



0-93210

Vurdering av  
tidligere undersøkelser  
i Holsfjorden

sett i relasjon til inntaksdyp for

Asker og Bærum  
Vannverk

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: 93210	Undernr.:
Løpenr.: 3011	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b> Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	<b>Vestlandsavdelingen</b> Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel:  Vurdering av tidligere undersøkelser i Holsfjorden sett i relasjon til inntaksdyp for Asker og Bærum Vannverk	Dato: 16. febr.	Trykket: NIVA 1994
Forfatter(e):  Dag Berge	Faggruppe: Vassdrag	Geografisk område: Buskerud/Akershus
	Antall sider: 31	Opplag: 50

Oppdragsgiver: Asker og Bærum Vannverk	Oppdragsg. ref.: Dag Norum
---	-------------------------------

**Ekstrakt:**  
Flytting av vanninntaket nordover mot Skaret vil gi bedret råvannskvalitet både med hensyn til bakterier og turbiditet. Senking av inntaket på Toverud til 100 m vil gi bedret bakteriesituasjon, mens turbiditeten vil bare bli svakt bedret. Fargen vil ikke bli påvirket. Det synes ikke være noe særlig poeng å senke inntaket dypere enn 100 m. Hvorvidt bedringen i råvannskvalitet står i noe rimelig forhold til investeringen tiltaket vil innebære, er ikke vurdert her.

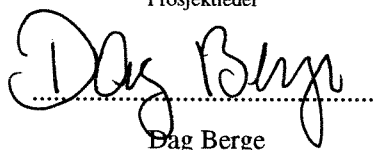
4 emneord, norske

1. Vannforsyning
2. Inntaksdyp
3. Inntakssted
4. Tyrifjorden(Holsfjorden)

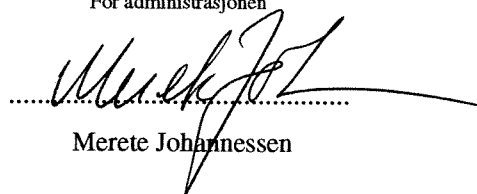
4 emneord, engelske

1. Drinking water supply
2. Intake depth
3. Intake location
4. Lake Tyrifjord (Holsfjorden)

Prosjektleder

  
Dag Berge

For administrasjonen

  
Merete Johannessen

ISBN-82-577-2452-1

Norsk institutt for vannforskning

Oslo

O-93210

**Vurdering av tidligere undersøkelser**

**i  
HOLSFJORDEN**

**sett i relasjon til**

**INNTAKSDYP for ASKER og BÆRUM VANNVERK**

Oslo 15/2-94

Saksbehandler: Dag Berge

## FORORD

Rapporten gir en vurdering av hvilke bedringer av råvannskvalitet som kan oppnås ved Asker og Bærum Vannverk i Holsfjorden, ved å senke inntaket til dypere vann, eventuelt også å flytte det nordover i retning Skaret.

Oppdragsgiver er Asker og Bærum Vannverk ved overing. Dag Norum.

Materialet som er benyttet er fra NIVA's og SIFF's tidligere undersøkelser. Et stort arbeid har vært nedlagt for å gjenfinne SIFF's store datamateriale fra slutten av 1970-åra (Tyrifjordundersøkelsen). Dette viste seg å være langt vanskeligere enn antatt, og daværende leder for SIFF's delprosjekt i Tyrifjordundersøkelsene, Jan Riise (nå Enco A/S), ble engasjert til arbeidet. Det var imidlertid ikke så mye som var bevart av SIFF's bakteriologiske datamateriale, og kun en liten del kunne nyttes til kvantitative sammenlikninger for vårt formål. Enco's bidrag forøvrig er tatt inn i vedlegg i sin helhet.

Prosjektleder har vært forskningssjef Dag Berge, NIVA, som også har sammenstilt materialet og skrevet rapporten.

## INNHOLDSFORTEGNELSE

KONKLUSJON.....	4
INNLEDNING.....	5
SJIKTNING OG SIRKULASJON I STORE INNSJØER .....	5
Generelt.....	5
Sjiktningens relevans for inntaksdyp.....	6
STRØM OG SPREDNING I STORE INNSJØER.....	7
Generelt.....	7
Strøm og spredningens relevans for drikkevanninntakets plassering. ....	7
Vind og strøms innvirkning på sjiktningforhold. ....	11
NÆRMERE ANALYSE AV VANNINNTAKETS Plassering .....	11
Turbiditet.....	12
Farge .....	13
Koliforme bakterier.....	14
SIFF'S BAKTERIOLOGISKE UNDERSØKELSER I TYRIFJORDEN FRA 1975-1980 .....	15
LITTERATUR .....	17
VEDLEGG - PRIMÆRDATA.....	18

## **KONKLUSJON**

På bakgrunn av det foreliggende materiale synes følgende konklusjoner å kunne trekkes:

*Flytting av inntaket nordover mot Skaret vil gi bedret råvannskvalitet både med hensyn til bakterier og turbiditet. Senking av inntaket på Toverud til 100 m vil gi bedret bakteriesituasjon, mens turbiditeten vil bare bli svakt bedret. Således ville en flytting og senking være det beste. Å gå noe særlig dypere enn 100 m synes ikke å være noe poeng. Fargen vil ikke bli påvirket.*

Imidlertid skal det presiseres at det innsamlede materialet ikke er samlet inn med foreliggende problemstilling for øyet, og bare delvis er egnet til den foretatte analyse. Før man går inn for en så stor teknisk og økonomisk investering som å flytte/senke drikkevannsinntaket, burde det vært foretatt en systematisk innsamling av prøver over en periode på minst ett år på 50 m dyp og 100 m dyp ved 2-3 stasjoner fra Toverud og nordover til Skaret.

## **INNLEDNING**

Bakrunnen for oppdraget er gitt i det følgende: Siden Asker og Bærum Vannverks (ABV) inntak fra Holsfjorden ble satt i drift i mai 1985 er det blitt registrert en viss variasjon i vannkvalitet over året og også variasjoner som må skyldes andre forhold enn typiske årstidsvariasjoner. Vannkvalitetsvariasjonene gjelder først og fremst farge, turbiditet og termotolerante bakterier. I periodene med dårligst vannkvalitet overskrides Folkehelsas norm for god vannkvalitet mht. turbiditet og farge.

Dagens inntak ligger på 50 m dyp ved Toverud i Holsfjorden. Det finnes termotolerante bakterier i råvannet ved Toverud hovedsaklig ved vår- og høstsirkulasjon og i vinterperioden. De siste årene har Holsfjorden ikke vært islagt om vinteren. Turbiditeten har variert fra 0.1-1.3 FTU og filtrert farge fra 8-17 mg Pt/l. Temperaturen på råvannet varierer over året mellom ca 3.5 og 6 °C.

Vannverket vil vurdere flytting av eksisterende inntak eller etablering av et dypere inntak dersom det er sannsynlig at vi da unngår periodene med dårligst vannkvalitet basert på ovennevnte parametre, uten at verdien på andre parametre forverres.

For å danne grunnlag for en beslutning om en sådann endring av inntakssted/dyp er NIVA bedt om å gjøre en analyse av de eldre eksisterende data tatt fra ulike dyp og steder i Holsfjorden for å se hvor stor bedring av råvannet som kan oppnås.

## **SJIKTNING OG SIRKULASJON I STORE INNSJØER**

### **Generelt**

Holsfjorden utgjøres av den søndre armen av Tyrifjorden som strekker seg nedover mot Sylling. Selve Holsfjordbassenget strekker seg imidlertid helt nord til Skjærdalen. Bunnen er her nokså flat og dypet på denne 30 km lange strekningen varierer innen rammen av ca  $285 \pm 5$  m. Om vannstanden i Tyrifjorden hadde vært senket 50 m, ville det vært tilbake en dyp smal fjordsjø fra Sylling i Syd til Skjærdalen i Nord som fortsatt ville vært 230 m dyp.

Fra midten av juni til begynnelsen av november er innsjøen sjiktet. Sola varmer opp overflatevannet, og vinden blander dette inn i de øverste 15 metrene. Resten av innsjøen inneholder kaldt vann. Det varme overflatevannet, hvori alle forurensede utslipp munner ut, er lettere enn det kalde bunnvannet og blir liggende som et lokk over de store vannmassene i dypet. Dypvannet er således beskyttet mot en lang rekke forurensninger.

Utover ettersommeren og høsten avkjøles overflatevannet igjen og tetthetsforskjellen mellom overflatelegget og bunnelaget blir mindre. Det sirkulerende overflatelaget blir tykkere og temperatursprangsjiktet blir presset dypere ned. Når overflatetemperaturen når 4 °C, hvorved vann har maksimal tetthet, blir alt vann i innsjøen like tungt og vannmassene blandes helt til bunns. På fagspråket sies det at fullsirkulasjonen har inntrådt. I Tyrifjorden skjer dette i november, i enkelte år først i desember.

I store, dype innsjøer som Tyrifjorden kan denne sirkulasjonen vare lenge, i milde vintre hele

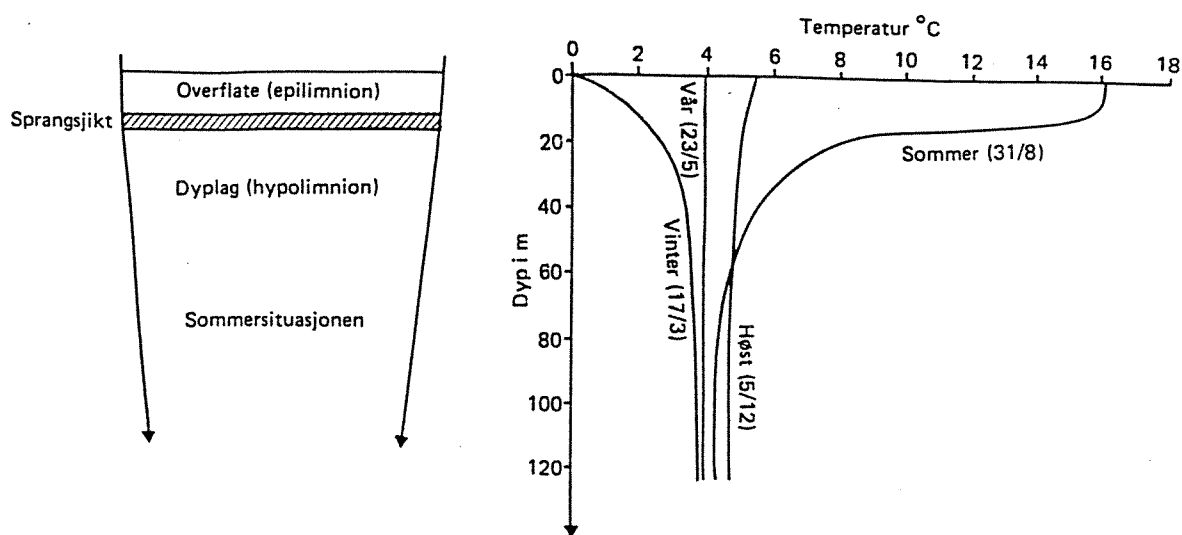
vinteren i gjennom. Det vanlige er imidlertid at det inntreffer kuldeperioder hvor overflatevannet blir ytterligere avkjølet under 4 °C. Overflatevannet blir da igjen lettere og blir liggende som et lokk oppå dypvannet. Når overflatenedkjølingen når 0°C, islegges vannet. De vinddrevne strømmene i innsjøen opphører da fullstendig.

Når isen smelter om våren og solen varmer opp overflatevannet, vil igjen innsjøvannet sirkulere når temperaturen nærmer seg 4°C. Fig.1 viser typiske temperaturkurver fra dype innsjøer ved ulike årstider.

## Sjiktningens relevans for inntaksdyp

Forurensninger som kommer via elver, bekker, eller sigevann, og de aller fleste direktutslipp munner ut i overflatelaget i innsjøen. I perioder hvor innsjøen er sjiktet, er således dypvannsinntak godt beskyttet mot forurensning. Forurensningene må sedimentere for å nå inntaksdypet. Mange forurensninger sedimenterer ikke, andre blir spist opp av innsjøens mikroorganismer, noen dør naturlig, osv. De forurensningene som sedimenterer bli i tillegg ovennevnte prosesser utsatt for stor fortykning i dypvannet.

På bakgrunn av dette kan det se ut som om det er om å gjøre å ha inntaket så dypt som mulig, i allefall godt under sprangsjiktets beliggenhet. I mange innsjøer får man oksygenproblemer mot slutten av stagnasjonsperiodene hvis inntaket plasseres for dypt. Dette er tilfellet hvis dypvannet er av liten utstrekning samt at dypvannet belastes med organisk materiale enten fra sedimenterende alger, eller humustilførsel, ol. Dette er tilfellet for ABV's anlegg i Aurevann. I Tyrifjorden er dypvannet flere hundre meter i vertikal utstrekning og inneholder så store oksygenreserver at det er mer enn nok til å omsette det organiske materialet som måtte sedimentere eller blandes inn på annen måte. Oksygenproblemer vil derfor ikke kunne oppstå i Tyrifjordens dypvann når forurensningstilførslene tas så godt hånd om som i dag.



Figur 1 Typiske temperaturkurver i store dype innsjøer.



## **STRØM OG SPREDNING I STORE INNSJØER**

### **Generelt**

I store innsjøer som Tyrifjorden skjer det i den sommersjiktete perioden omfattende horisontal transport av forurensninger som følge av vindgenererte strømmer. Vinden skyver overflatevannet i vindretningen. Det blir da for mye vann i innsjøens pålandsende, og da vannoverflaten alltid vil tendere til horisontal stilling, vil det dannes motgående strømmer dypere nede. Disse returstrømmene plasserer seg i temperaturspransjiktet. Disse strømmene vil kunne transportere forurensninger over store avstander.

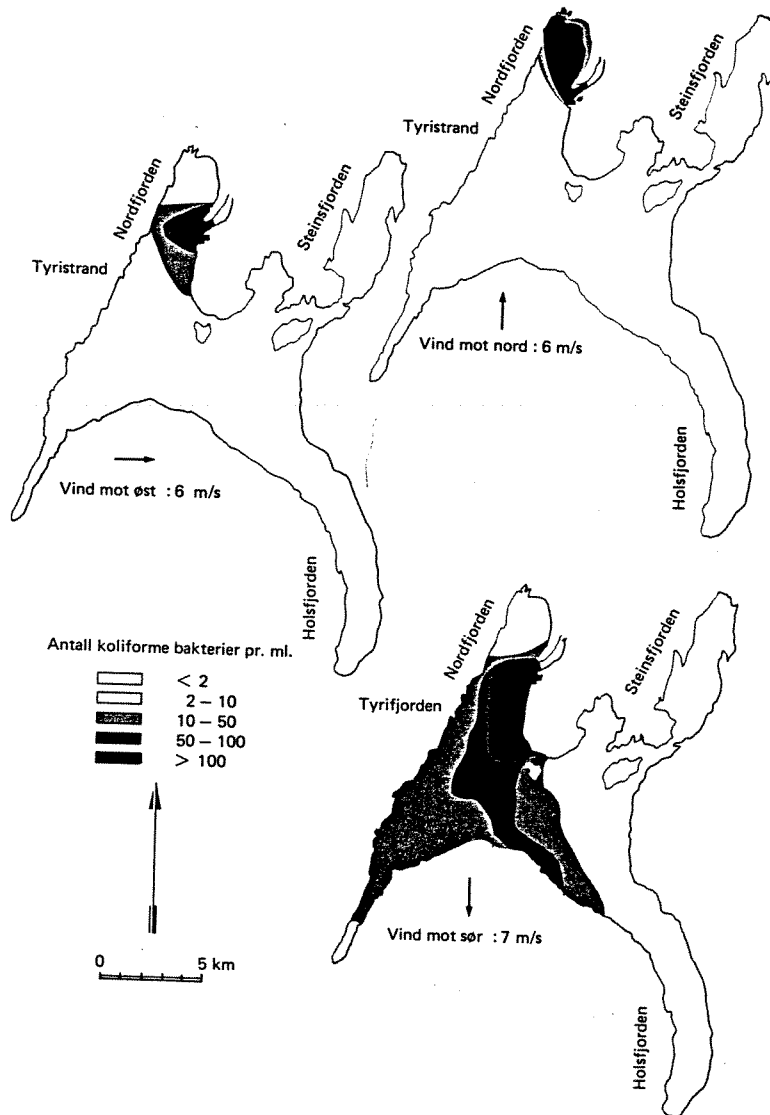
Når innsjøen er islagt om vinteren vil det selvsagt ikke være vindgenererte strømmer. Strømmene er da kun generert av innløps- og utløps elver.

I sirkulasjonsperiodene dannes det lite horisontale strømmer, mens vindens arbeid brukes til å blande vannmassene i alle sjikt.

### **Strøm og spredningens relevans for drikkevanninntakets plassering.**

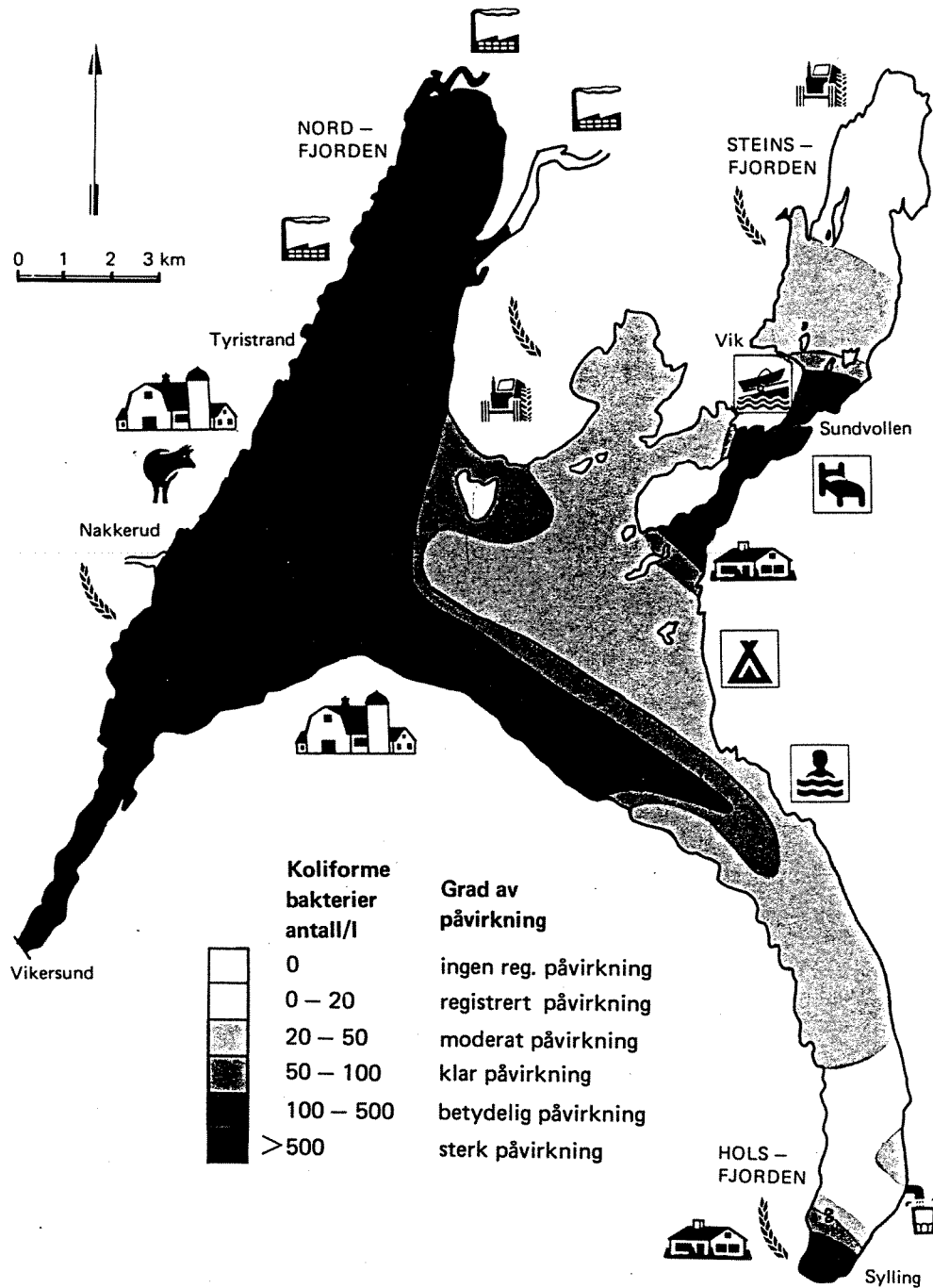
Strøm og spredningsforholdene i Tyrifjorden ble undersøkt meget grundig under Tyrifjordundersøkelsen som pågikk med praktiske undersøkelser fra 1978-1981. Det ble da f.eks. klarlagt at bakterieforurensning fra Hønefossområdet påvirket hele området fra Ask til Vikersund både sommer som vinter. Så langt ned i Holsfjorden som til Toverud kunne imidlertid ikke den bakterielle forurensningen fra de nordre deler av fjorden transporteres kfr. Berge og Tjomsland (1983).

Imidlertid kunne bakteriell forurensning fra Svangstrandsområdet i Sylling lett transporteres til Toverud. Dette ble vist både ved modellberegninger og praktiske målinger. Fig.2 og 3 viser dette.



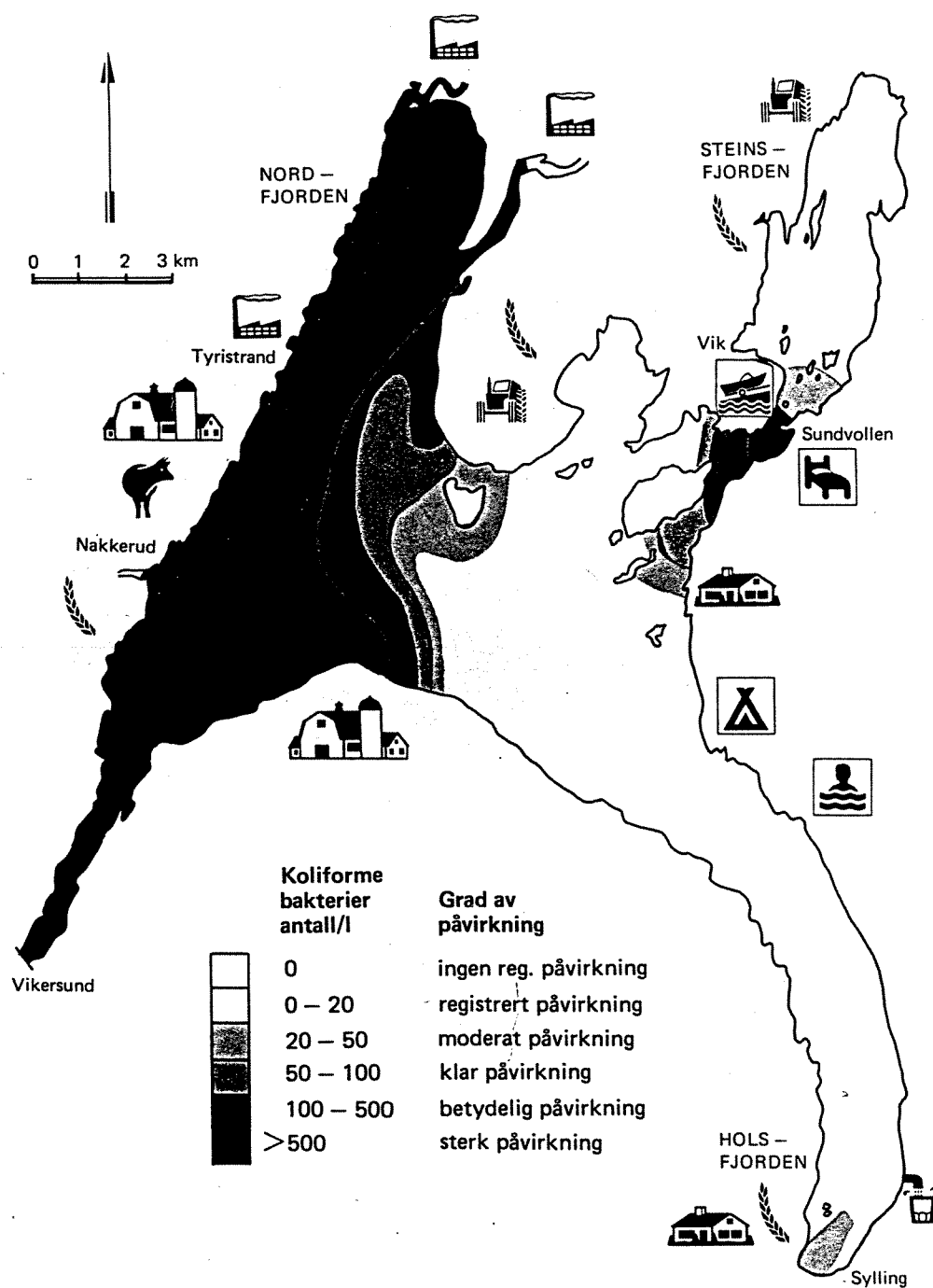
Figur 2

Beregnet spredning av koliforme bakterier fra Hønefossområdet (kommer med Storelva) ved forskjellige vindretninger ved sommersjiktet vannmasse (0-12m). (Berge og Tjomsland 1983).



Figur 3

Målt spredning av koliforme bakterier (0-30m) ved sommersjiktet vannmasse 8. og 9. sept. 1980 (Riise og Solberg 1983).



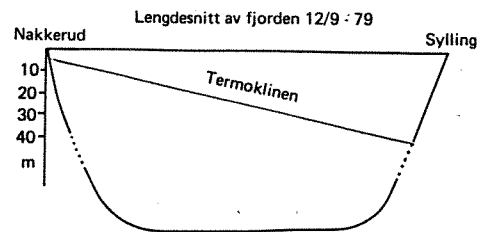
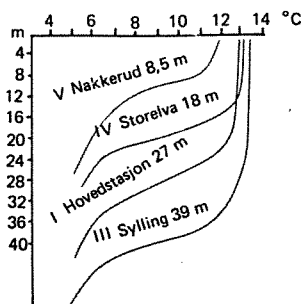
Figur 4 Målt spredning av koliforme bakterier under vårsirkulasjonen 28. mai 1980 (Riise og Solberg 1983).

Ut fra disse figurene kan det se ut som om ABV's inntak kunne ha vært plassert noe lenger nord enn ved Toverud. Dette kommer vi tiltake til.

## Vind og strøms innvirkning på sjiktningforhold.

Tyrifjordens form gjør at under nordavind vil mye vann skyves nedover i Holsfjorden. Man kan få strømhastigheter opp i en halv meter per sekund. Overflatevannet blir stuet opp inne i Sylling og temperatursprangsjiktet blir stående skrått langs fjorden. Fig.5 viser en slik situasjon med nordavind.

Temperaturkurver ved de angitte stasjoner 12/9 - 79



Figur 5      Temperatursprangsjiktets stilling etter vedvarende nordavind. Situasjonsbilde fra 12/9-79 (Berge og Tjomsland 1983).

Sprangsjiktet ligger på ca 4m i nordenden av fjorden og 40 m i sydenden. I en slik periode dykker vannet ned innerst i Sylling (downwelling), tar med seg forurensninger og går nordover igjen langs sprangsjiktet, som da nærmest ligger i inntaksdypet til ABV. De største problemene med hensyn til å få bakterier fra Sylling inn i drikkevannsinntaket vil oppstå i sept/oktober under slike situasjoner. I så henseende vil det i teorien være gunstig å flytte vanninntaket lenger nord og til dypere vann.

### Nærmere analyse av vanninntakets plassering

Rent teoretisk ser det fra det ovenstående ut til at det vil være gunstig å legge inntaket lenger nord opp mot Skaret, og på dypere vann enn dagens nivå på 50 m. Spørsmålet er imidlertid hvor mye bedre vann vil man da kunne forvente. Blir bedringen kun beskjedent vil trolig ikke den store investeringen en slik flytting vil medføre kunne forsvares.

Primærdatamaterialet fra de bakteriologiske undersøkelsene som ble foretatt av SIFF i forbindelse med Tyrifjordundersøkelsen er dessverre ikke utgitt, og saksbehandlerne som hadde saken i SIFF har sluttet. Det har derfor ikke vært mulig å få disse data tilgjengelig for denne analysen. De fleste undersøkelser i Tyrifjorden som omfatter dypvannsprøver er fra den såkalte hovedstasjonen sentralt i innsjøen, dvs midtfjords rett syd for Frognøya som er utenfor det

aktuelle området.

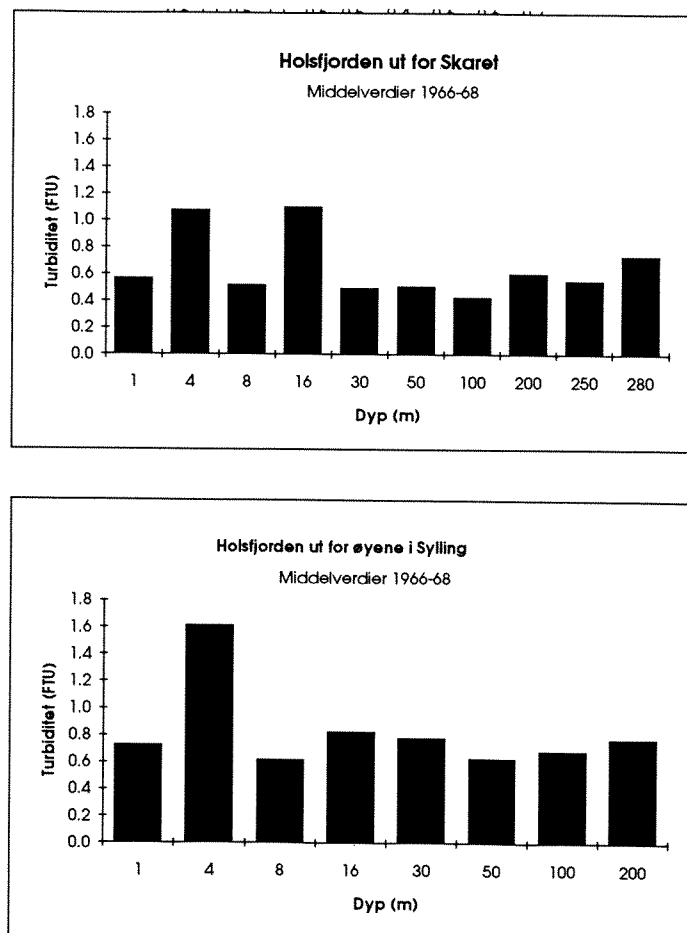
Det eneste materialet vi har funnet velegnet til en slik analyse er NIVA's undersøkelse fra 1966-68 (Holtan 1970). Her ble det tatt vertikale prøveserier fra topp til bunn ved 5 stasjoner. Stasjon 1 er Holsfjorden utenfor Skaret, dvs noen km nord for Toverud og stasjon 2 er Holsfjorden utenfor øyene i Sylling, dvs. like syd for Toverud.

Analysen går ut på å sammenlike analyseresultater fra ulike dyp ved de 2 stasjoner for de parametre som det her var snakk om, turbiditet, koliforme bakterier og farge for derigjennom å få et inntrykk av hva man kan oppnå av vannkvalitetsforbedring ved å flytte inntaket nordover og/eller til dypere vann.

### Turbiditet.

Turbiditet er et inndirekte mål på vannets innhold av partikler. Partiklene som gjør seg gjeldene så langt inne i Holsfjorden kommer enten fra alger (overflatelagene) eller resusperdert bunnslam revet løs av strømmer og bølger.

Fig.6 viser gjennomsnittlig turbiditet ved ulike dyp ved de to stasjoner. Tilhørende tabeller (Vedlegg) viser enkeltresultater. Ved begge stasjoner har man lavest turbiditet ved 50-100 m dyp. Det er noe lavere turbiditet ved Skaret enn ved Sylling, med midlere turbiditet på hhv. 0.6 og 0.8 FTU.



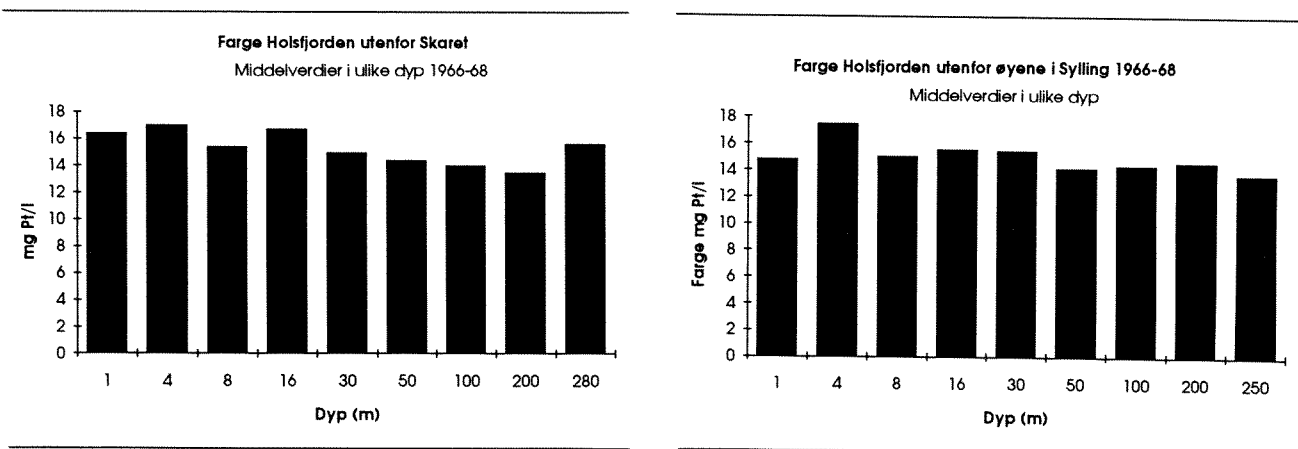
Figur 6 Turbiditet ved 2 stasjoner i Holsfjorden i ulike dyp (etter Holtan 1970).

Ved de største dyp, dvs 200 m og mer, ser det ut til å skje en økning av turbiditeten igjen, selv om denne er nokså liten. Imidlertid har vi erfaring fra at det aller dypeste bunnvannet i Tyrifjorden kan være meget turbid, trolig som følge av utrast materiale. I 1979, mens vi holdt på med den store Tyrifjordundersøkelsen, skjedde det en kraftig tilgrumsing av dypvannet Berge 1983. Effekten gjorde seg gjeldende fra 200m og ned til største dyp og det tok mer enn ett år før effekten var borte. Materialet var leirslam og det fordelte seg jevnt langs hele innsjøbassenget. Da tilgrumsingen var på det verste var turbiditeten på 275m (dvs. 10m over bunnen) på hele 28 FTU, 6 FTU på 250 m og 1 på 200 m.

Ved dykking i forbindelse med fotografering av bunnvegetasjon er det observert klar strømslitasje i bunnsedimentet i Sylling helt ned mot 30m dyp, og det er helt tydelig at det kan være meget kraftige returstrømmer under perioder hvor nordavinden presser overflatevannmassene ned mot Svangstrand. Disse strømmene river med seg nysedimentert materiale og transporterer det ut mot drikkevannsinntaket ved Toverud. Dette er nokså sikkert mekanismen bak den høyere turbiditeten ved Sylling enn ved Skaret i fig.6.

## Farge

Den andre parameteren som trekkes fram i prosjektbestillingen er farge. Farge i innsjøer skyldes i hovedsak humusstoffer tilført fra nedbørfeltet. Fargen brytes sakte ned i innsjøer, både mikrobielt og ved foto-oksydasjon. I fig.7 er fargen i Holsfjorden ved ulike dyp fremstilt ved stasjonen ved Sylling og stasjonen ved Skaret.

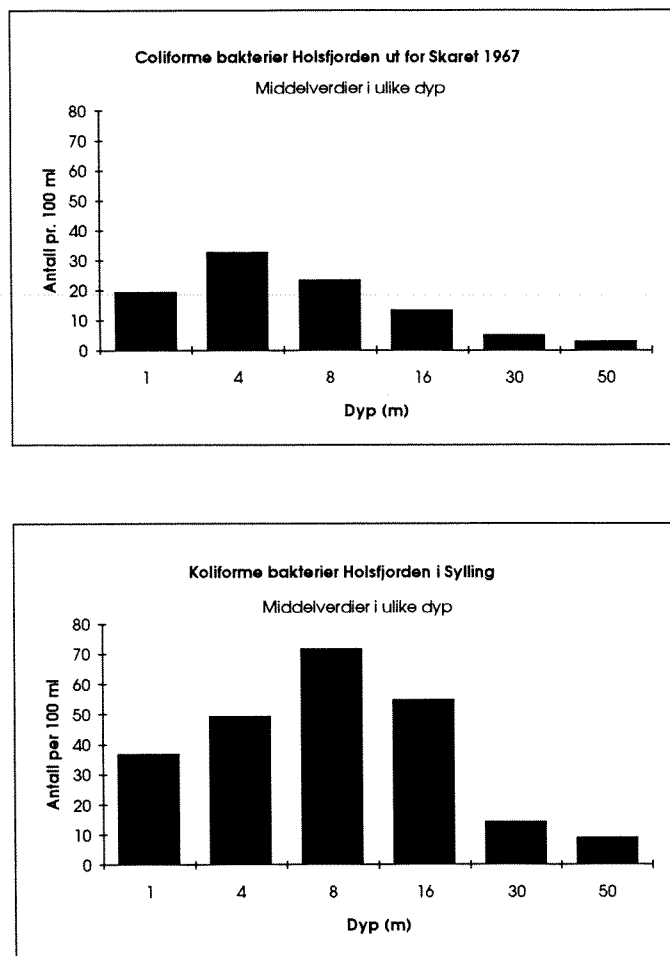


Figur 7 Farge ved ulike dyp ved 2 stasjoner i Holsfjorden (etter Holtan 1970).

Det er ingen forskjell mellom de 2 stasjonene og intet entydig avtak mot dypet. Med hensyn til farge synes det derfor ikke å være noe poeng å flytte inntaket hverken nordover eller dypere.

### Koliforme bakterier.

I materialet fra 1966-68 (Holtan 1970) er det analysert på total koliforme bakterier, som dels kan komme fra naturlige kilder, men de fleste kommer fra kloakkutslipp. Det samme gjelder resultatene fra Tyrifjordundersøkelsen. Ved begge disse undersøkelsene fant vi klart flere bakterier ved Sylling enn ute ved Skaret. se fig.3, og fig.8.



Figur 8 Koliforme bakterier ved ulike dyp ved 2 stasjoner i Holsfjorden (etter Holtan 1970).

I perioden 1966-68 var midlere konsentrasjon av koliforme bakterier ved Syllingstasjonen 43 pr. 100 ml, mens den var bare 17 pr. 100 ml ved Skaret. Ved 50 m var konsentrasjonen 9 ved Sylling og 3 ved Skaret. Vi må forvente at forskjellen mht. innhold av termotollerante koliforme bakterier er noenlunde den samme. Det har vært en reduksjon i utslipp fra Svangstrand siden de



ovennevnte undersøkelser ble foretatt, men det synes nokså klart at man kan oppnå en bedring på råvannet ved å flytte inntaket nordover mot Skaret.

Dypere enn 50 m ble det ikke analysert på bakterier, men ved å se på kurveforløpet i fig.8 synes det også nokså klart at man vil få en bedring ved å gå dypere med inntaket. Dette gjelder i allefall hvis man skal beholde inntaket ved Toverud. Bedringen med økende dyp er størst fra 8m og ned til 30m hvoretter kurven flater betydelig ut. Dette indikerer at man ved å gå ned til 100m's dyp ved Toverud fortsatt vil kunne ha koliforme bakterier i råvannet om enn bare svært få. Periodene hvor dette inntreffer vil imidlertid bli kortere og færre. I perioder med nordavind under begynnende høstsirkulasjon, med skråstilt termoklin og nordgående dypvannsstrømmer, vil man få transportert bakterier fra Sylling opp til Toverud på samme måte som nå, men tidsrommet hvor dette kan skje vil bli snevret inn betydelig. Så langt som opp til Skaret er det lite trolig at denne transporten vil nå.

### **SIFF'S BAKTERIOLOGISKE UNDERSØKELSER I TYRIFJORDEN FRA 1975-1980**

Statens Institutt for Folkehelse (SIFF) gjorde undersøkelser på 75 stasjoner i Tyrifjorden fra 1975 til 1980. Prøver ble tatt 2 ganger pr. år fra overflaten og helt ned til 100 m. De som ledet undersøkelsene, Jan Riise (nå Enco A/S) og Harald Solberg (nå SFT), sluttet imidlertid før undersøkelsene var avsluttet og noen ordentlig rapport ble aldri skrevet, med unntak av fra det første året. Ellers er det eneste som ble rapportert det som er presentert i Tyrifjordundersøkelsens sluttrapport, og som er gjengitt i figur 3 og 4.

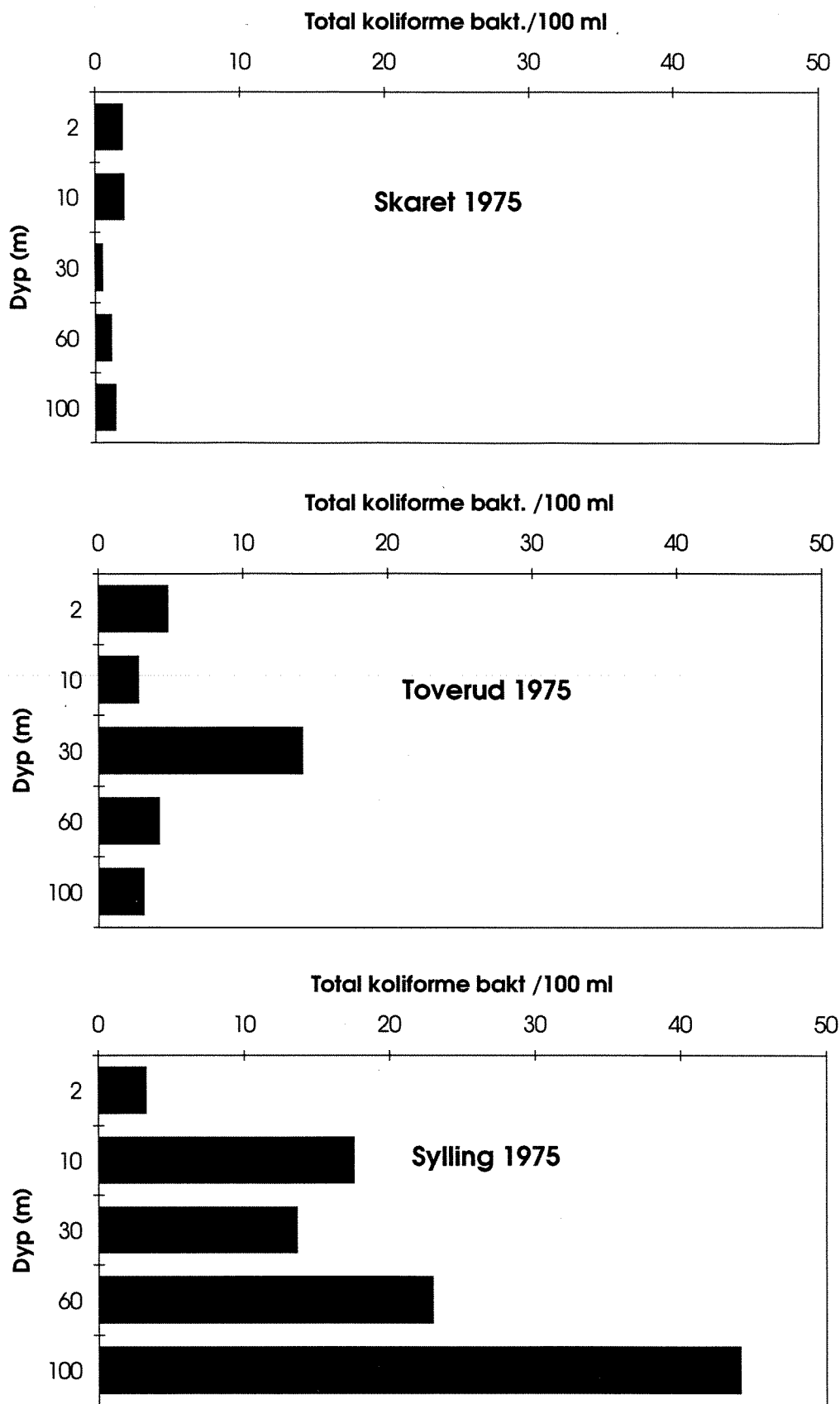
Etter at SIFF meddelte at de ikke kunne greie å finne fram primærdataene fra de store bakteriologiske undersøkelsene i 1970-åra, engasjerte vi Jan Riise fra Enco til å gå inn i SIFF's arkiver for å prøve å få fatt i dette viktige materialet. Resultatet var imidlertid nokså begrenset. Materialet var høyst trolig kastet. Noe ble imidlertid funnet, og det meste av det er tatt inn i vedlegg bak i rapporten.

Materialet kan bare i begrenset grad nyttes til problemstillingen i denne rapporten, nemlig å vurdere nytten av å flytte inntaket. I så måte er det bare materialet fra 1975 som vi har kunnet anvende. Dette fordi resultatene fra de andre år er gitt som intervaller både mht bakterier og dyp, f.eks. i dypdeintervallet 0-50m var det fra 1-10 bakterier.

I figur 9 har vi fremstilt middelverdiene i ulike dyp fra stasjonene utenfor de 3 områdene, Sylling, Toverud og Skaret, mht. total koliforme bakterier.

Resultatene viser helt klart den lokale påvirkningen av vannmassene utenfor Sylling. Interessant er det å se de økte bakterietallene man her fant mot dypet, noe som helt sikkert er et resultat av såkalt "down-welling" drevet av vindoppstuing av vann i sydenden av Holsfjorden ved nordavind. Ut mot Skaret avtar bakteriemengden betydelig.

Disse prøvene er tatt dels under vårsirkulasjon og sen sommerstagnasjon, noe som gjør at det er liten forskjell i bakteriekonsentrasjonen med økende dyp ute ved Skaret. Toppen man har på 30 m dyp ved Toverud, er trolig innlagring av norgående strøm som tar med seg forurenset vann fra Sylling.



Figur 9

Middelverdier av total koliforme bakterier ved de angitte stasjoner fra SIFF's undersøkelser i 1975.

## **LITTERATUR**

- Berge, D. og T. Tjomsland, 1983: Fysisk/kjemisk vannkvalitet i Tyrifjorden. Side 37-57 i Berge (red) 1983: Tyrifjorden - Sammenfattende sluttrapport fra Tyrifjordundersøkelsen. Tyrifjordutvalget - Fylkeshuset i Buskerud. ISBN 82-90356-31-5., 156 sider.
- Berge, D. 1983: A land-slide 250 m below the surface of Lake Tyrifjord in summer 1979. Proc. 11th Nordic Symp. on Sediments, Norsk Limnologforening.
- Riise, J. og H. Solberg, 1983: Bakteriologisk forurensning i Tyrifjorden. Side 130-135 i Berge (red) 1983: Tyrifjorden - Sammenfattende sluttrapport fra Tyrifjordundersøkelsen. Tyrifjordutvalget - Fylkeshuset i Buskerud. ISBN 82-90356-31-5., 156 sider.
- Holtan, H. 1970: Tyrifjorden - en limnologisk undersøkelse 1967-68. NIVA-rapport O-15/64, 159 sider.

**VEDLEGG - PRIMÆRDATA**

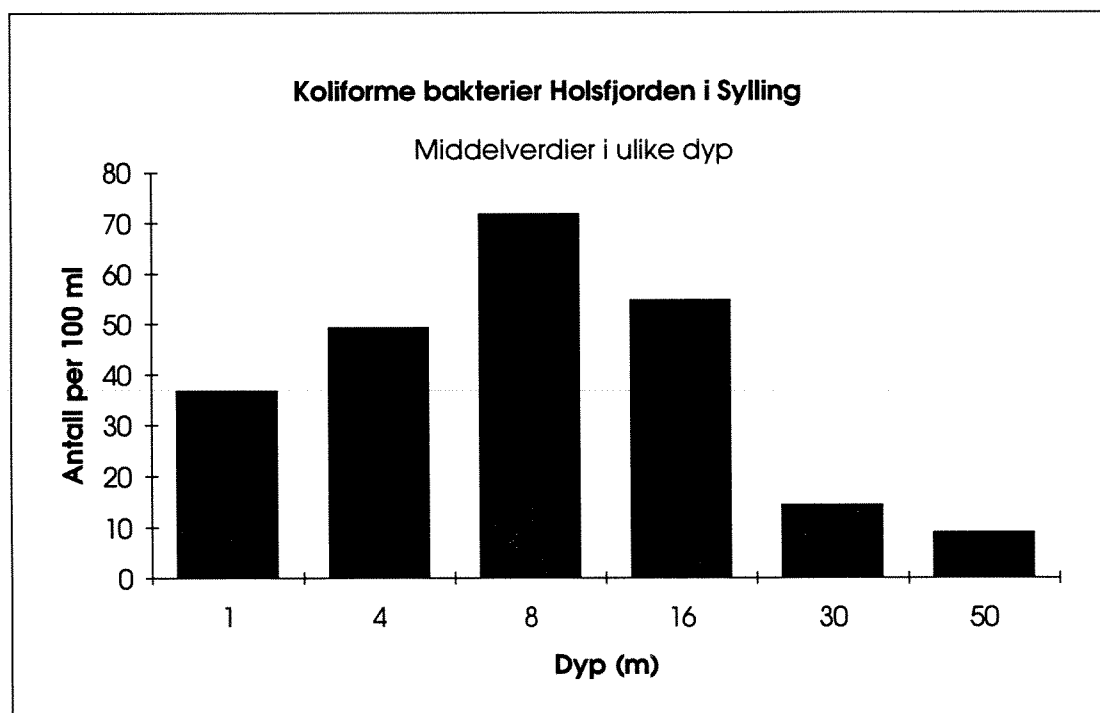
**Koliforme bakterier i Holfjorden ved Sylling 1967 (St.2)****Antall pr 100 ml.**

Dato \ dyp	1	4	8	16	30	50
26.04.67	3	3	4	4	6	2
03.07.67	22	31	22	11	19	16
01.09.67	120	150	240	190	18	
21.02.68	2	13	21	14		
Middel	37	49	72	55	14	9

---

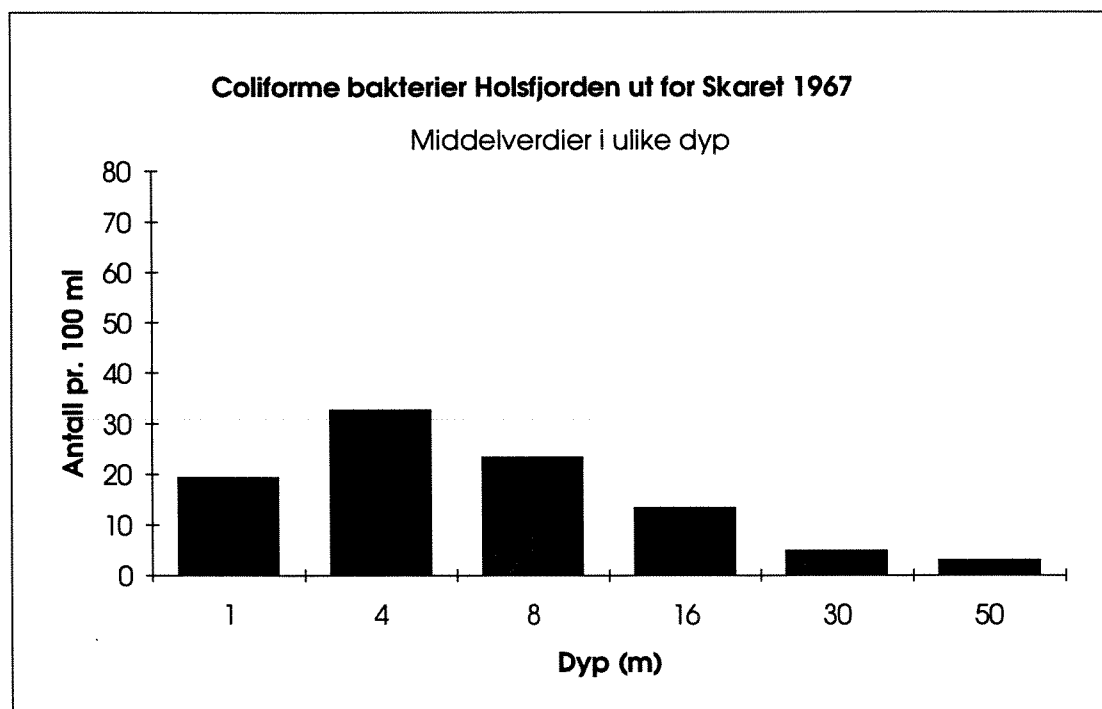
**Middel av alle målinger** 43

---



<b>Koliforme bakterier Holsfjorden ut for Skaret 1967 (st. 1)</b>						
<b>Antall per 100 ml</b>						
	1	4	8	16	30	50
26.04.67	0	2	1	1	3	2
04.07.67	6	4	19	18	8	4
31.08.67	52	92	50	21	4	
Middel	19	33	23	13	5	3

Middel av alle målinger                      17

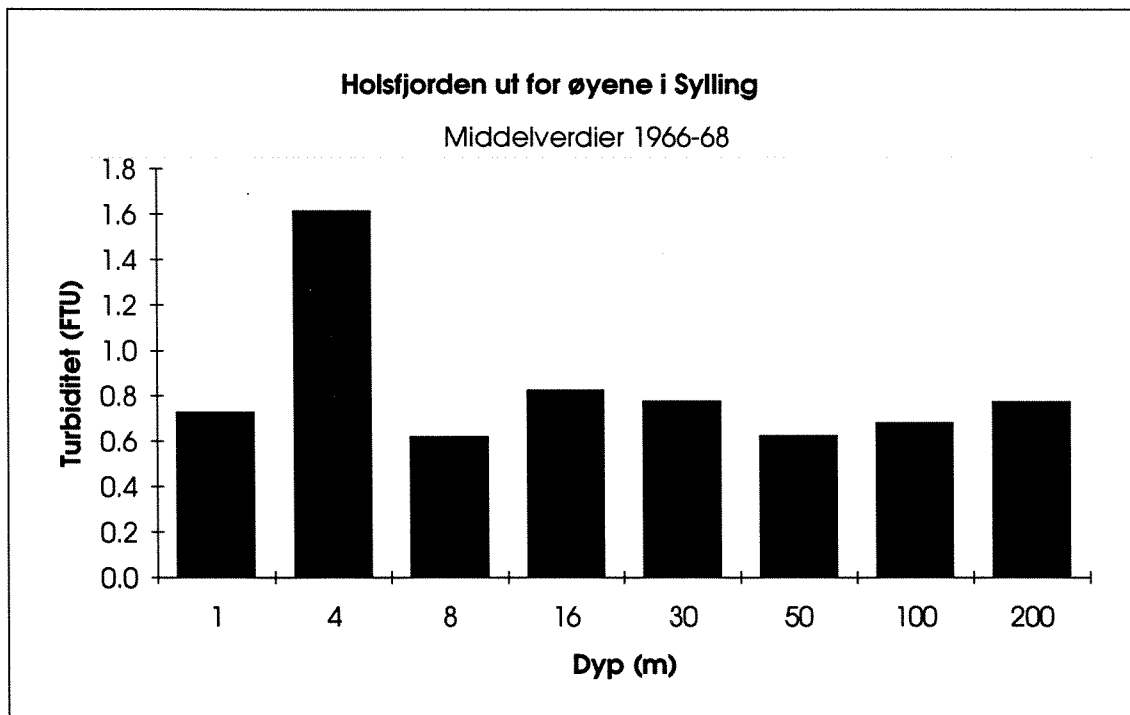


**Turbiditet Holsfjorden ut for Midtøya i Sylling 1966-68**

	1	4	8	16	30	50	100	144	200	230
	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5		
26.04.67	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	1.0	1.0		0.7	0.7
03.07.67	0.9	0.9	0.5	0.5	0.7	0.4	0.4		0.3	0.4
01.09.67	0.5	0.9	0.7	0.5	0.6	0.4	0.8		0.9	0.6
27.10.67	0.4	0.6	0.6	0.4	0.6	0.4	0.3		0.4	
05.12.67	1.0	0.8		1.2	1.0	1.0	1.2		0.8	
21.02.68	1.0	5.6	1.3	1.0		0.6	0.7		1.0	
24.05.68	1.4	2.2		1.5		1.0	0.9		0.9	
16.02.67	0.3	2.5	0.2	1.3	1.5	0.3	0.3		1.2	
<b>Middel</b>	<b>0.7</b>	<b>1.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.5</b>	<b>0.8</b>	<b>0.6</b>

*Middel av alle målinger* *0.8*

1	4	8	16	30	50	100	200
0.7	1.6	0.6	0.8	0.8	0.6	0.7	0.8

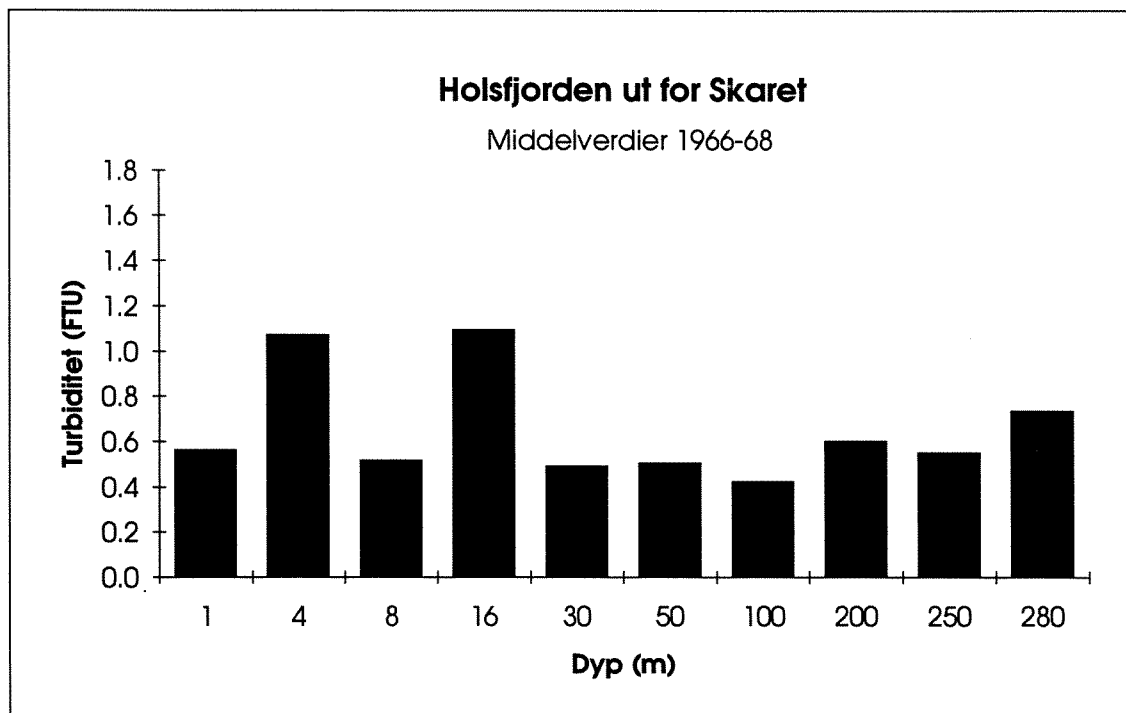


### Turbiditet i Tyrifjorden St 1. midtfjords utenfor Skaret

Dyp(m)	1	4	8	12	14	16	20	30	50	100	150	200	250	280
17.03.66	0.5	0.5	0.2	0.3		0.2	0.1	0.2	0.3	0.1				
23.05.66	0.5	0.3	0.2	0.3		0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	2.2	0.4	1.9
30.08.66	0.6	0.5	0.4	0.5		0.7	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.5	0.4	0.9
23.11.66	0.3		0.4			0.4		0.4		0.4	0.4	0.3	0.4	0.3
14.02.67	0.4	0.6	0.3			0.3		0.4	0.5	0.4		0.4		0.9
26.04.67	0.9	0.4	0.9			1.0		0.6	0.8	0.5		0.4		0.5
04.07.67	0.8	0.9	0.5		0.5	0.5		0.4	0.5	0.4		0.4		0.5
31.08.67	0.3		0.7			0.1			0.1	0.2				0.1
27.10.67	0.5	0.6	0.6			0.5		0.6	0.4	0.2		0.3		0.3
05.12.67	1.5	1.1				1.0		1.0	0.9	0.9		0.9		0.8
22.02.68	0.6	1.0	0.6			0.7		0.5		0.5			1.0	
16.05.68	0.6	1.5	1.5			2.0		1.2	0.6	0.9		0.5		0.6
14.08.68	0.2	5.3	0.2			7.4		0.3	0.7	0.3				1.7
04.12.68	0.3	0.3	0.2			0.3		0.2		0.2		0.1		0.1
<b>Middel</b>	<b>0.6</b>	<b>1.1</b>	<b>0.5</b>			<b>1.1</b>		<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.4</b>		<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>

*Middel av alle målinger* **0.6**

1	4	8	16	30	50	100	200	250	280
0.6	1.1	0.5	1.1	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	0.7



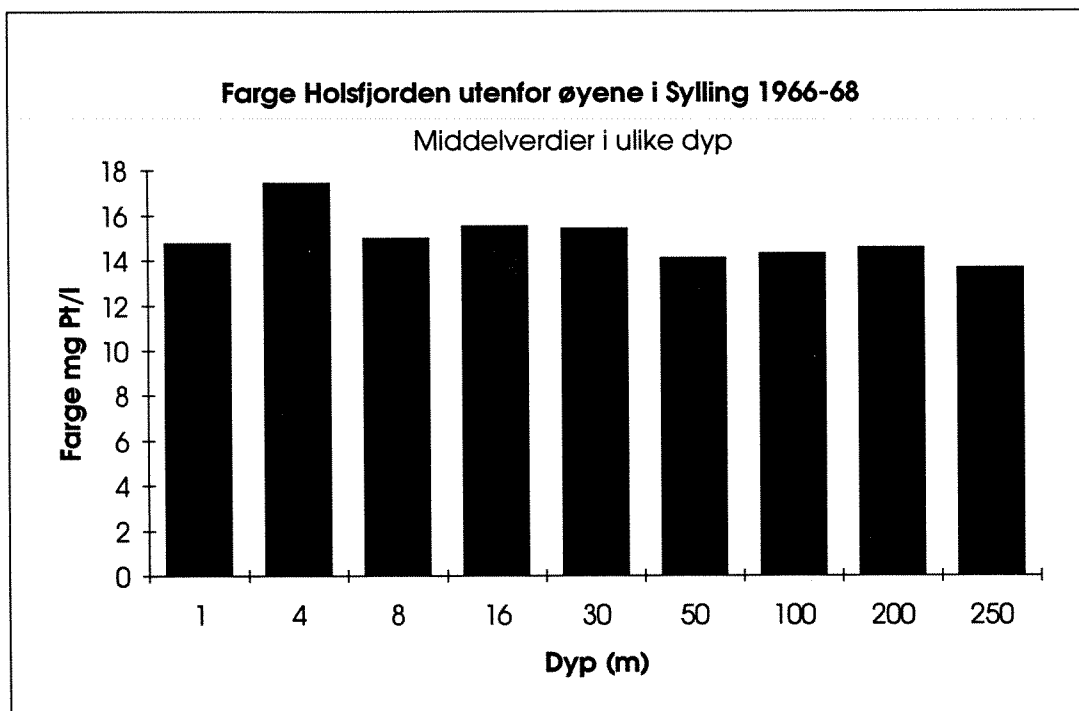


### Farge Holsfjorden utenfor øyene i Sylling 1966-68 (st.2)

	1	4	8	16	30	50	100	144	200	250
16.02.67	14	13	15	14	13	13	14	13		
26.04.67	17	17	19	18	19	19	19		18	17
03.07.67	17	18	12	14	14	14	14		11	10
01.09.67	14	15	15	14	14	14	14		15	14
27.10.67	12	12	14	12	14	11	11		12	
05.12.67	12	13		14		13	16			
21.02.68	15	23	15	15	15		14		15	
24.05.68	18	24		20		17	15		14	
13.08.68	14	22	15	19	19	12	12		17	
<b>Middel</b>	15	17	15	16	15	14	14	13	15	14

Middel av alle målinger 15

1	4	8	16	30	50	100	200	250
15	17	15	16	15	14	14	15	14

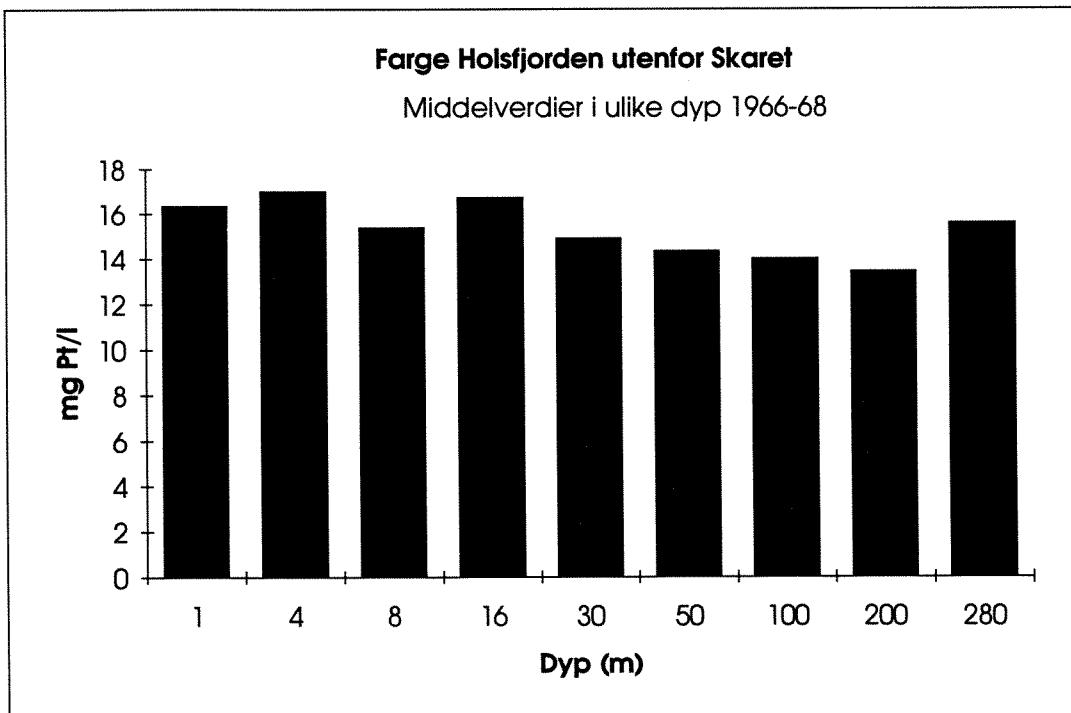


## Farge Holsfjorden ut for Skaret 1966-68

	1	4	8	12	16	20	30	50	100	150	200	250	280
17.03.66	17	17	15	15	13	13	13	15	13				
23.05.66	15	15	15	15	16	15	15	15	16	20	18	16	26
30.08.66	21	20	20	16	18	17	18	18	18	19	18	18	21
23.11.66	14		14		15		15		15	14	14	14	14
14.02.67	13	15	13		14		15	14	13		14		17
26.04.67	17	17	20		20		17	19	17		15		18
04.07.67	17	19	17		17		15	14	14		12		14
31.08.67	17	14	15		14		12	13	13		12		13
27.10.67	14	13	12		11		13	13	12		11		12
05.12.67	14	14			14			14	14		11		12
22.02.68	19	20	19		19		19		17			20	
16.05.68	25	15	14		15		15	11	9		11		11
14.08.68	11	28	12		33		13	12	11				15
04.12.68	15	14	14		15		14		14		12		14
Middel	16	17	15	15	17	15	15	14	14	18	13	17	16

Middel av av alle målinger 15

1	4	8	16	30	50	100	200	280
16.36	17	15.38	16.71	14.92	14.36	14	13.45	15.58



# **N O T A T**

## **Sammenstilling av bakteriologiske data fra Holsfjorden (Tyrifjorden) for perioden 1976 - 80.**

**Sandvika des.-93/jan.94**



## **EN SAMMENSTILLING AV BAKTERIOLOGISKE DATA FRA HOLSFJORDEN FOR PERIODEN 1976-80.**

På forespørsel fra Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har ENCO Environmental Consultants a.s foretatt en gjennomgang av vannbakteriologiske data fra Holsfjorden (Tyrifjorden) fra perioden 1976-80. Dette materialet skal brukes som bakgrunn for en vurdering av muligheten for et bedre egnet inntaksdyp for Asker og Bærum fellesvannverk.

### **Innledning**

Fra midten av syttitallet og fram til 1981 ble det gjennomført en omfattende studie av vannkvalitet, forurensningsforhold, fiskebiologi m.v. i Tyrifjorden i forbindelse med behovet for nye vannkilder for Oslo, Asker og Bærum. Denne såkalte "Tyrifjordundersøkelsen" omfattet bl.a. en relativt detaljert studie av de bakteriologiske forhold i vannmassene på ulike dyp. Statens institutt for folkehelse (SIFF) sto ansvarlig for denne undersøkelsen og to sentrale medarbeidere fra den gangen; Harald Solberg og Jan Riise har foretatt denne sammenstillingen.

Datamaterialet har desverre vært begrenset som følge av at SIFFs arkiver fra denne perioden ikke lenger inneholder primærdata. En har derfor måttet basere seg på publisert materiale og statusrapporter fra private kartotek.

I det følgende er de opplysninger det var mulig å fremskaffe sammenstillet i tabeller. En har valgt kun å ta med verdier for total mengde koliforme bakterier, da materialet var noenlunde sammenhengende for disse. Forekomsten av termotabile koliforme bakterier var forøvrig relativt beskjeden i Holsfjorden.

Tabellene inneholder dessuten opplysninger om temperatursjiktforhold i vannmassene. Dette er viktig ved vurderingen av forekomsten av bakterier på de ulike dyp. Konsentrasjonen av koliforme bakterier er angitt som antall/100 ml.

Prøvetakningsstasjonene er vist på vedlagte kartskisse.

Dato	12.5.75	12.5.75	1.9.75	1.9.75	1979	10.7.79	28.8.79	28.5.80	28.5.80	9.9.80	9.9.80
Stasjon	Dyp-m	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol
<b>1</b>	2 10 40 60 100	11 6,8 14 11 11	2 10 30 60 100	0 130 9,3 49 240	0-20	1-5	1-5	0-100	1-5	0-30 30-100	11-20 6-10
<b>2</b>	2 10 30 60 100	1,8 6,8 4,5 4 4,5	2 10 30 60 100	0 0 13 0 2				0-100	1-5		
<b>3</b>	2 10 30 60 100	2 6,8 11 11 4	2 10 30 60 100	0 4,5 49 79 79	0-20	0	0	0-100	1-5	0-30 30-100	6-10 1-5
<b>4</b>	2 10 20 30 100	9,3 13 11 Bunn Bunn	2 10 20 30 100	0 0 Bunn Bunn							
<b>5</b>	2 10 30 60 100							0-100	0	0-30 30-100	1-5 0
<b>6</b>	2 10 30 60 100	6,8 6,1 4 6,8 13	2 10 30 60 100	2 2 2 23 2	0-20	0	6-10	0-100	1-5	0-30 30-100	1-5 1-5
<b>7</b>	2 10 30 60 100	49 9,3 4,5 2 -	2 10 30 60 100	0 13 49 0 4,5							
<b>9</b>	2 10 30 60 100	4 4,5 7,8 17 -	2 10 30 60 100	2 0 0 13 2	0-20	0	-			0-30 30-100	1-5 0
<b>10</b>	2 10 30 60 100				0-20	-	1-5	0-100	1-5		
Situa- sjon i vann- massene		Full- sirk.		Sprang sjikt 15-25m		Sprang- sjikt 20- 30m?	Sprang sjikt 20- 30m?		Full- sirk.		Sprang- sjikt ca.30m ?

Dato	12.5.75	12.5.75	1.9.75	1.9.75	1979	10.7.79	28.8.79	28.5.80	28.5.80	9.9.80	9.9.80
Stasjon	Dyp-m	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol
<b>11</b>	2 10 30 60 100	7,8 4 2 4,5 -	2 10 30 60 100	0 0 0 4,5 0	0-20	0	1-5	0-100	1-5	0-30 30-100	1-5 1-5
<b>12</b>	2 10 30 60 100	6,8 7,8 2 4,5 7,8	2 10 30 60 100	0 0 7,8 4,5 0	0-20	1-5	1-5	0-100	1-5		
<b>13</b>	2 10 30 60 100	0 2 6,8 0 -	2 10 30 60 100	4,5 2 130 0 2							
<b>15</b>	2 10 30 45 46	4,5 0 0 11 Bunn	2 10 30 45 46	0 0 7,8 - Bunn	0-20	1-5	1-5				
<b>16</b>	2 10 30 60 70	0 0 4 0 -	2 10 30 60 70	0 2 11 0 0	0-20	1-5	1-5				
<b>17</b>	2 10 30 60 100	2 0 4,5 4,5 2	2 10 30 60 100	0 0 2 0 0	0-20	-	1-5	0-100	0	0-30 30-100	1-5 1-5
<b>18</b>	2 10 30 40 42	6,8 4,5 2 4,5 Bunn	2 10 30 40 49	0 2 13 23 Bunn	0-20	-	6-10				
<b>19</b>	2 10 30 60 100	2 2 0 0 -	2 10 30 60 100	0 2 4,5 0 0	0-20	1-5	-			0-30 30-100	1-5 1-5
<b>20</b>	2 10 40 60 70	1,8 1,8 4,5 0 Bunn	2 10 40 60 100	4,5 0 2 0 0	0-20	1-5	1-5	0-100	1-5	0-30 30-100	1-5 1-5
<b>21</b>	2 10 30 60 100	0 2 0 7,8 -	2 10 30 60 100	2 0 0 0 0	0-20	-	6-10			0-30 30-100	6-10 6-10
Situa- sjon i vann- massene		Full- sirkula- sjon		Sprang- sjikt 15-25m		Sprang- sjikt 20- 30m?	Sprang- sjikt 20-30m		Full- sirkula- sjon		Sprang- sjikt ca.30m ?

Dato	12.5.75	12.5.75	1.9.75	1.9.75	1979	10.7.79	28.8.79	28.5.80	28.5.80	9.9.80	9.9.80
Stasjon	Dyp-m	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol	Dyp-m	Tot.kol
<b>22</b>	2	0	2	4,5	0-20	1-5	21-100	0-100	0	0-30	1-5
	10	2	10	6,8							
	30	0	30	0							
	60	0	60	0							
	100	7,8	100	0							
<b>23</b>	2	0	2	0	0-20	1-5	6-10	0-100	1-5	0-30	11-20
	10	2	10	0							
	30	0	30	0							
	60	2	60	0							
	100	0	100	0							
<b>24</b>	2	2	2	4,5	0-20	-	11-20	0-100	1-5	0-30	6-10
	10	0	10	0							
	30	0	30	0							
	60	4	60	0							
	100	2	100	0							
<b>25</b>	2	2	2	2	0-20	0	11-20			0-30	1-5
	10	7,8	10	2							
	30	0	30	0							
	60	0	60	0							
	100	1,8	84	Bunn							
Situasjon i vannmassene		Fullsirk.		Sprang-sjikt 15-25m		Sprang-sjikt 20-30m	Sprang-sjikt 20-30m?		Fullsirk.		Sprang-sjikt ca.30m ?

### Kommentarer til tabellene.

Der det er åpne felter har det ikke vært gjennomført prøvetakning. Der det er markert med: - , foreligger det idag ikke analysedata av ulike grunner. Det har bare vært tilgjengelige primærdata for 1975. For de øvrige årene foreligger det kun gjennomsnittstall for flere prøver pr. stasjon, bestemt utfra om situasjonen i fjorden var undersøkt ved fullsirkulasjon i vannmassene eller om det var etablert temperatursprangsjiktning.

Året 1978 er det ikke funnet data for, selv om undersøkelsen pågikk som vanlig. Ifølge notater fra denne perioden ble forholdene beskrevet slik: "Mai-undersøkelsene dette året er gjennomført ved fullsirkulasjon. Sterk belastning av koliforme bakterier i søndre del av Holsfjorden. Gradvis bedring nordover, med bare spredte forekomster av E.coli-bakterier i midtre del.

"Ved August-undersøkelsene var sprangsjikt etablert. Høye kimtall som følge av stor omsetning av organisk materiale registrert. God bakteriologisk vannkvalitet var det egentlig bare i midtre del av Holsfjorden".

Kommentar til undersøkelsene i 1980:

"Bortsett fra funn i prøver fra stasjonene lengst syd i Holsfjorden (1-9) er det ikke registrert forskjeller av betydning i innholdet av koliforme bakterier i vannprøver tatt over og under sprangsjiktet. Enten beror dette på krysskontaminering under prøvetagning

(flaskene kan ha tatt inn mere vann eller har fylt seg på vei opp), eller så gjenspeiler dette de faktiske forholdene; dvs. de bakteriologiske forhold var ikke signifikant bedre i dypere vannlag enn i overflatelagene".

#### **Avsluttende bemerkninger.**

Generelt er det vanskelig å se at ovennevnte data tegner et entydig bilde av bedre bakteriologiske forhold i dypvannet enn i overflatelaget. En skulle kanskje forventet et mer markert skille, når sprangsjikt er etablert. Når ikke dette synes å være tilfelle, kan det skyldes en systematisk feilkilde under prøvetagningen, som nevnt ovenfor. Samtidig vet en at det går kompensierende strømmer i dypet nordover fra Svangstrand-området, som følge av bl.a. såkalte "interne bølger" eller seiches. Dette kan ha bragt bakteriologisk forurenset vann ned i dyplagene. Forfatterne av dette notatet husker forøvrig at forurensningen i dypvannet avtok med tiltagende avstand fra Svangstrand. SIFFs anbefalte inntaksdyp for det planlagte vannverket var forøvrig den gang "under 60m".

**Harald Solberg/Jan Riise**



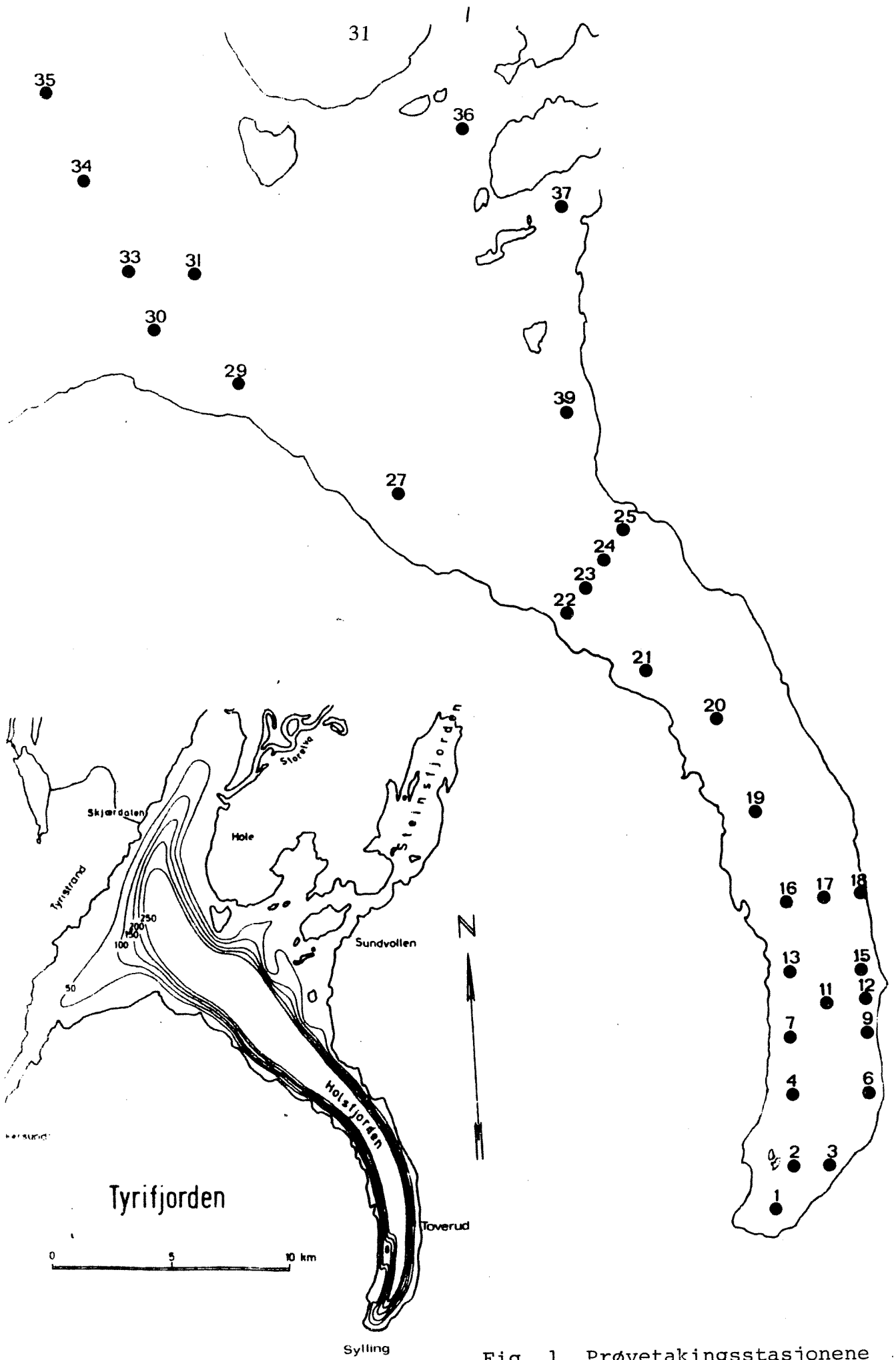


Fig. 1 Prøvetakingsstasjonene

---

**NIVA**



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2452-1