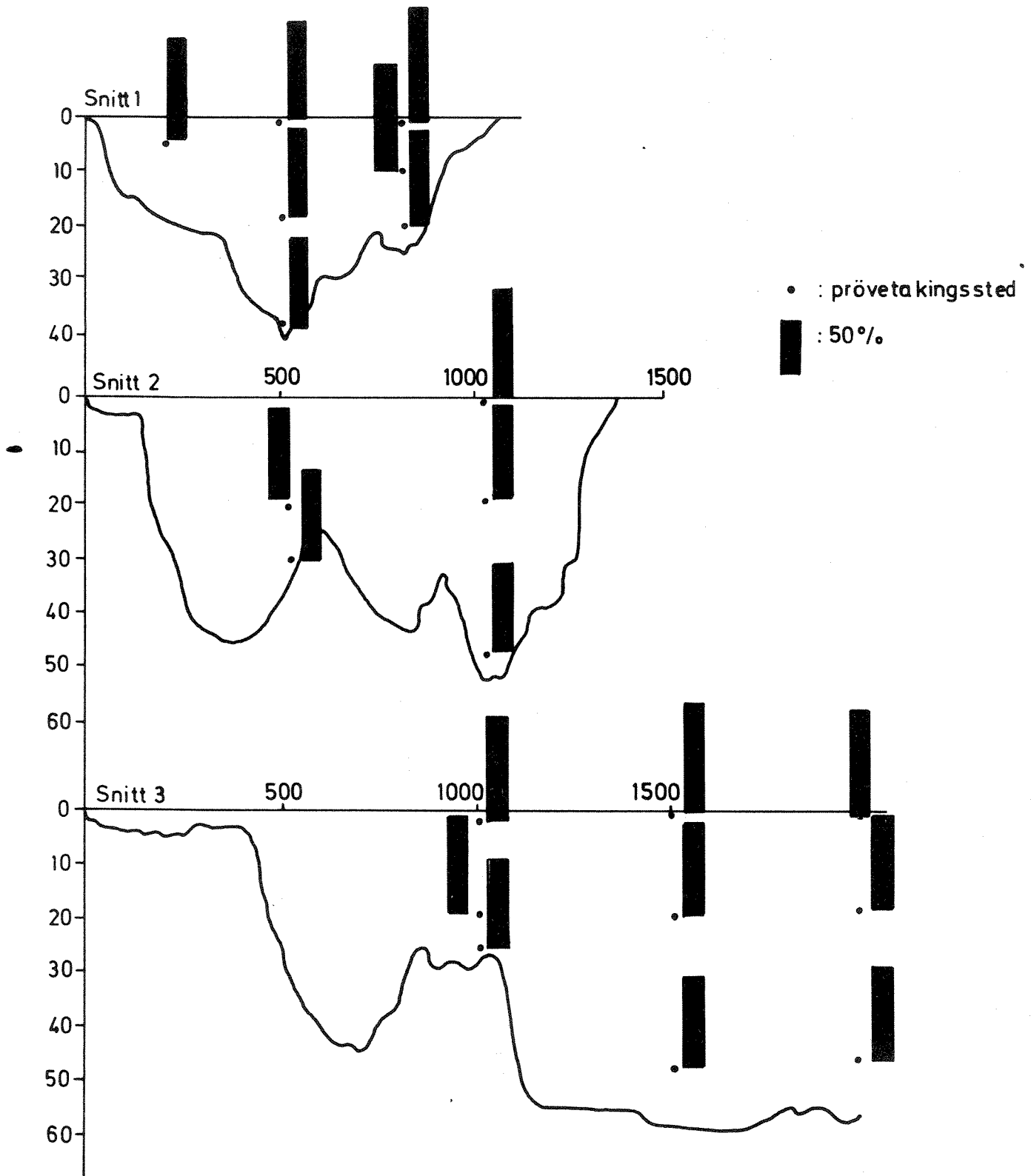
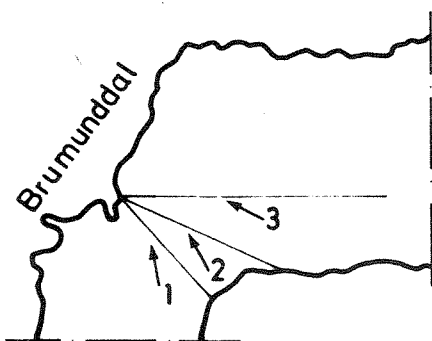
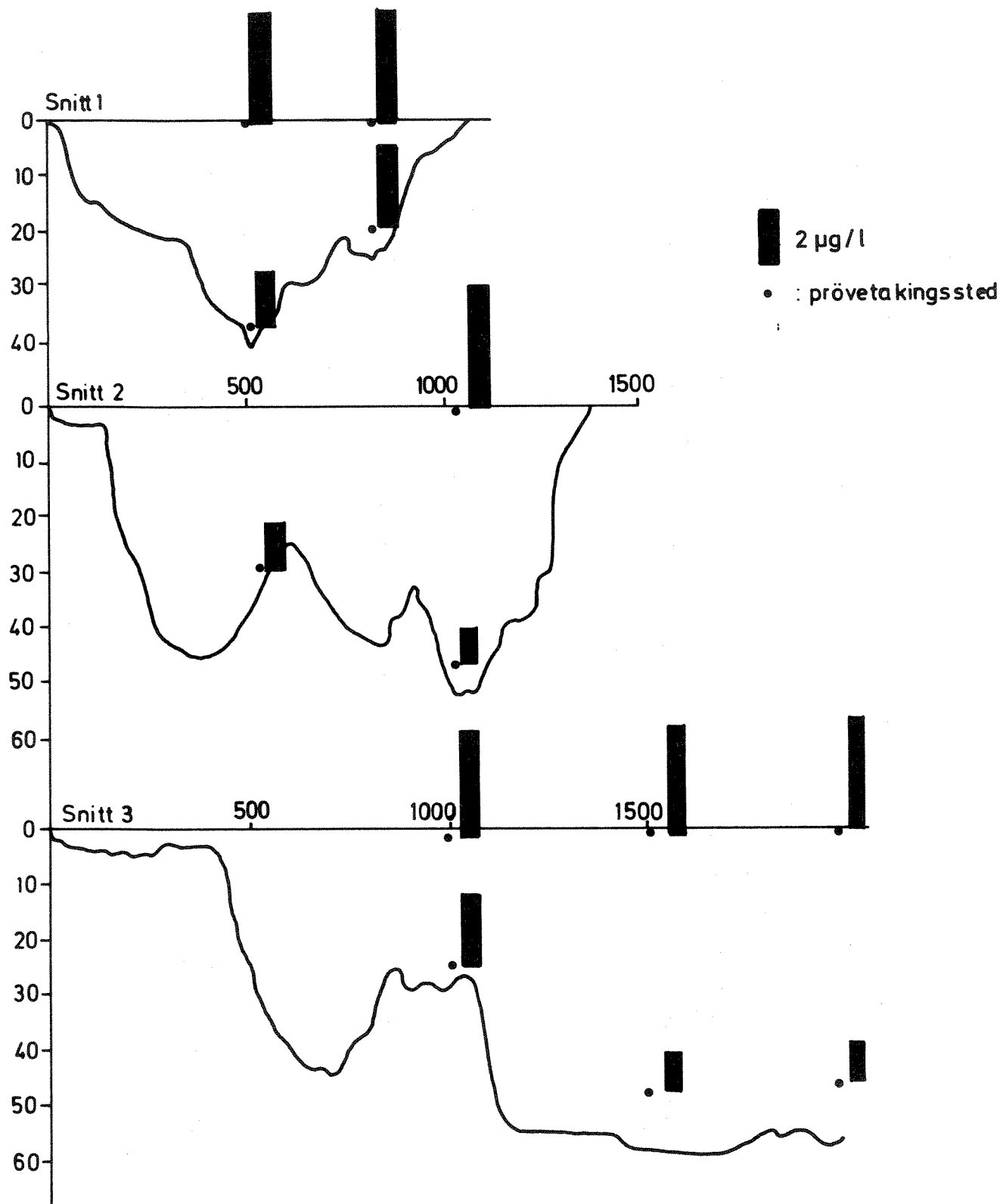


Fig 10 Klorofyll



*bornetii* f. *tenuis*) som bl.a. medfører ubehagelig lukt og smak i vannet. Selv ved et vanninntak under sprangsjiktet, vil man i dette område risikere slike ulemper særlig ut på høsten. I hvilken grad den pågående Mjøsaksjon vil redusere denne ulempe er det ennå for tidlig å si noe sikkert om. Observasjonsresultatene i forbindelse med NIVAs Mjøsprosjekt, synes imidlertid å tyde på en viss bedring i løpet av de 2 siste år hva algeproduksjon i Mjøsa angår.

#### 4. DISKUSJON

##### 4.1 Valg av inntakssted

Sedimentene har et meget høyt innhold av organisk materiale. Dette har en klar sammenheng med barkslam fra Berger Langmoens tømmerlagringsplass.

Det ble ikke påvist noen systematisk trend i sedimentenes innhold av organisk materiale. Grunnen er at det eksisterende strømsystem på en effektiv måte sprer det meget lettbevegelige organiske materialet innen det undersøkte området.

Av hensyn til sedimentene synes fordelene med plassering av vanninntak kun i liten grad å øke med avstanden fra tømmerlagringsplassen. Områder med høy belastning av organisk materiale vil formodentlig finnes ytterligere noen km utover fjorden (NIVA 1972).

Organisk materiale i sedimentene vil lett bli virvlet opp på grunn av strømminger i vannet. Disse strømminger kan være naturlige eller være forårsaket av pumpingen gjennom vanninntaket. Mengden av barkslam i vanninntaket vil følgelig reduseres med avstanden fra bunnen.

Vannkvaliteten i området tilfredsstiller ikke gjeldende krav til drikkevann (SIFF). Særlig innholdet av koliforme bakterier er høyt. I vekstsesongen vil algeveksten kunne medføre uønsket smak på vannet. De høyeste algekonsentrasjonene i Mjøsa er blitt observert i Furnesfjorden. Vannkvaliteten vil kun i liten grad øke med avstanden fra pumpehuset.

På observasjonsdagen var kvaliteten på vannet nær overflaten langt dårligere enn i mellom- og bunnsjiktet. En slik vertikal fordeling er karakterisert gjennom nesten hele året (NIVA 1972).

Generelt vil stoff tilføres innsjøen nær overflaten. På grunn av lys-tilgang og temperaturforhold er også algeveksten konsentrert til dette sjiktet. Tetthetsforskjellene mellom epilimnion (øvre sjikt) og hypolim-

nion (nedre sjikt) motvirker en effektiv vertikal blanding. Av hensyn til vannkvalitet er det derfor ønskelig å legge inntaksstedet for vanninntaket i hypolimnion, dvs. dypere enn 30 m er epilimnions maksimale tykkelse. Selv på dette dyp vil det periodevis kunne oppstå uheldige konsentrasjoner av alger m.m.

Plassering av inntaksstedet bør i vertikal retning være en kompromissløsning mellom krav til vannkvalitet og ønske om å unngå oppvirvlet slam fra bunnsedimentene. Inntaksstedet bør derfor legges på ca. 30 meters dyp. Dybden fra overflaten til bunn bør være størst mulig (minst 40 m). Med unntak av nærområdet til tømmerlagringsplassen synes den horisontale plasseringen av inntaket å ha underordnet betydning i forhold til den vertikale.

Langs de oppmålte snittene vil følgende steder ha dybder over 40 m.

Snitt 1 - omkr. 500 m

Snitt 2 - 350 m - 450 m, omkr. 850 m, 1000 m - 1200 m

Snitt 3 - 600 m - 750 m, > 1150 m

Kun snitt 3 - > 1150 m har dybder over 50 m.

Snitt 3, ca. 1150 m fra pumpehuset og ca. 30 m fra overflaten, er ifølge de forannevnte kriterier det beste alternativet for plassering av inntaket.

Øvrige alternativer er de resterende områder med dyp på ca. 40 m. Man vil her i større grad måtte renonsere på de generelle krav til vannkvalitet og tilgang på barkslam. Hvor stor forskjellen blir mellom "50 meters alternativet" og "40 meters alternativet" er det ikke mulig å gi et kvantivisert mål for på grunnlag av denne undersøkelsen.

Inntakssted på de grunne områdene (mindre enn 30 m) må antas å medføre langt dårligere vannkvalitet og økt tilgang på barkslam.

#### 4.2 Konklusjon

1. Vannet i undersøkelsesområdet egner seg ikke til drikkevann uten en omfattende rensing ifølge de kvalitetskrav som er gitt av Statens institutt for Folkehelse (SIFF).
2. Uansett alternativ kan man ikke være garantert å unngå problemer med barksлам, algevekst m.m.
3. Valg av inntakssted:

Det er ønskelig å legge inntaksstedet dypere enn epilimnions største dyp (ca. 30 m). Den videre avstand til bunnen har en viss utstrekning (f.eks. 20 m).

Ifølge våre målinger vil det beste inntaksstedet være snitt 3 - ca. 1100 m - 1200 m fra pumpehuset på ca. 30 meters dyp. Totaldybden er her ca. 50 m.

Nest beste alternativer vil være områder med dybder på ca. 40 m (figur 3). Inntaksstedet bør også her ligge på ca. 30 meters dyp. Ved dette alternativet må en regne med noe større tilgang av oppvirvlet barksлам fra sedimentene.

Mer detaljerte dybdemålinger vil være til hjelp for å bestemme den endelige plassering.

5. REFERANSER

- Krogh, T. 1976: Klorofyllanalyse ved NIVA, D2-25  
Norsk institutt for vannforskning.
- NIVA 1972: Mjøsprosjektet, Fremdriftsrapport nr. 3 A,  
Norsk institutt for vannforskning, O-91/69.
- Tjomsland, T. 1978: Simulering av strømninger i Mjøsa med en tredimen-  
sjonal matematisk modell, A2-24.  
Norsk institutt for vannforskning.