

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0-4/77

STRØM-OG SPREDNINGSFORHOLD I HOLSFJORDEN  
SETT I FORHOLD TIL PLANLAGT VANNUTTAK

Forsøk på en teoretisk vurdering

Blindern, 14. november 1977

Saksbehandler: siv.ing. Birger Bjerkeng

Instituttssjef Kjell Baalsrud

## FORORD

Den 17.11.1976 ble det holdt et møte ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA) hvor representanter for Teknisk komité for Holsfjordprosjektet, NIVA, Holsfjordutvalget og Hydroconsult deltok.

På møtet ble drøftet opplegg for videre undersøkelser i forbindelse med de planlagte vannuttak til drikkevannsforsyning og vanningsanlegg, og NIVA ble bl.a. bedt om å utføre en teoretisk vurdering av strømningsforholdene i Holsfjorden/Tyrifjorden ved hjelp av eksisterende data. Dette sa NIVA seg villig til, og bestillingen ble bekreftet i PM fra møtet v/Rolf Snarset, Hydroconsult. Oppdraget er bestilt av Teknisk komité for Holsfjordprosjektet og formidlet av Hydroconsult.

Resultatet av den teoretiske vurderingen presenteres i denne rapporten.

Blindern, 14. november 1977

*Birger Bjerkeny*  
Birger Bjerkeny

INNHALDSFORTEGNELSE

Side:

FORORD	2
1. INNLEDNING	7
2. PROBLEMSTILLING	8
3. OPPLÉGG OG ARBEIDSMETODIKK	8
4. BAKGRUNNSDATA	9
4.1 Geografiske forhold	9
4.2 Volum- og arealforhold	9
4.3 Ferskvannstilførsel	9
4.4 Planlagt vannuttak	14
4.5 Forurensningstilførsler	17
4.5.1 Generelt	17
4.5.2 Utslipp i søndre del av Holsfjorden	21
5. TIDLIGERE UNDERSØKELSER	22
5.1 Generelt	22
5.2 Fysisk-kjemiske forhold	23
5.2.1 Temperatur og tetthet	23
5.2.2 Kjemiske parametre	27
5.3 Bakteriologiske undersøkelser	32
5.3.1 Presentasjon av data	32
5.3.2 Drøfting av resultatene	40
5.3.2.1 Vurdering av bakterieutbredelse	40
5.3.2.2 Vurdering av observert bakterie-	
mengde	43
6. VIRKNINGEN AV VANNUTTAKET	45
6.1 Dypvannsstrømmer generert av ferskvannsutttaket	45
6.1.1 Generelt	45
6.1.2 Presentasjon av teori	46
6.1.3 Beregning for uttak i Holsfjorden	48

6.2 Endringer i generell vannbalanse	50
7. SAMMENFATNING OG KONKLUSJON	52
8. REFERANSER	56
APPENDIX	58

TABELLFORTEGNELSE

Side:

Tabell 1. Fordeling og gjennomsnittlig vannføring til Tyrifjorden.....	13
Tabell 2. Vannføringsdata, Dramselva.....	14
Tabell 3. Vannbehovet i år 2015, ved alternative driftsopplegg.....	16
Tabell 4. Grovt estimat over forurensningstilførsler til Tyrifjordens nære nedslagsfelt.....	18
Tabell 5. Grovt anslått fordeling av forurensningstilførsler til Tyrifjordens vestre del og Holsfjorden/Steinsfjorden.....	21
Tabell 6. Registrerte coli-bakterier pr. 100 ml i Holsfjorden, etter NIVA (1970a).....	33
Tabell 7. Bakteriologiske forhold i Holsfjorden utenfor Toverud i Sylling, april - desember 1971.....	35
Tabell 8. Coliforme bakterier (fullstendig prøve) pr. 100 ml, Holsfjorden 12. mai 1975 iflg. SIFF 1976.....	37
Tabell 9. Coliforme bakterier (fullstendig prøve) pr. 100 ml, Holsfjorden 1. september 1975 iflg. SIFF 1976.....	38
Tabell 10. Uttapping av dypvann ved ferskvannsuttak i Holsfjorden. Teoretisk beregning.....	49
Tabell 11. Endring av oppholdstid T for dypvannet pga. dypvannsuttak ved forskjellige verdier på T.....	50

FIGURFORTEGNELSE

Side:

Figur 1.	Tyrifjorden - Oversiktskart over nedbørfelt med stasjonsplassering for NIVA (1970a)	10
Figur 2.	Tyrifjorden (NIVA 1970a)	11
Figur 3.	Areal som funksjon av dyp i Tyrifjorden	12
Figur 4.	Øvre og nedre grenser for gjennomsnittlig suppleringsuttak til Asker og Bærum som funksjon av midlingsperioden	15
Figur 5.	Tyrifjorden - Temperaturobservasjoner i °C 1967 (NIVA 1970a)	24
Figur 6.	Tyrifjorden - Temperaturobservasjoner i °C 1967 (NIVA 1970a)	25
Figur 7.	Tyrifjorden - Temperaturobservasjoner i °C 1968 (NIVA 1970a)	26
Figur 8.	90% konfidensintervaller for tidsgjennomsnitt av relativt avvik fra øyeblikksmidler over alle stasjoner	29
Figur 9.	Prøvetakingsstasjoner for bakterieanalyser (SIFF 1976)	36
Figur 10.	90% konfidensintervaller for tidsgjennomsnitt av relativt avvik fra øyeblikksmidler over alle stasjoner	42

## 1. INNLEDNING

Kommunene Asker, Bærum og Oslo har i flere år arbeidet med planer for utnyttelse av Tyrifjorden til vannforsyning, enten som tilskudd til, eller erstatning for eksisterende vannkilder. Vannuttaket er planlagt på dypt vann i den sør-østlige armen av fjorden, i Holsfjorden.

I tillegg er det på tale med uttak fra overflatelaget av Holsfjorden til vanningsanlegg for jordbruket i Lierdalen.

Tidligere undersøkelser av sjøen har konkludert med at vannkvaliteten i dag er tilfredsstillende for drikkevannsforsyning både kjemisk og biologisk. Bakteriologiske undersøkelser har imidlertid vist forekomst av coli-bakterier (tarm-bakterier) i dypvannet i den sørlige delen av Holsfjorden. Dette betyr at vannmassene her må være påvirket av kloakkutslipp.

Statens institutt for folkehelse (SIF) (brev av 20.3.1975) og Helsedirektoratet i Sosialdepartementet (brev av 12.6.1975) har reist spørsmålet om den påviste bakterieforurensningen kan skyldes påvirkning fra Tyrifjordens vestlige del, hvor både ferskvannsgjennomstrømning og forurensningstilførsler er konsentrert. På den tid da de bakteriologiske undersøkelsene ble gjort gikk et mekanisk rensed utslipp ut i sørenden av Holsfjorden, ved Sylling, men Helsedirektoratet antar i sitt brev at dette neppe kan forklare bakterietallene alene, og uttrykker engstelse for at en eventuell påvirkning fra den nordvestlige del av innsjøen ved "ukjente strømningsforhold" kan øke som følge av ferskvannsutttaket i sørenden.

På bakgrunn av dette har Teknisk komité for Holsfjordprosjektet gjennom Hydroconsult, siv.ing. Erik Ræstad A/S, bedt NIVA foreta en teoretisk vurdering av:

- hvilken innflytelse vannuttaket kan få på vannkvaliteten i Holsfjorden, og
- hvilke naturgitte strømminger man må regne med ved bestemmelse av rensed tiltak for uttaket.

Den foreliggende rapporten er et forsøk på en slik vurdering.

## 2. PROBLEMSTILLING

Følgende spørsmål skal behandles:

1. Hvordan er strømforholdene i Holsfjorden i dag? Hvor stor kontakt er det mellom Tyrifjordens vestligste del og den sørlige del av Holsfjorden, og hvilken betydning har denne kontakten for vannkvaliteten?
2. Hvilke følger kan de prosjekterte vannuttak få for strømmingsmønsteret og derved eventuelt for kvaliteten på det vannet som tas ut?

Det er særlig kvaliteten på dypere vannlag, dvs. under 20-30 meter som har interesse. Det vil bli lagt særlig vekt på å drøfte forurensning av colibakterier.

Med det datamaterialet som foreligger for Holsfjorden er det ikke mulig å gi noe bestemt svar på de nevnte spørsmål. Formålet med denne rapporten må derfor bli å avgrense hva som er sannsynlig, eller teoretisk mulig. Dessuten vil det bli drøftet hvilke videre undersøkelser som kan være aktuelle.

## 3. OPPLEGG OG ARBEIDSMETODIKK

Det vil først bli gitt nødvendige bakgrunnsdata for Tyrifjorden.

Deretter utføres en analyse av noen resultater fra tidligere undersøkelser, for å se om de kan si noe om dagens strømforhold.

Spørsmålet om virkning av vannuttaket og av endrede forurensningstilførsler må behandles teoretisk. For ferskvannsutttaket kan endringene i dypvannsstrømmene anslås ved hjelp av hydraulisk teori, mens endringer i total vannbalanse anslås ved enkle volumbetraktninger. Virkningen av endrede forurensningstilførsler vurderes generelt ut fra det en kan slutte om nåværende og fremtidige strømforhold.

Til slutt gis en sammenfattende drøfting av de to spørsmålene, og eventuelle videre undersøkelser blir vurdert.



#### 4. BAKGRUNNSDATA

Det er tidligere, bl.a. av NIVA (1970a) gitt forholdsvis detaljerte beskrivelser av Tyrifjorden og dens nedslagsfelt. Her skal bare kort nevnes det som har betydning for den aktuelle problemstillingen. Opplysninger hvor kilde ikke er oppgitt er hentet fra NIVA (1970a).

##### 4.1 Geografiske forhold

Kart over Tyrifjordens nedslagsfelt er vist i fig. 1, og Tyrifjorden mer detaljert i fig. 2, med dybdekoter og en del stedsnavn angitt. Vannuttaket til Holsfjordprosjektet er planlagt ved Toverud i den sørlige delen av Holsfjorden, se fig. 2.

##### 4.2 Volum- og arealforhold

Tyrifjorden, inkludert Steinsfjorden, har en overflate på  $134 \text{ km}^2$ , og et volum på ca.  $14 \times 10^9 \text{ m}^3$ . Største dyp i Holsfjorden er 296 meter, mens Steinsfjorden er ca. 20 m dyp. Areal som funksjon av dyp er vist i fig. 3. Kurven er funnet ved planimetrering av fig. 2.

##### 4.3 Ferskvannstilførsel

Tyrifjordens nedslagsfelt er ca.  $10^4 \text{ km}^3$ , normaltilrenningen ca.  $170 \text{ m}^3/\text{s}$  totalt.

Av dette kommer så å si alt i nordenden, hvor Storelva har utløp. Storelva dannes av Ådalselva som renner ut av Sperillen, og Randselva som kommer fra Randsfjorden (kfr. fig. 1 og 2). Ca. 90% av ferskvannet til Tyrifjorden, dvs. ca.  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ , kommer fra disse to innsjøene. I tillegg mottar Storelva ca.  $6-7 \text{ m}^3/\text{s}$  fra det lokale nedslagsfeltet, rundt Tyrifjorden.

Den nest største elva, Sokna, renner også ut i nordenden, den har en vannføring som kan anslås til ca.  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  ut fra nedbørfelt og spesifikk avrenning.

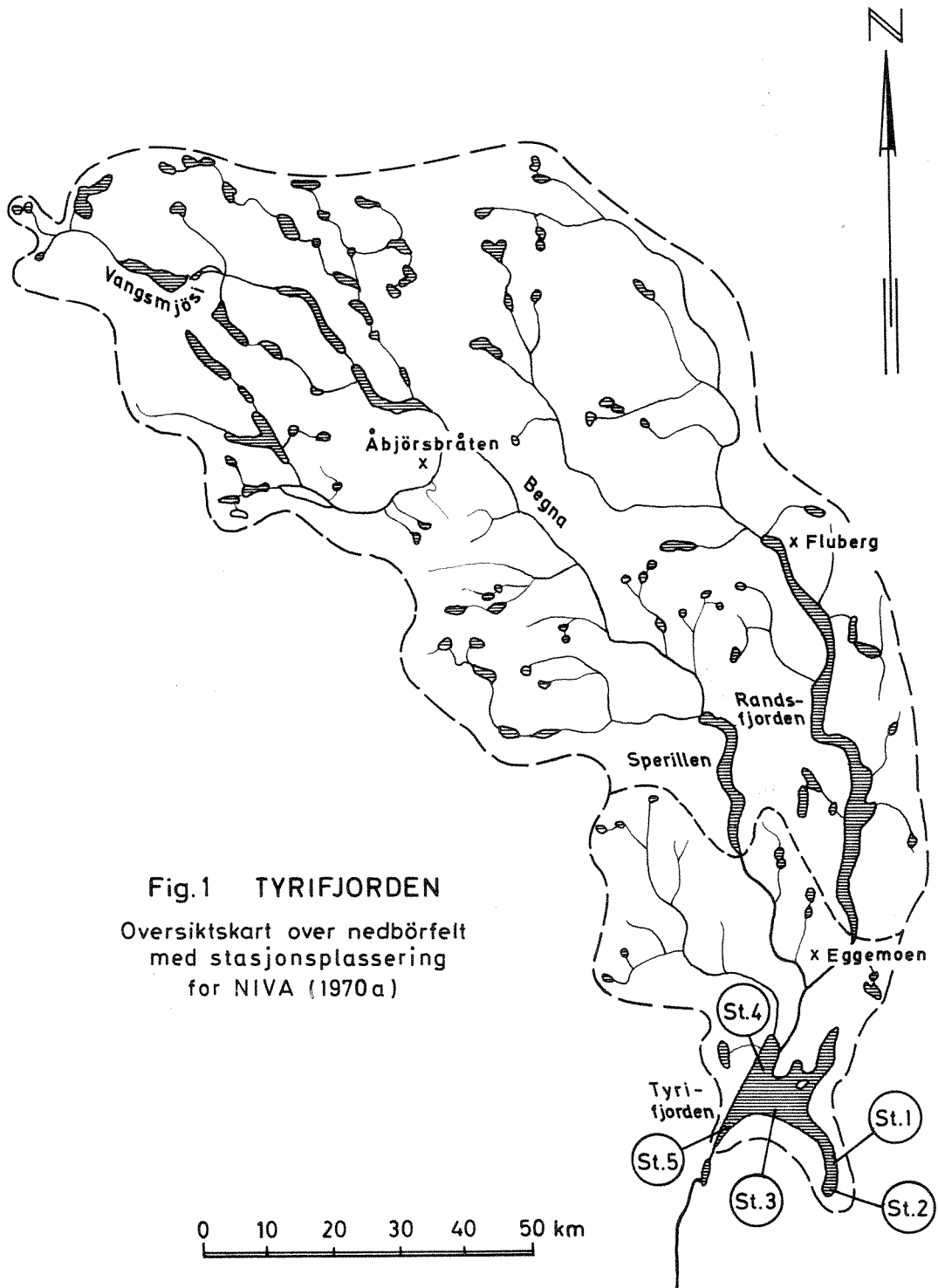
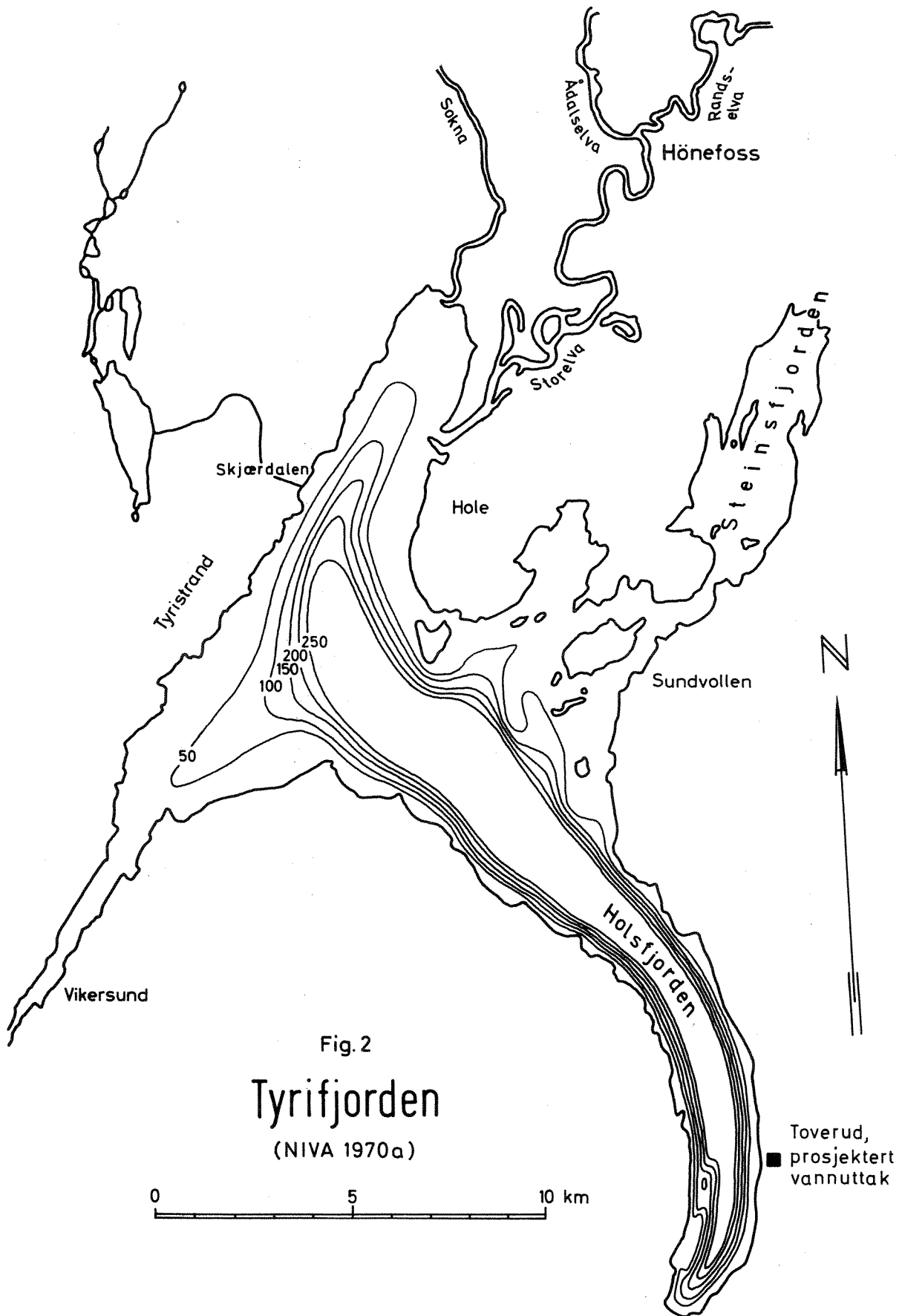


Fig.1 TYRIFJORDEN  
Oversiktskart over nedbørfelt  
med stasjonsplassering  
for NIVA (1970a)



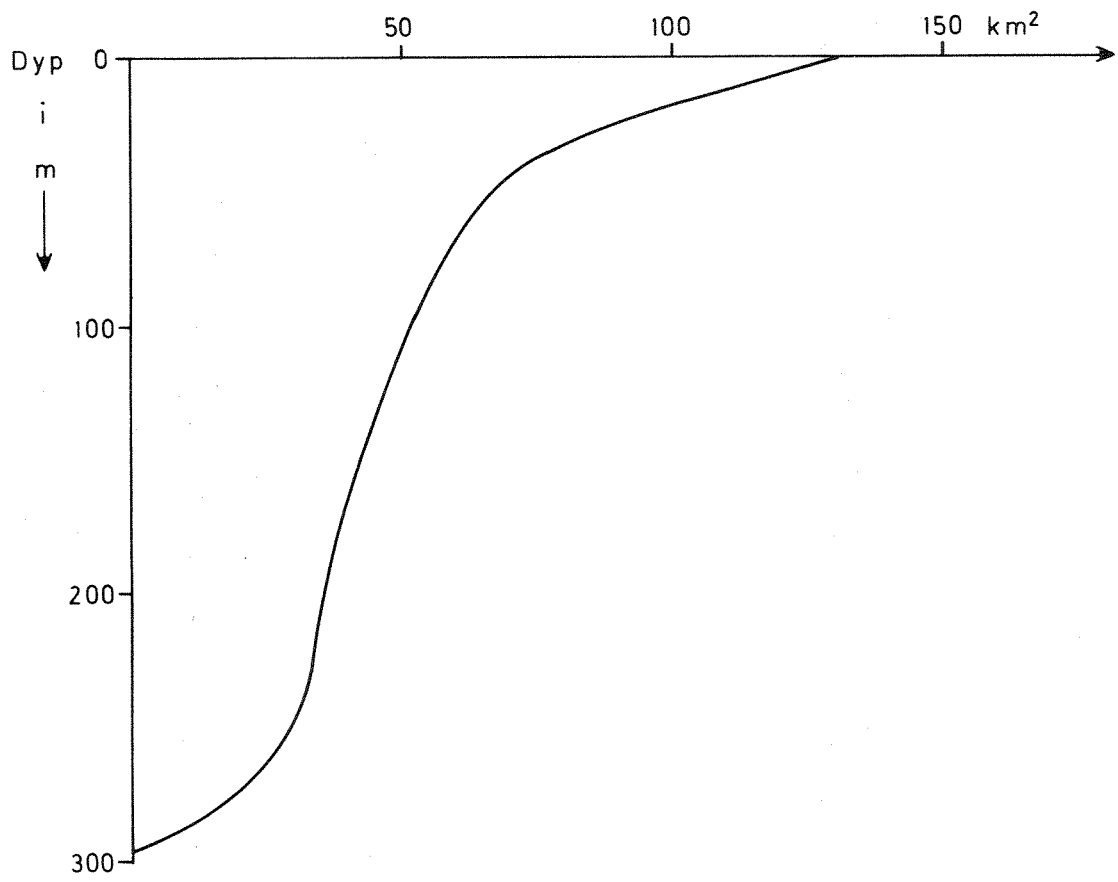


Fig.3 Areal som funksjon av dyp i Tyrifjorden

Resterende vannføring fordeler seg rundt vestre Tyrifjord, Holsfjorden og Steinsfjorden.

I tabell 1 er vist omtrentlig fordeling av ferskvannstilførsel på de ulike deler av nedslagsfeltet.

Tabell 1. Fordeling av gjennomsnittlig vannføring til Tyrifjorden

Resipient	Nedslagsfelt	Gj.snittlig avrenning, m <sup>3</sup> /s	Kilde
Vestre del av Tyrifjorden	Til Sperillen	91,6	NIVA 1965
	Til Randsfjorden	58,6	
	Til Storelva lokalt	ca. 6	x
	Til Sokna	" 9	x
	Tyristrand	" 1,5	x
	TOTALT	166,7	
Holsfjorden/ Steinsfjorden	TOTALT	3,5	x
Tyrifjorden	TOTALT	170,2	

<sup>x</sup> Anslått ut fra nedslagsfeltets størrelse i fig. 1, og spesifikk avrenning iflg. NVE (1958).

Tyrifjordens utløp går til Dramselva ved Vikersund. Gjennomstrømmingen av ferskvann er derfor konsentrert til den vestlige delen, mens Holsfjorden er uten direkte tilløp og avløp.

I tabell 2 på neste side er angitt registrerte vannføringsvariasjoner i Dramselva.

Tabell 2. Vannføringsdata, Dramselva

Kilde	År	Stasjon	Årsminimum (m <sup>3</sup> /s)	Årssnitt (m <sup>3</sup> /s)	Årsmaksimum (m <sup>3</sup> /s)
(NVE 1958)	1920-34 <sup>1)</sup>	Geithus	32-86	100-260	390-1050
(NIVA 1970a)	1967	Gravfoss	80	220	926
"	1968	"	65	141	319

1)  
Etter siste angitte regulering.

#### 4.4 Planlagt vannuttak

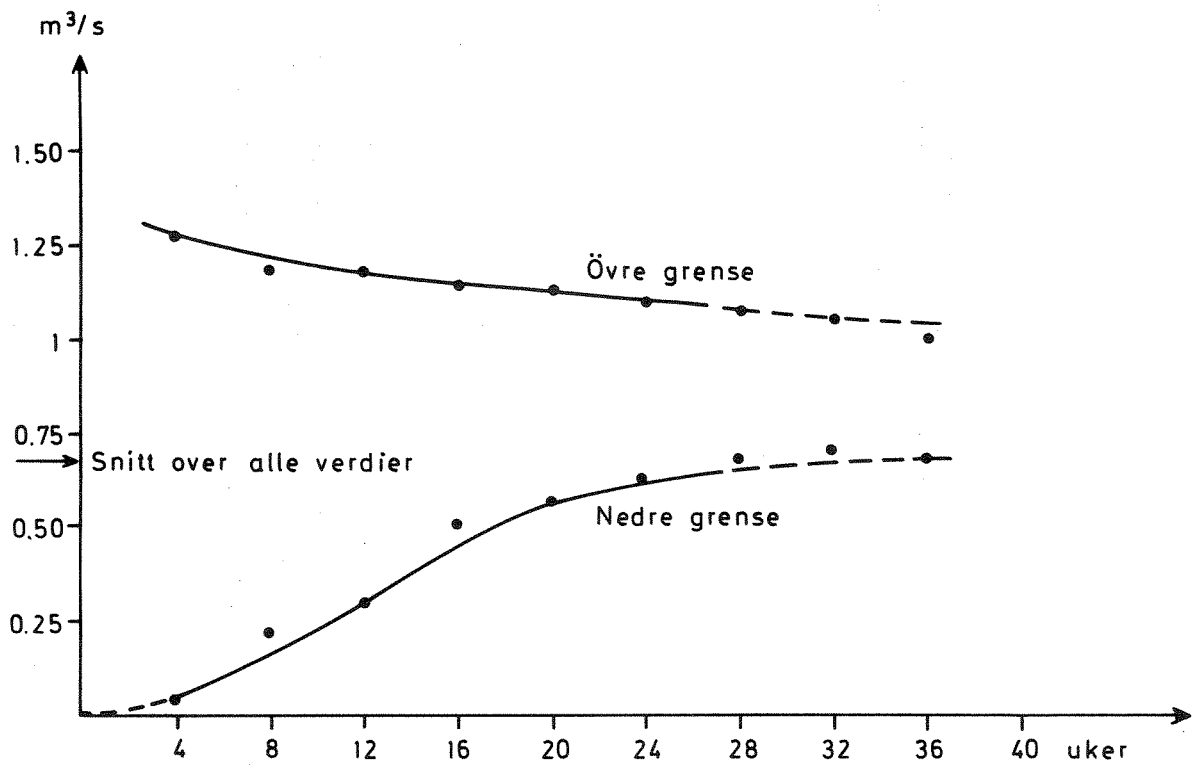
Vannuttaket til drikkevannsforsyning er planlagt på dypt vann ved Toverud i Sylling (fig.2). Et inntaksdyp på 40 meter er antatt i forprosjektet (Hydroconsult 1972). Data om vannuttakets størrelse foreligger i brev fra Hydroconsult til NIVA 10.2.1977.

Uttaket skal enten supplere eller erstatte dagens vannkilder for kommunene Oslo, Asker og Bærum.

For suppleringsalternativet er vannbehovet simulert ut fra revidert forbruksprognose for år 2015, med data for tidsrommet 1944-1973. Hvert år er delt i ca. 13 perioder à 4 uker.

Asker og Bærums behov er simulert for 100 av i alt 390 4-ukers perioder, lengste sammenhengende tidsserie går over 10 perioder. I fig. 4 er øvre og nedre grenser for gjennomsnittlig uttak vist som funksjon av det tidsrom gjennomsnittet tas over. Det er bare midlet innenfor sammenhengende tidsserier. Figuren viser at en må regne med gjennomsnittlige uttak på over 1 m<sup>3</sup>/s selv for perioder opp mot ½ år (27 uker). For perioder lengre enn 3-4 måneder vil gjennomsnittlige uttak sjelden være under 0,6 m<sup>3</sup>/s. Gjennomsnitt av alle verdier er 0,67 m<sup>3</sup>/s.

Fig.4 Övre og nedre grenser for gjennomsnittlig suppleringsuttak til Asker og Bærum som funksjon av midlingsperioden  
Bare observasjoner over sammenhengende perioder er benyttet



Beregning av midlere årsforløp synes å vise markert lavere verdier om sommeren enn i resten av året, men dette er ikke klart signifikant statistisk, og en bør ikke legge for stor vekt på det.

For Oslo er bare 7 perioder á 4 uker simulert. I disse periodene er vannbehovet for Oslo gjennomsnittlig ca. 3 ganger større enn for Asker og Bærum. Vi antar at dette forholdstallet er representativt for Oslos vannbehov ved suppleringsalternativet.

Ved erstatningsalternativet kan en anta et konstant uttak i år 2015 på  $146 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$  for Oslo,  $38 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$  for Asker og Bærum.

Data om vannbehovet er oppsummert i tabell 3 nedenfor.

Tabell 3. Vannbehovet i år 2015, ved alternative driftsopplegg

	Asker og Bærum m <sup>3</sup> /s	Oslo m <sup>3</sup> /s	Totalt m <sup>3</sup> /s
<u>Supplering</u> =====			
Største 4-ukers gj.snitt	1,3	3,9	5,2
Største ½-års gj.snitt	1,1	3,3	4,4
Middel av alle verdier	0,67	2,0	2,7
Middel av gj.snittlig årsforløp	0,61	1,8	2,4
∞ minste ½ års gj.snitt			
<u>Erstatning</u> =====			
Gjennomsnitt	1,25	4,6	5,85

Av tabellene ser vi at vi uansett alternativ må regne med at uttaket over lengre perioder kan komme opp i ca.  $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$  bare for Asker og Bærum,  $5-6 \text{ m}^3/\text{s}$  hvis også Oslo skal dekkes.



I tillegg til ferskvannsutttaket kan det bli aktuelt med uttak av 2-3 m<sup>3</sup>/s fra overflatelaget om sommeren til vanningsanlegg i Lierdalen.

#### 4.5 Forurensningstilførsler

##### 4.5.1 Generelt

Den samlede befolkning i hele Tyrifjordens nedslagsfelt er oppgitt til ca. 85 000 personer. Viktige forurensningskilder ellers er skogbruk, jordbruk og industri, spesielt treforedling.

Ca. 85% av nedslagsfeltet sokner til Tyrifjorden indirekte via innsjøene Sperillen og Randsfjorden. Disse sjøenes selvrensningsevne vil redusere belastningen fra denne delen av nedslagsfeltet vesentlig. Vannkvaliteten i Randsfjorden er undersøkt av NIVA (1970b), og funnet kjemisk tilfredsstillende for drikkevannsformål. Den lange oppholdstiden i sjøen (ca. 3,3 år gjennomsnittlig) gir stor selvrensning og forholdsvis jevn kvalitet på avrenningsvannet. Bakteriekonsentrasjonene var forholdsvis lave, i området 0-20/100 ml colibakterier. For Sperillen foreligger ikke tilsvarende data, men da den er så å si uten forurensningstilførsler bør forholdene her være enda bedre enn i Randsfjorden.

Selv om vi ikke vet hvordan situasjonen i Randsfjorden og Sperillen er i dag, er det mest naturlig å betrakte forurensningene herfra som bakgrunnskonsentrasjoner i vannmassene.

I Tyrifjordens nære nedslagsfelt, dvs. rundt Storelva, Ådalselva og Randselva og rundt sjøen ellers, var det i 1970 bosatt ca. 34 000 personer (NGO 1975<sup>1</sup>). Minst halvparten var konsentrert til Hønefossområdet, med utslipp til Storelva med tilløpselver (NIVA 1965). Også en vesentlig del av den resterende befolkningen sokner til den vestre delen av Tyrifjorden.

Det er også en del treforedlingsindustri, konsentrert til Hønefossområdet. Viktigst er Follum fabrikk, nederst i Ådalselva. Skjærdalen bruk ved Tyristranda kan også bidra noe.

1)

Ca. 3500 personer ved Vikersund og omegn er ikke regnet med.

Utslipp fra annen industri er ikke spesifisert.

Tabell 4 nedenfor viser et forsøk på å beregne forurensningstilførslene fra det lokale nedslagsfelt til Tyrifjorden for næringsstoffene fosfor (P), nitrogen (N) og organisk stoff målt som biologisk oksygenforbruk (BOF<sub>7</sub>).

Tabell 4. Grovt estimat over forurensningstilførsler til Tyrifjordens nære nedslagsfelt

KILDE	STØRREISE	N		P		BOF <sub>7</sub>	
		Spesifikt	Totalt t/år	Spesifikt	Totalt t/år	Spesifikt	Totalt t/år
Dyrket mark	113 km <sup>2</sup>	1000-1200 kg/ km <sup>2</sup> år	110-135	8-20 kg/ km <sup>2</sup> år	0,9-2,2		
Skog og myr	1050 "	200 "	210	6,0 "	6,3	~10t/km <sup>2</sup> år	~1550
Utmark	390 "	120	50	3,2 "	1,25		
Treforedling: (papir)							
Follum fabrikker Skjærdalen bruk	155-175000 t/år 8000 t/år	50 "	8-9	90 "	15-17	5 "	800-900
Befolkning	34000 p.e.	12 g/p.e.døgn	150	3 g/p.e.døgn	37	75 g/p.e. døgn	930
SUM	-	-	530-550		60-65		3300-3400

Tallene for spesifikk avrenning fra landarealer er hentet fra NIVA (1974), og er bare generelle estimater, forholdene kan variere en del for forskjellige avrenningsarealer.

Utslipp fra treforedling er anslått ut fra oppgitt papirproduksjon for 1967/68 for Follum fabrikker og Skjærdalen bruk<sup>1)</sup> og grove anslagstall beregnet av oppgitte utslippstall for treforedling i Frierfjordområdet (NIVA 1973). Tallene må betraktes som rent orienterende.

1) I dag er produksjonen omtrent den samme, men med en kapasitetsutnyttelse på bare 70-75%.

Alle kildene er ikke tatt med, og estimatene skulle derfor være nedre grenser. Til gjengjeld er det ikke tatt hensyn til rensetiltak eller til selvrensing etter utslipp ved infiltrasjon i jordsmonn, nedbrytning av organisk stoff etc. og bare en del av de beregnede tilførsler vil derfor nå Tyrifjorden.

Tallene er bare grove, usikre anslag for forurensningstilførslene i nedbørsfeltet. Ut fra tabellen synes det som om nitrogentilførslene vesentlig skyldes avrenning fra landarealer og kloakkutslipp. Fosforutslipp er dominert av treforedlingsindustri og kommunale utslipp. For organisk stoff ser det ut til at naturlig avrenning kan dominere, men treforedling og kommunalt avløp bidrar også vesentlig.

Det datamaterialet som er benyttet er fra opp til 10 år tilbake og situasjonen kan ha endret seg noe fram til i dag.

For å kunne vurdere datamaterialet fra Holsfjorden er det også viktig å vite hvordan forurensningene fordeler seg på vestre del av Tyrifjorden og på Holsfjorden og Steinsfjorden.

Det lokale nedslagsfeltet til Holsfjorden og Steinsfjorden kan anslås til ca. 1/8 av det nære nedslagsfeltet til Tyrifjorden (nedenfor Sperillen og Randsfjorden). Treforedlingsindustrien kan en regne med er konsentrert til vestre del av Tyrifjorden. Av den totale befolkning på ca. 34 000 i Tyrifjordens nære nedslagsfelt sokner ca. 6 000 personer til Holsfjorden/Steinsfjorden, mens ca. 28 000 finnes i områdene rundt vestre del av Tyrifjorden, i Hønefossområdet og ved Sokna, Ådalselv og Randselva (NGO 1975).

For nitrogen og fosfor må også tas med bakgrunnsmengdene i vannet fra Sperillen og Randsfjorden. Bakgrunnsverdiene for  $\text{BOF}_7$  antas å kunne neglisjeres.

Data fra Randsfjorden (NIVA 1970b) gir en gjennomsnittlig overflatekonsentrasjon av fosfor på ca.  $9 \mu\text{g P/l}$  i den sørlige del av hovedvannmassene.

Nitrogen er analysert som nitrat (inkludert nitritt) og som bundet og fri ammonium (BFA). For overflatelaget i sørlige delen finnes gjennomsnittsverdier på henholdsvis 220 og  $160 \mu\text{g N/l}$ , hvis vi bruker summen som anslag for total nitrogenmengde får vi ca.  $390 \mu\text{g N/l}$  som bakgrunnsverdi i vannmassene.

For Sperillen finnes ikke tilsvarende data, men ut fra en orienterende undersøkelse av Numedalslågen (NIVA 1976) skal vi prøve å anslå bakgrunnsverdier, selv om det blir nokså spekulativt. Randsfjordens nedslagsfelt har en befolkning på ca. 17 000, konsentrert langt opp i vassdraget rundt Fagernes. Numedalslågen ovenfor Kongsberg har et nedslagsfelt på  $\sim 4\,200 \text{ km}^2$ , befolkningen er ca. 7 000 p.e., spredt langs hele vassdraget<sup>1)</sup>. Vannføring kan anslås til ca.  $80 \text{ m}^3/\text{s}$ . Forholdet mellom befolkning og vannføring er for Randsfjorden ca.  $600 \text{ P}/(\text{m}^3/\text{s})$ . Sperillen skulle ut fra dette ligge nærmest Numedalslågen ovenfor Kongsberg mht. vannkvalitet, muligens med noe høyere konsentrasjoner. Verdier her var 7-8  $\mu\text{g P/l}$  og ca.  $160 \mu\text{g N/l}$ . Sannsynlige verdier for totalfosfor og totalnitrogen i Sperillen kan være ca.  $8 \mu\text{g P/l}$  og i størrelsesorden  $200 \mu\text{g N/l}$ . Sammenlikningen er svært grov, omfatter ikke alle faktorer av betydning og bygger på data bare for ett tidspunkt for Numedalslågen.

Ut fra konsentrasjonstall og vannføringsdata kan bakgrunnstilførsler til Storelv-vassdraget anslås.

En fordeling av tilførslene til Tyrifjorden ut fra antakelsene foran er vist i tabell 5.

1)  
Befolkningsdata iflg. NGO (1975).

Tabell 5. Grovt anslått fordeling av forurensningstilførsler til Tyrifjordens vestre del og Holsfjorden/Steinsfjorden. Selvrensing eller rensetiltak er ikke tatt hensyn til nedenfor Sperillen og Randsfjorden  
Alle tallene er usikre

Resipient	N	P	BOF <sub>7</sub>
Tyrifjordens vestre del			
Sperillen/Randsfjorden	ca. 1260 t/år	ca. 40 t/år	-
Lokalt	ca. 470 t/år	55-60 t/år	2950 t/år
Totalt	ca. 1730 t/år	95-100 t/år	2950 "
Holsfjorden/Steinsfjorden	ca. 70-75 t/år	7-8 t/år	360 t/år
Forholdstall:	23-25	10-15	ca. 8

En ser at forholdstallet er relativt likt for alle tre komponenter. Ut fra de store usikkerhetene i beregningene er det ingen signifikant forskjell.

#### 4.5.2 Utslipp i søndre del av Holsfjorden

Pga. de registrerte bakteriekonsentrasjonene i den søndre delen av Holsfjorden er utslippsforholdene her av spesiell interesse.

Det eneste større utslipp av betydning her finnes ved Sylling. Det er på 1000 p.e. Opprinnelig gikk det urensset ut i overflatelaget, men fra juni 1968 ble det overført til et dykket utslipp på 25 meters dyp (NIVA 1972). Siden våren 1976 har utslippet blitt infiltrert i grunnen<sup>1)</sup>. Overløp kan fremdeles forekomme ved flomtopper, og blir da ført ut i det gamle avløpet på 25 meters dyp.

Ifølge NGO (1975) bor det ellers ca. 1000 personer spredt langs begge sider av Holsfjorden. Enkeltheter om disse utslippene er ikke kjent.

1)

Telefoniske opplysninger fra ing. Eriksen, Lier kommune.

## 5. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

### 5.1 Generelt

Av de mange undersøkelser som er gjort av Tyrifjorden og tilhørende vassdrag, refereres her bare til noen få av nyere dato.

NIVA foretok i 1967 og 1968 en generell limnologisk undersøkelse av Tyrifjorden (NIVA 1970 a). Undersøkelsen konsentrerte seg særlig om de hydrografiske forhold, dvs. temperaturforholdene og vannmassenes innhold av oksygen, partikler, organisk stoff, samt oppløste salter og mineraler. Den omfattet imidlertid også biologiske forhold og det ble dessuten gjort analyser av bakterieinnholdet i vannmassene. De fysiske, kjemiske og bakteriologiske prøvene ble gjort på 2 stasjoner i den vestre del av Tyrifjorden og 3 stasjoner langs Holsfjorden. Stasjonsfordelingen er vist i fig. 1. Hydrografi ble dessuten målt i Steinsfjorden. Det ble ikke gjort strømmålinger, men strømningsbildet i den vestre delen ble ved to anledninger forsøkt kartlagt ved fargemålinger av overflatevannet.

Senere er det utført en biologisk undersøkelse (NIVA 1972) hvor også bakterieinnholdet i den sørlige del av Holsfjorden ble målt ved noen tidspunkter. Statens institutt for folkehelse utførte i 1975 omfattende bakteriemålinger langs hele Holsfjorden ved to tidspunkter (SIFF 1976).<sup>1)</sup>

Tyrifjordens hovedtilløp, dvs. Storelva med Ådalselva og Randselva, er undersøkt av NIVA (1965). Undersøkelsen var konsentrert om forurensningens lokale virkning på biologien i vassdragene, særlig mht. fisk, men inneholder bakteriologiske målinger som har betydning for vurderingen av målingene i Holsfjorden.

I de følgende avsnitt blir en del av resultatene fra disse undersøkelsene omtalt og drøftet og det gjøres visse overslagsberegninger for å se hvilke konklusjoner som kan trekkes.

1)

Nye målinger er utført av SIFF i september 1977 (opplysninger fra cand.real. Riise), men ikke bearbeidet eller rapportert når denne rapporten skrives.

## 5.2 Fysisk-kjemiske forhold

### 5.2.1 Temperatur og tetthet

Temperatur-variasjonene i Tyrifjorden, målt av NIVA (1970a), viser det vanlige mønsteret for innsjøer i den tempererte sone. I dypvannet er temperaturen omtrent konstant rundt 4°C. Om sommeren varmes overflaten til 15-20°C, sprangsjiktet ligger på 15-20 meters dyp. Sjiktningen dannes i mai/juni og brytes ned i oktober/november. Fra november til desember er vannmassene homogene, antakelig med full sirkulasjon fra overflate til bunn. I en tre måneders stagnasjonsperiode om vinteren synker overflatetemperaturen ned mot 1-2°C, og det dannes en tetthets-sjiktning som er mye svakere enn om sommeren. Når oppvarmingen starter om våren fås en ny fullsirkulasjonsperiode på ca. 1 måned idet overflatetemperaturen passerer 4°C.

I fig. 5, 6 og 7 er vist temperaturprofiler for stasjon 1-5 (fig. 1) ved forskjellige tidspunkter. Figurene viser at sprangsjiktets beliggenhet kan variere innbyrdes mellom stasjonene med opptil 10-20 meter.

3.-6. juli 1967 lå sprangsjiktet markert høyere på stasjon 2 og 1 i den sørlige delen av Holsfjorden enn lengder nord på stasjon 3, 4 og 5. Dette kan f.eks. skyldes svingninger pga. vindpåvirkning eller være en effekt av den store vårflommen dette året.

I måneds-skiftet august/september samme år var forholdene mer like over hele innsjøen. I begge disse tilfellene var overflatetemperaturen på stasjon 4 og 5 høyere enn på de andre stasjonene. Dette kan indikere at disse stasjonene er mer påvirket av vannmassene fra Storelva enn Holsfjorden ellers. Om sommeren vil en kanskje vente at elvevannet, som ikke påvirkes av dypereliggende kaldt vann, oppnår en noe høyere temperatur og blir lettere enn overflatelaget i innsjøen. Vi har imidlertid ikke data for vassdraget som kan bekrefte dette.

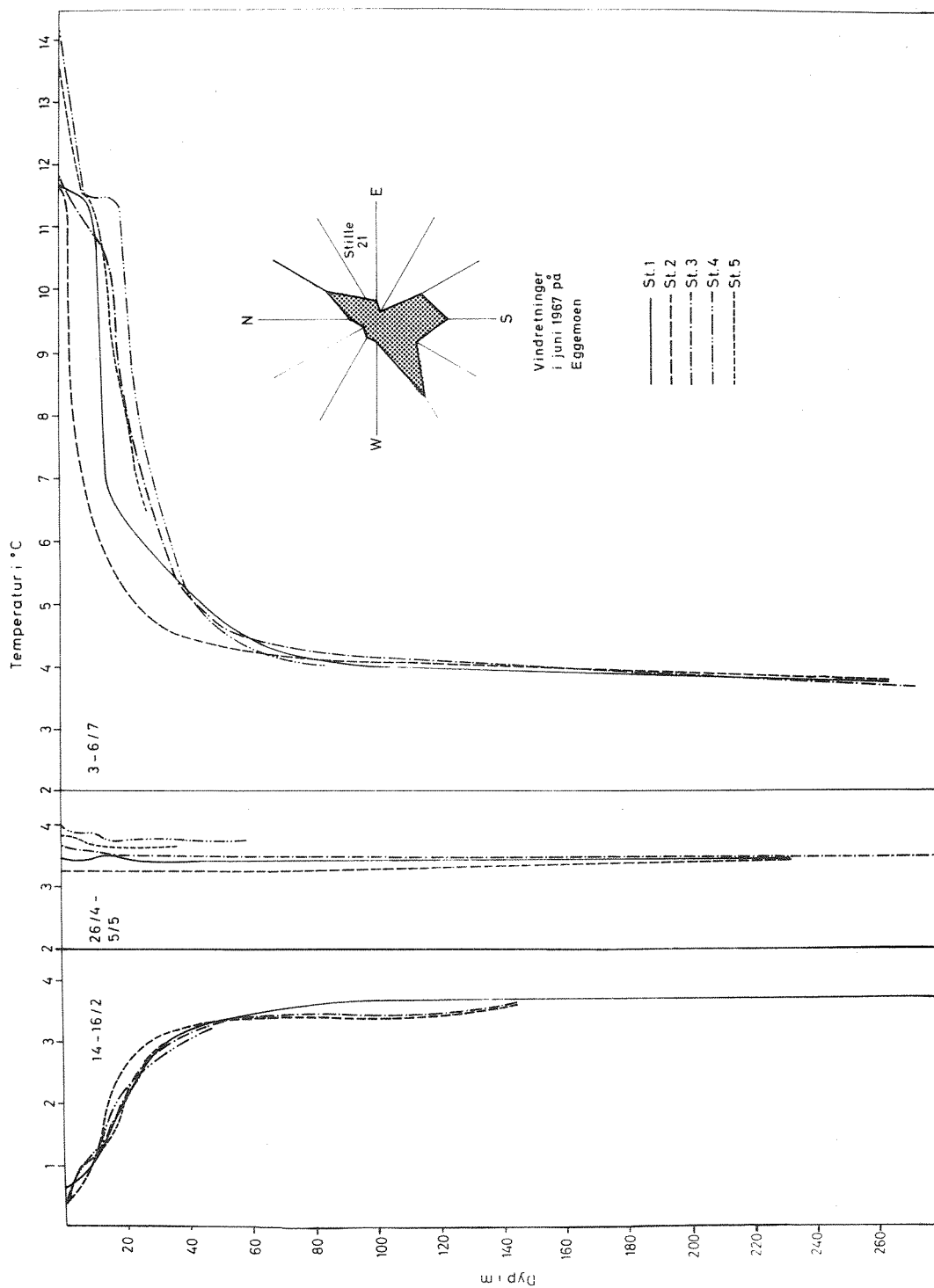


Fig. 5. Tyrifjorden - Temperaturobservasjoner i °C 1967 (NIVA 1970a)



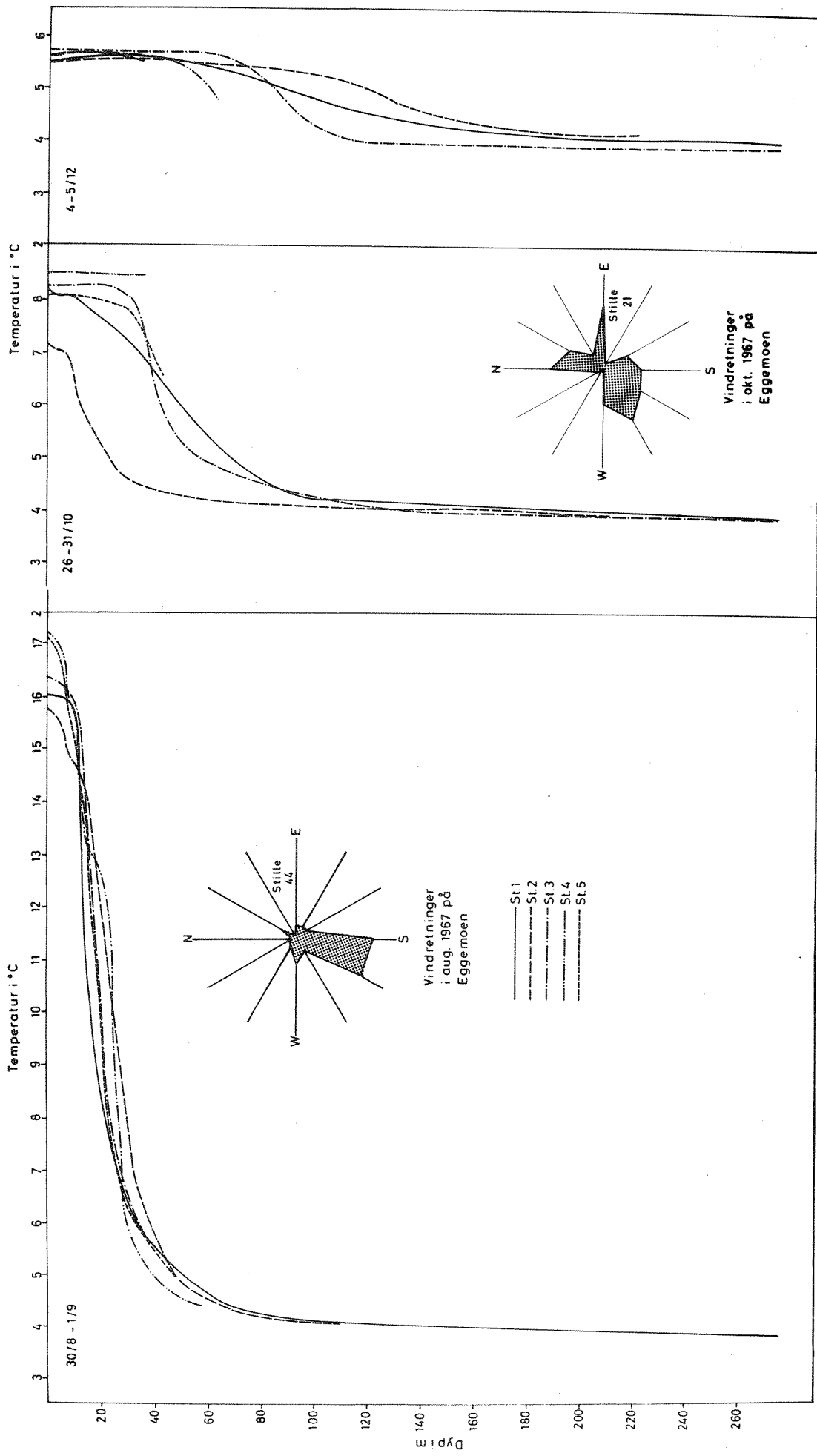


Fig. 6. Tyrifjorden - Temperaturobservasjoner i °C 1967 (NIVA 1970a)

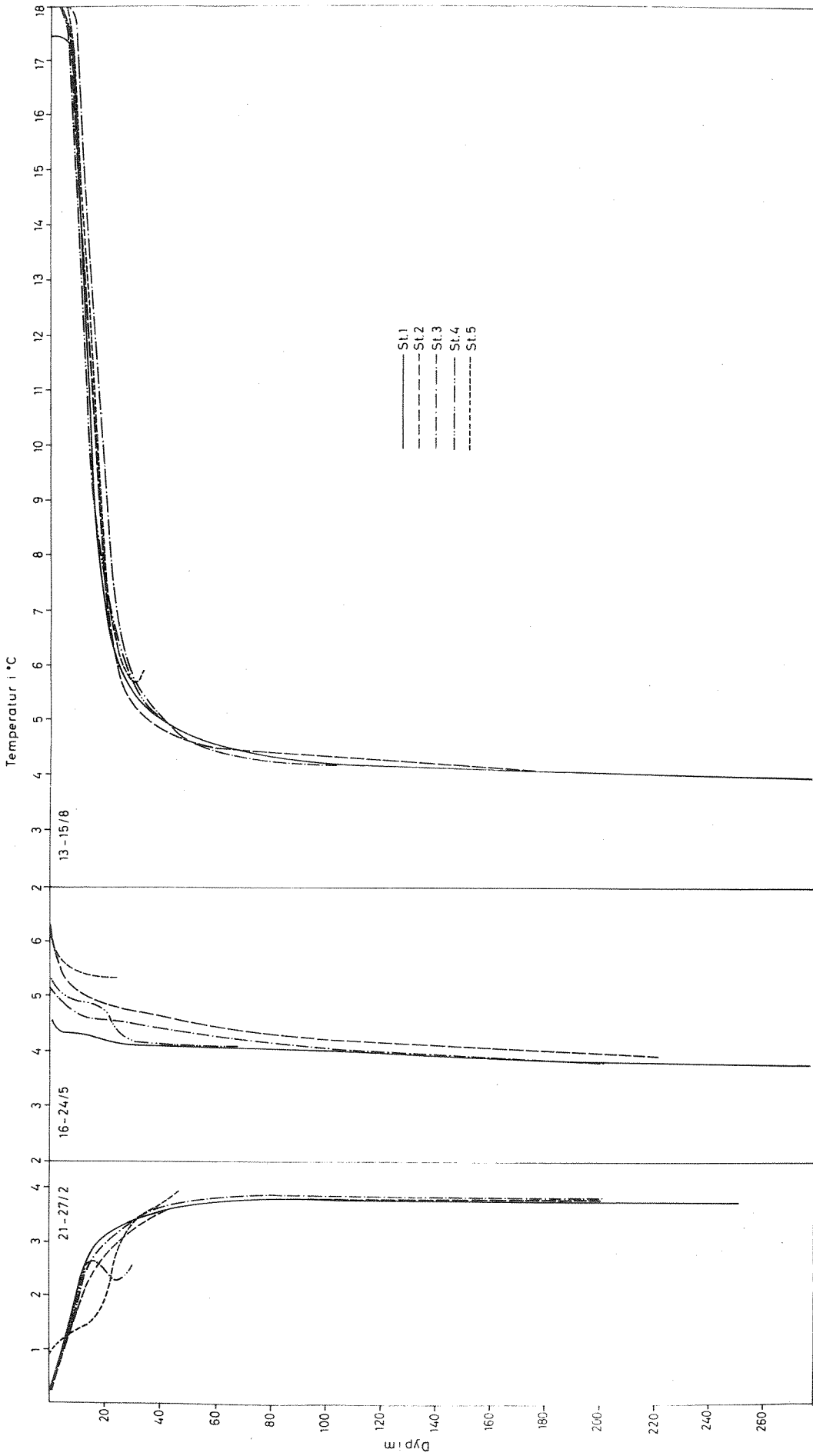


Fig. 7. Tyrifjorden - Temperaturobservasjoner i °C 1968 (NIVA 1970a)

I høst, vinter- og vårsituasjoner med svak sjiktning kan sprangsjiktets beliggenhet variere sterkt fra stasjon til stasjon. Dette er naturlig, fordi en skråttstilling av sprangsjiktet krever mindre energi jo svakere sjiktningen er.

Temperaturene synes å vise at overflatevannet i Tyrifjorden ikke kan betraktes som fullstendig blandet. Det ser imidlertid ut til at det kan være nokså store bevegelser i vannmassene, med skråttstilling av sprangsjiktet og horisontal sirkulasjon innenfor hvert lag. Vi har for få data til å kunne si noe om hvor sterk en slik sirkulasjon er, og hvor stor den horisontale blandingen er ut fra temperaturmålingene.

#### 5.2.2 Kjemiske parametre

Målinger av kjemiske parametre utført av NIVA (1970 a) viste små variasjoner både horisontalt og vertikalt i innsjøen.

Appendix 1a til 3b viser noen av måleresultatene. Gjennomsnittsverdier er beregnet både over alle stasjoner ved gitt tidspunkt og over tid for hver stasjon. De angis ved et 90% konfidensintervall, dvs. at en med 90% sannsynlighet skal kunne si at gjennomsnittet vil ligge i dette intervallet hvis antall observasjoner øker ubegrenset. Beregningsmetoden<sup>1)</sup> forutsetter at observasjonene er stokastisk uavhengige og normalfordelt i tid og rom. Hvis variasjonene delvis er lovmessige i tid og rom vil de ikke lenger være uavhengige, og fordelingen kan også avvike fra normalfordelingen. Vi kan derfor ikke anta 90% konfidensnivå i praksis, men kan regne med at det er stor sannsynlighet for at intervallene omfatter gjennomsnittet.

En ser av tabellene at selv om verdiene for ett tidspunkt kan variere sterkt fra en stasjon til en annen, adskiller gjennomsnittsverdiene seg lite fra hverandre for de forskjellige stasjoner. Det synes ikke som om noen av stasjonene var vesentlig mer påvirket av forurensninger enn andre. Det syntes å være en viss tendens til høyere verdier på stasjon 4 og 5 for turbiditet og farge som kan tas som mål på partikkelinnhold og organisk stoff. For næringssaltet nitrat var det en svak tendens andre

1)

Se f.eks. Kreyzig 1967, s. 793.

vei, mens totalfosfor ikke viste noen tegn til systematiske forskjeller mellom stasjonene. Bare for farge på 1 m dyp var forskjellen signifikant mellom stasjon 4 og 5 og de andre stasjoner ved denne analysen.

Tabellene viser imidlertid at de gjennomsnittlige forholdene kan variere signifikant fra ett tidspunkt til et annet. Det betyr at variasjonene i tid dels er parallelle over alle stasjoner. Når vi beregner gjennomsnittet på hver stasjon over tid vil de systematiske variasjoner inngå i den beregnede usikkerhet og kamuflere forskjellen mellom stasjonene. For å få forskjellene klarere fram har vi for hvert tidspunkt korrigert de observerte verdiene ved å trekke fra gjennomsnittet over alle stasjoner og dividere på tilhørende standardavvik. På den måten får vi for hvert tidspunkt et sett av verdier med gjennomsnitt 0 og standardavvik 1, som uttrykker relativt avvik fra gjennomsnittsverdi på de forskjellige stasjonene.

Hvis det ikke er systematiske forskjeller mellom stasjonene bør gjennomsnittlig avvik ikke være signifikant forskjellig fra stasjon til stasjon og ikke signifikant forskjellig fra 0 for noen stasjon.

Appendix 4a til 6b viser korrigererte data med 90% konfidensintervall for gjennomsnitt utregnet. Resultatene er vist grafisk i fig. 8. Forskjellene mellom stasjonene viser seg nå tydeligere. For farge i 1 m dyp har stasjon 4 og 5 signifikant høyere verdier enn 3 og 1, som igjen har høyere verdier enn stasjon 2. Turbiditet på 1 m dyp er signifikant større på stasjon 4 og 5 enn på stasjon 1, 2 og 4, men det er ingen gradient fra stasjon 1 til 2. For større dyp, 4 og 30 meter, er det signifikante forskjeller i farge mellom stasjon 5 og 2, på 4 meter også mellom stasjon 5 og 1.

Ellers er det få klart signifikante forskjeller. For turbiditet og nitrat+nitritt på 4 m dyp er en stasjon (henholdsvis 3 og 5) signifikant under gjennomsnittet. Siden det bare dreier seg om en av fem stasjoner kan det ikke tillegges særlig vekt når konfidensnivået er 90%.

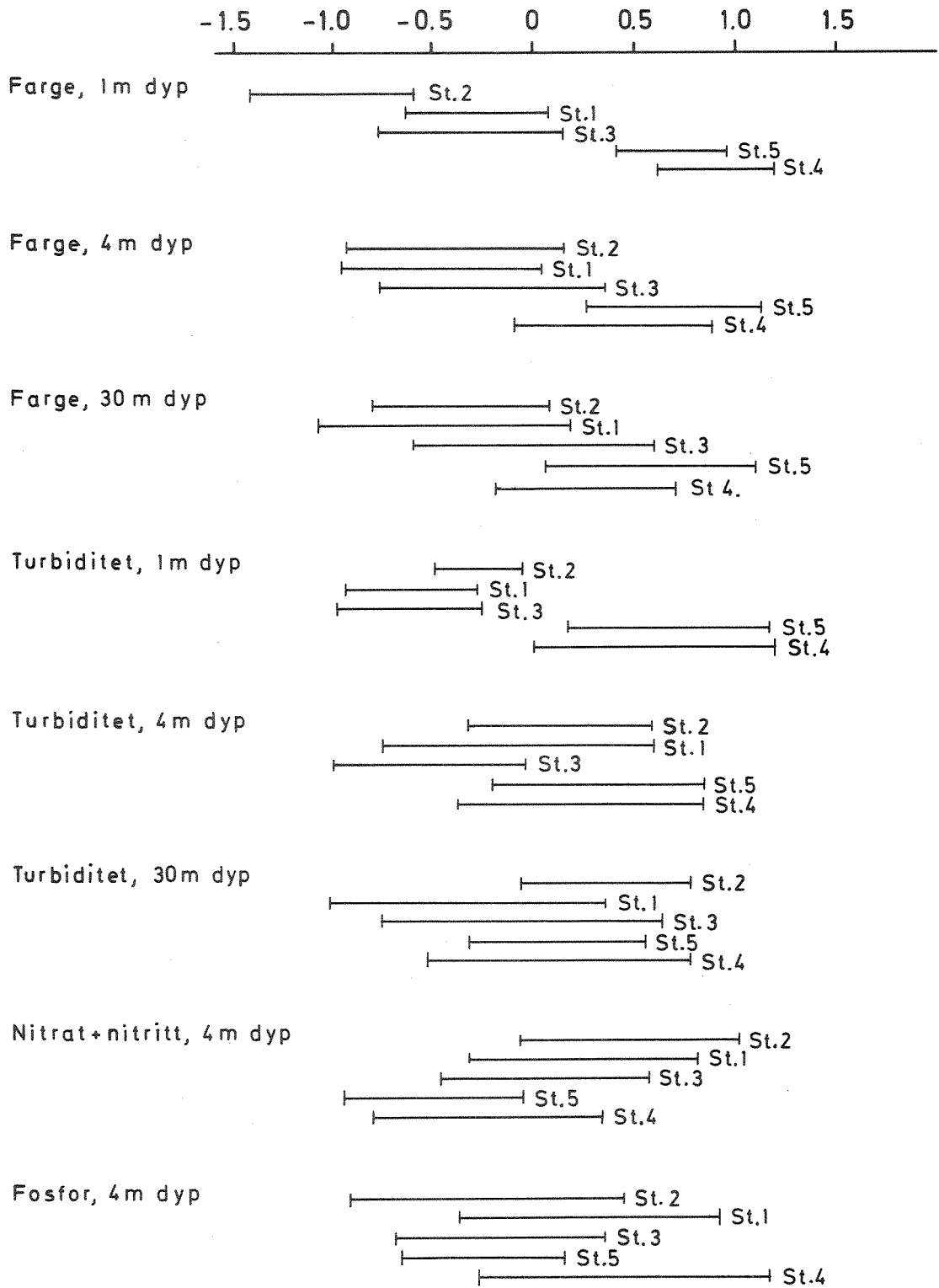


Fig.8 90% konfidensintervaller for tidsgjennomsnitt av relativt avvik fra øyeblikksmidler over alle stasjoner Etter tabell 9-11

Antakelsene om uavhengighet og normalfordeling vil antakelig gjelde bedre for de beregnede avvik enn for de observerte verdiene, og vi kan med større sikkerhet gå ut fra at signifikansnivået er omkring 90%.

I de øverste metre av overflatelaget er altså den nordvestre delen av Tyrifjorden signifikant mer påvirket av partikler og fargestoff enn Holsfjorden forøvrig, og det er rimelig å knytte dette til forurensningen av organisk stoff fra Storelva. Farge i overflaten avtar sørøstover langs hele Holsfjorden. Ellers viser ikke de data vi har analysert noen klare forskjeller fra stasjon til stasjon.

At forholdene i Tyrifjorden/Holsfjorden er såpass jevne kan skyldes flere ting.

Tabell 5 viste forhold på 10-20:1 mellom forurensningstilførslene til den vestre del av Tyrifjorden og til Holsfjorden/Steinsfjorden. Av tabell 1 ses at det tilsvarende forholdstall er ca. 50:1 for ferskvannstilrenningen. Dette innebærer at forurensningstilførsler i forhold til ferskvannstilrenningen kan være mer enn dobbelt så stor i Steinsfjorden/Holsfjorden som i den vestre del av Tyrifjorden. En kunne derfor vente å finne vesentlig sterkere forurensningsbelastning i de østre deler av Tyrifjorden enn i den nordvestlige delen. Nå er begge forholdstall usikre, og vi kan ikke påstå at det er noen klar forskjell i tilførsel pr. tilrenning. Dessuten vil selv en forholdsvis liten horisontal utskiftning av vann mellom vestlige og østlige deler bety en sterk utjevning av forskjeller. Hvis bare ca. 10% av gjennomstrømmningen, dvs.  $17 \text{ m}^3/\text{s}$ , blander seg med vannmassene østover i Holsfjorden, ville forskjellen i konsentrasjon reduseres fra 100% til 20% for et konservativt stoff.

De målte forurensningsparametrene er imidlertid ikke konservative. Selvrensningsprosesser ved infiltrasjon i jordsmonn, ved sedimentering av partikler og døde organismer på bunnen i vassdrag og innsjøer og nedbrytning av organisk materiale vil føre til at bare en del av de opprinnelige forurensningene vil gjenfinnes i vannmassene. Selvrensningen er bare effektiv for konsentrasjoner som ligger over et naturlig likevektsnivå. Tyrifjorden er svakt belastet, og det er naturlig å anta at selvrensningen relativt sett er sterkest i de mest belastede områder.

Dette vil virke utjevnende på vannkvaliteten.

Fosfortilførslene er foran stipulert til ca. 135 t/år totalt, fordelt på ca. 40 t/år i vannet fra Sperillen og Randsfjorden, og ca. 95 t/år i det lokale nedslagsfeltet. Totalfosforinnholdet i overflatelaget ved stasjon 5 nærmest utløpet er 8-10 µg P/l i gjennomsnitt for de observerte tilfeller, dvs. at ca. 45-55 t/år transporteres ut med avrenningen til Dramselva. Det ser altså ut til at ca. 80-90 t/år forsvinner ut av systemer ved selvrensningsprosesser, eller 85-95% av de lokale tilførslene.

Alle tallene her er usikre, men viser likevel at selvrensningen kan være stor.

Ut fra drøftingen foran ville vi vente en tendens til større konsentrasjoner av forurensningskomponenter i Holsfjorden/Steinsfjorden, om enn nokså svak. Imidlertid har også hastigheten på selvrensningen betydning for tilstanden i vannmassene. For Tyrifjordens vestre del er oppholdstiden av overflatelaget antakelig vesentlig kortere enn for de østre deler av Holsfjorden. Selvrensningen vil derfor være mindre effektiv her, og dette kan bevirke at en faktisk får størst konsentrasjoner i nordvestre del av Tyrifjorden. Særlig viktig er dette for organisk stoff ( $\text{BOF}_7$ ) hvor bakgrunnsbelastningen antakelig betyr mindre enn for næringssaltene N og P.

De faktorer som her er nevnt kan altså forklare at de registrerte forskjeller er små. Det er derfor ikke grunn til å tro at den jevne vannkvaliteten må skyldes sterk horisontal blanding. En kan godt ha forholdsvis lange transporttider fra øst til vest og prosentvis svak vannfornyelse for vannmassene i Holsfjorden uten at dette gir seg utslag i særlig merkbare konsentrasjonsforskjeller.

En sammenlikning mellom de 5 stasjonene i hovedbassenget og Steinsfjorden viste større forskjeller, spesielt for fosfor, som var 20-50 % høyere i Steinsfjorden enn i Holsfjorden. Med godt kjennskap til forurensningstilførsler og ferskvannstilrenning til de to områdene og vannutskiftningen

mellom dem, ville en muligens ved hjelp av en del grove antakelser kunne anslå en omtrentlig nedre grense for vannutskiftningen mellom Holsfjorden og Steinsfjorden. Å gjøre det på eksisterende grunnlag vil ha liten mening.

### 5.3 Bakteriologiske undersøkelser

#### 5.3.1 Presentasjon av data

Ved alle de tre refererte undersøkelser ble det foretatt bakteri-målinger. Bakteriekonntend kan måles på flere måter. Vi skal her konsentrere oss om coli-bakterier, dvs. tarmbakterier fra dyr og mennesker, som best indikerer påvirkning av kloakkutslipp.

Levetiden for coli-bakterier i ferskvann varierer med bl.a. lysforhold og temperatur, men antas å ligge omtrent innenfor området 2 uker til 2 måneder. Etter denne tiden skal ca. 90% av bakteriene være utdødd. Usikkerheten i en enkelt bakterieprove er stor, forskjellen mellom to enkeltprøver må være minst en størrelsesorden (1:10) for at en kan si den er signifikant. Analysemetodene er ikke standardisert, og resultatene behøver ikke å være fullstendig sammenliknbare for de forskjellige undersøkelsene<sup>1)</sup>.

I tabell 6 på neste side gjengis registrerte coli-bakterier ved NIVAs første undersøkelse (NIVA 1970a). Stasjonene er ordnet fra venstre etter antatt avtakende innvirkning fra Storelvas vannmasser.

1)

Opplysningene er gitt muntlig av siv.ing. Kari Ormerod, leder av biologiseksjonen ved NIVA.



Tabell 6. Registrerte coli-bakterier pr. 100 ml i Holsfjorden,  
etter NIVA (1970a). Stasjonsplassering kfr. fig. 1

Dyp (m)	St.4 5.5.67	St.5 5.5.67	St.3 27.4.67	St.1 26.4.67	St.2 26.4.67
1	8	2	1	0	3
4	6	1	3	2	3
8	9	1	1	1	4
16	3	0	1	1	4
30	9	1	1	3	6
50	9		4	2	2
	6.7.67	6.7.67	4.7.67	4.7.67	3.7.67
1	163	20	2	6	22
4	114	36	6	4	31
8	30	29	5	19	22
16	39	31	11	18	11
30	8	21	5	8	19
50	17	-	1	4	16
	30.8.67	30.8.67	31.8.67	31.8.67	1.9.67
1	23	75	23	52	120
4	41	77	28	92	150
8	8	18	39	50	240
16	19	14	15	21	190
30	6	4	2	4	18
	26.10.67	31.10.67	31.10.67		
1	≥ 150	45	25		
4	≥ 150	44	24		
8	≥ 170	45	35		
16	≥ 170	49	37		
30	≥ 250	63	36		
	27.2.68	26.2.68			21.2.68
1	3	77			2
4	73	70			13
8	5	90			21
16	6	61			14
25	3				

Resultatene viser et svært skiftende bilde, både når det gjelder størrelsesorden og fordeling. Den første situasjonen, 26.4.-5.5.67 er fra fullsirkulasjonsperioden om våren, med ca. 4°C over alt i vannmassen. Det var da jevnt lave bakterietall over alt (1-10), med en tendens til høyere verdier på stasjon 4 nærmest Storelvas munning, og stasjon 2 i sørenden av Holsfjorden. Lav temperatur, dvs. kort overlevelsestid, og sterk vertikal blanding av vannmassene er antakelig grunnen til de lave tallene. Målingene ble gjort ved en vannføring på 200 m<sup>3</sup>/s, før den store vårflommen, så det er ikke stor vannføring som er årsak til de lave tallene.

I begynnelsen av juli var tallene mye større, spesielt i overflatelaget på stasjon 4, men også ellers ned til 50 m dyp. Temperaturen var da ca. 11°C i middel i overflatelaget, nær den optimale temperaturen for bakteriene. Dette kan være noe av forklaringen på de forholdsvis høye tallene. Det var en forholdsvis klar tendens til høyere verdier på stasjon 4 og 5 og stasjon 2, med lavere verdier på de mellomliggende stasjonene 1 og 3 midt i Holsfjorden. Stasjon 3 hadde gjennomgående de laveste verdiene i denne situasjonen. Overflatetemperaturen var størst på stasjon 9 og 5, 13-14°C, og lavere på de andre stasjonene (12°C). 30.8.-1.9 var det også høye verdier, men nå høyest i sørenden av Holsfjorden ved stasjon 2. Overflatekonsentrasjonene for de andre stasjonene viste ikke noen klar gradient, men det ser ut til at bakterieforekomsten var spredt lengre nedover i vannmassen jo nærmere stasjon 2 en kom. Det var lav vannføring, 120 m<sup>3</sup>/s, og overflate-temperaturen var 16-17°C, varmest i den vestlige delen, stasjon 4 og 5.

I tillegg til de gjengitte resultater ble det gjort noen ufullstendige måleserier. De viser omtrent samme variasjonsområde, men gir ikke så godt bilde av variasjonen langs Holsfjorden fordi stasjoner mangler.

Senere har NIVA (1972) målt bakterieinnholdet i vannet ved Toverud utenfor det planlagte vanninntaksstedet. Dette er mellom stasjon 1 og 2 i NIVAs første undersøkelse. Resultatet for coliforme bakterier vises på neste side i tabell 7.

Tabell 7. Bakteriologiske forhold i Holsfjorden utenfor Toverud i Sylling, april-desember 1971

Coliforme bakterier (antall pr. 100 ml)

Dyp (m)	21. april	15. juni	10. august	28. sept.	15. des.
1	8	2	2	13	6
10	-	12	3	11	8
20	2	2	23	12	4
30	-	-	-	-	10
50	3	7	50	17	9
60	4	-	-	-	-

Resultatene ligger i samme område som de tidligere verdiene. Mens resultatene fra 1967 viste en tendens til sterkere konsentrasjoner i overflatelaget (1-16 m), viste målingene i 1971 en tendens motsatt vei. Noen klar forskjell er det imidlertid ikke.

Statens institutt for folkehelse foretok en større bakteriologisk undersøkelse i 1975 (SIFF 1976). Ved to anledninger ble det tatt prøver fra 35 stasjoner fordelt langs Holsfjorden, fra 4-5 forskjellige dyp på hver stasjon. Siden prøvene er tatt i løpet av 12 timer begge ganger skulle de gi et godt bilde av bakterieforholdene på et gitt tidspunkt. Stasjonsfordelingen er vist på fig. 9 .

I tabell 8 og 9 er en del av måleresultatene for fullstendig prøve (coliforme bakterier) gjengitt. Tabellene er en grov fremstilling av et snitt langs sørvestsiden av Holsfjorden. Der det er flere stasjoner på tvers av lengderetningen er stasjonen nærmest nordøstbredden angitt i parentes. Snittet er antydnet i fig. 9.

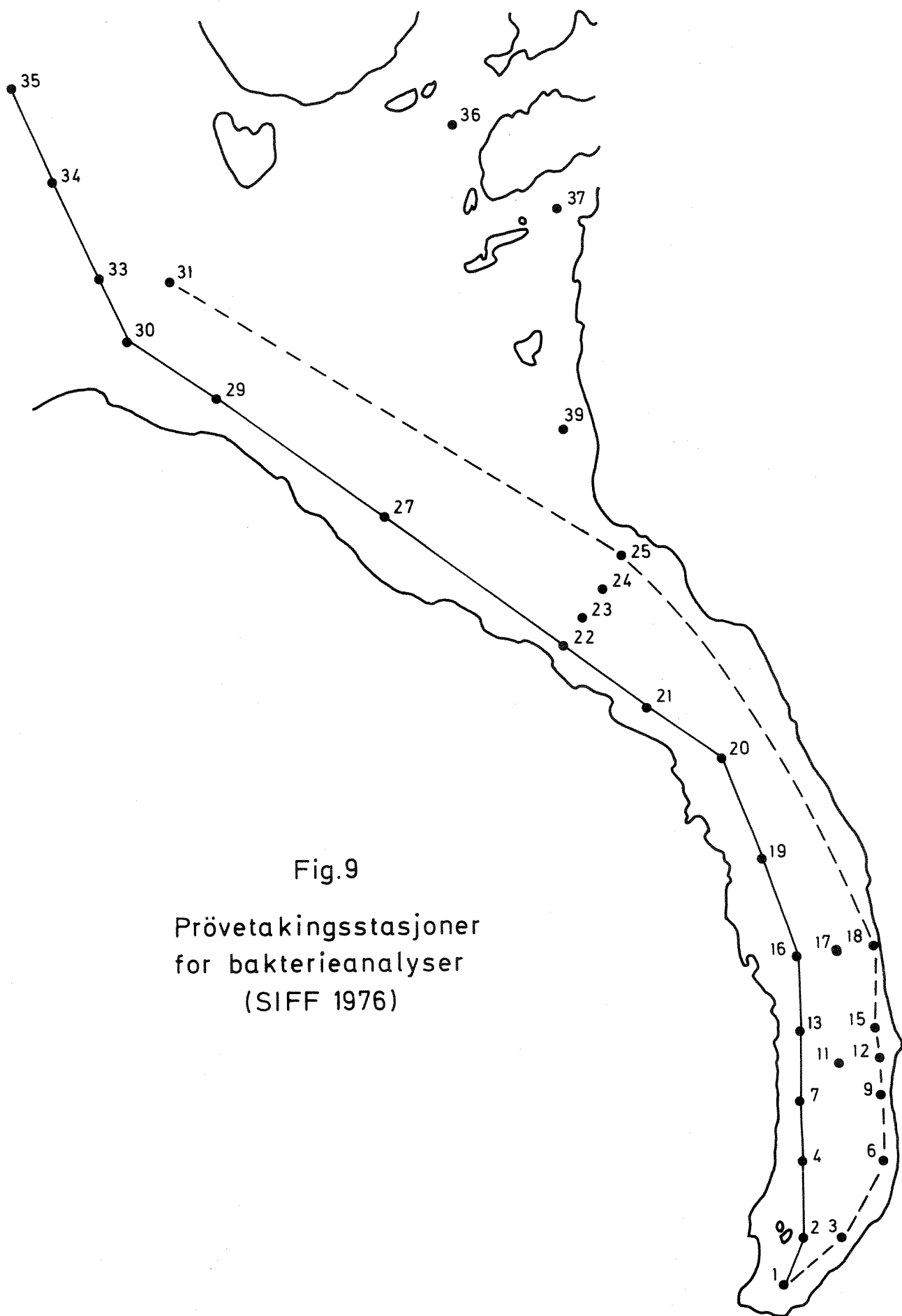


Fig.9  
Prövetakingsstasjoner  
for bakterieanalyser  
(SIF 1976)

Tabell 8. Coliforme bakterier (fullstendig prøve) pr. 100 ml, Holsfjorden 12. mai 1975  
ifølge SIFF 1976

Stasjonene er ordnet i snitt langs Holsfjordens lengdeakse. Stasjonsnr. og data satt i parentes gjelder den nordøstlige bredden, de andre stasjonene ligger langs sørvestbredden. Stasjoner i samme kolonne ligger tvers overfor hverandre (kfr. fig. 9).

Dyp i m	Stasjonsnummer	35	34	33	(31) 30	29	27	(25) 22	21	20	19	(18) 16	(15) 13	(9) 7	(6) 4	(3) 2	1
2	130	4,5	4,5	4,5	(6,8) 4,5	13	2	(2) 0	0	1,8	2	(6,8) 0	(4,5) 0	(4) 49	(6,8) 9,3	(2) 1,8	11
10	130	0	0	7,8	(2) 17	4,5	2	(7,8) 2	2	1,8	2	(4,5) 0	(0) 2	(4,5) 9,3	(6,1) 13	(6,8) 6,8	6,8
20															11		
30	130	2	2	4	(0) 2	7,8	4,5	(0) 0	0	4,5	0	(2) 4	(0) 6,8	(7,8) 4,5	(4) -	(11) 4,5	14
60	130	11	11	6,8	(0) 6,8	1,8	1,8	(0) 0	7,8	0	0	(4,5) 0	(11) 0	(17) 2	(6,8) -	(11) 4	11
100	22	11	11	11	(4) 17	0	4,5	(1,8) 7,8							(13) -	(4) 4,5	11

Tabell 9. Coliforme bakterier (fullstendig prøve) pr. 100 ml, Holsfjorden 1. september 1975, ifølge SIFF, 1976

Stasjonene er ordnet i snitt langs Holsfjordens lengdeakse. Stasjonsnr. og data satt i parentes gjelder den nordøstlige bredden, de andre stasjonene ligger langs sørvestbredden. Stasjoner i samme kolonne ligger tvers overfor hverandre (kfr. fig. 9).

Stasjonsnummer	35	34	33	(31)	29	27	(25)	21	20	19	(18)	(15)	(9)	(6)	(3)	1
Dyp i m																
2	14	7	11	(13) 2	7,8	4,5	(2) 4,5	2	4,5	0	(0) 0	(0) 4,5	(2) 0	(2) 0	(0) 0	0
10	49	4,5	33	(6,8) 7,8	0	0	(2) 6,8	0	0	2	(2) 2	(0) 2	(0) 13	(2) 0	(4,5) 0	130
30	0	0	0	(0) 1,8	0	0	(0) 0	0	2	4,5	(13) 11	(7,8) 130	(0) 49	(2) 0	(49) 13	9,3
50											(23)					
50	4,5	2	0	(0) 0	0	2	(0) 0	0	0	0	0	0	(13) 0	(32) 0	(79) 0	49
100	0	0	0	(0) 0	11	0	- 0	0	0	0	0	2	(2) 4,5	(2) 0	(79) 2	240

Tabell 8. viser sirkulasjonen 12. mai 1975. De høyeste konsentrasjonene (130) ble da funnet på stasjon 35, som ligger lengst mot nordvest, og antakelig er mest påvirket av Storelva.

Sørvestover fant en avtakende konsentrasjoner og på stasjon 27 (10 km fra nordvestbredden) var det bare en svak antydning til signifikante konsentrasjoner (>2). Over de neste 10 km sørvestover fantes bare noen få spredte registreringer > 2.

Fra stasjon 16-18 og sørover, dvs. i de sørligste 5 km av Holsfjorden, fantes imidlertid igjen jevnt over konsentrasjoner >2, opp mot 10-15 (en enkeltverdi opp mot 50 i overflaten har antakelig rent lokale årsaker).

Både i den nordvestlige og sørøstlige delen av Tyrifjorden var bakterieinnholdet spredt over hele det målte dypområdet. Dette henger sammen med at det 12. mai 1975 var fullsirkulasjon i Holsfjorden, og sterk vertikal blanding av vannmassene.

Tabell 9 viser resultatene fra 1. september 1975. Det var da tetthets-sjiktning, med overflatetemperatur 16-17°C, og et sprangsjikt omkring 15-25 meter. Sprangsjiktet var noe skråttstilt, med helning nedover mot sørøst. Ifølge SIFF var det nordvestlig vind. Også nå viste coli-analysene at det var to adskilte områder med signifikant forurensning, ett i nordvest og ett i søndre del av Holsfjorden.

Det sørlige området strakk seg fra sørenden til stasjon 16-19, omtrent som 12. mai. De høyeste konsentrasjonene, og også den største vertikalspredningen, ble funnet lengst sør, på stasjon 1. Lenger nordover (stasjon 4-16), var bakterieforekomstene hovedsakelig konsentrert mellom 30 og 60 m dyp. I overflatelaget (2 og 10 m dyp) var det bare spredte registreringer, også lengst sør.

I det nordlige området derimot fantes colibakterier så å si bare i overflatelaget, ned til mellom 10 og 30 meter. Området strakk seg fra stasjon 35 til stasjon 22. Stasjon 25 hadde lavere verdier enn 22, og

det ser ut til at påvirkningen er størst langs sørvestbredden.

De registrerte verdiene i det nordlige området var stort sett i området 2-20, med et par analyser rundt 40. I det sørlige området ble funnet verdier opp mot 250, flere verdier var over 50.

### 5.3.2 Drøfting av resultatene

#### 5.3.2.1 Vurdering av bakterieutbredelse

Bakteriemålingene er de eneste som ser ut til å gi store forskjeller fra sted til sted i Holsfjorden. Dette er naturlig, da det naturlige bakgrunnsnivå for coli-bakterier er 0, og fordi nedbrytningen går så raskt i forhold til den gjennomsnittlige oppholdstiden i vannmassene, beregnet til ca. 2,6 år (NIVA 1970a).

Resultatene viser at en vanligvis ikke har fullstendig horisontal blanding i løpet av bakterienes levetid. I resultatene fra 1967 er konsentrasjonene alment høyere i nordvest- og sørøstenden av Holsfjorden enn på mellomliggende stasjoner. Dersom de høye konsentrasjonene i sør indikerer vann fra Storelva, må disse vannmassene ha passert de mellomliggende områder med høyere bakterietall enn det en finner i sørenden. Det virker lite sannsynlig at dette skulle skje såvidt ofte som målingene i sør gir inntrykk av uten at det ble registrert på stasjon 1 og 3. Hvis vann fra Storelva var årsaken ville vi vente at det gjennomsnittlig var lavest konsentrasjoner i sørenden, og stigende nordvestover i Holsfjorden.

I Appendix 7 er vist resultatene av en statistisk analyse på coli-bakterier tilsvarende den som ble gjort for kjemiske parametre foran. Bare tidspunkter med målinger på alle stasjoner er med, prøver fra 1 m, 16 m og 30 m er behandlet under ett for å få større statistisk materiale. Siden variasjonene nå er såpass store i forhold til de absolutte verdiene vil en antakelig ha en skjev, ikke-normal fordeling av verdiene, og angitt konfidensnivå for beregnet gjennomsnitt er derfor noe usikkert.



En kan likevel med stor sannsynlighet fastslå at stasjon 1 og 3 har lavere gjennomsnittskonsentrasjoner enn stasjon 2 og 4. Stasjon 5 ser ut til å ha en verdi mellom 3 og 4, men forskjellen til stasjon 4 kan ikke påstås å være signifikant. Stasjon 3 ser ut til å ha lavest konsentrasjoner, men forskjellen mellom stasjon 3, 1 og 5 er ikke helt klar. Materialet viser ingen tegn til at stasjon 2 har lavere verdier enn stasjon 4 gjennomsnittlig, de ser ut til å ligge på samme nivå.

Appendix 8 viser resultater for farge med samme prøvetidspunkter og dyp som coli-bakteriene. En ser at konsentrasjonene avtar signifikant fra stasjon 4 til 3, derfra videre sørover er det ingen signifikant forskjell mellom stasjonene. Dersom Storelva var opphavet til all forurensning av bakterier ville vi vente at gradienten for farge og bakterier skulle gå samme vei. Forskjellen i variasjonsbilde for farge og bakterier bestyrker derfor antakelsen om at bakteriekonsentrasjonene i sørenden av Holsfjorden har vært lokalt betinget, og at de ikke skyldes en uregistrert transport av vann fra Storelva. Resultatene er vist grafisk i fig. 10.

I 1967 ble det bare målt ned til 50 meters dyp. SIFFs resultater fra 1975 går ned til 100 meters dyp og omfatter langt flere stasjoner. De gir et bedre bilde av forholdene ved et gitt tidspunkt enn NIVAs målinger, selv om statistikkene over tid er dårligere. Målingene bekrefter NIVAs resultater mht. størst konsentrasjoner i nordvest- og sørøstenden, og viser at det i alle fall ned til 100 meter ikke er noe sammenhengende bakterieforurenset område fra Storelva og til Toverud/Syilling.

Den vertikale utbredelsen av coli-bakterier er stor, og kan variere fra tid til tid. Den største vertikale utbredelsen finner en naturlig nok vår og høst rundt fullsirkulasjonsperiodene. NIVAs resultater fra 1967 viser en viss tendens til størst konsentrasjoner i overflaten mens målingene fra 1971 viser tendens til større verdier lengre ned. Dette kan stemme med at utslippet ved Syilling i juni 1968 ble overført fra overflaten til 25 meter. At forskjellen ikke er mer tydelig er naturlig.

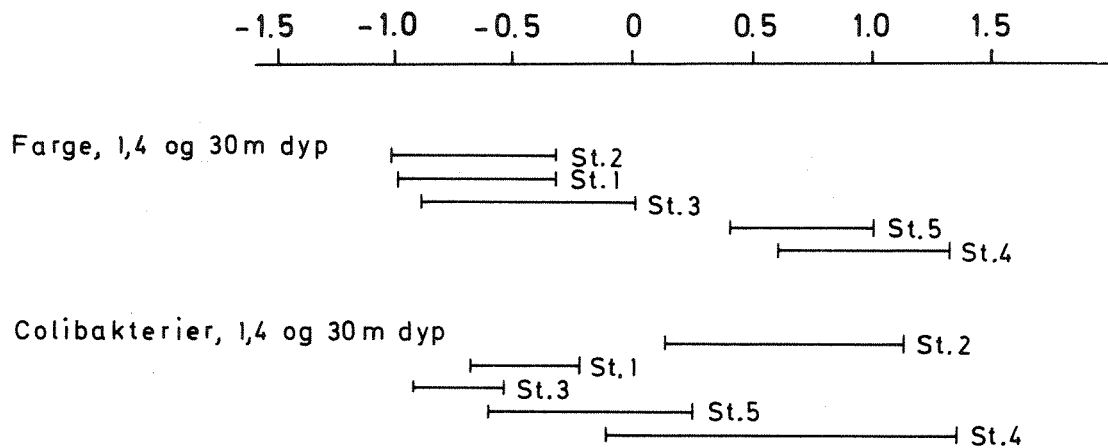


Fig.10 90% konfidensintervaller for tidsgjennomsnitt av relativt avvik fra øyeblikksmidler over alle stasjoner Etter tabell 16-17

For det første vil innlagringsforholdene kunne variere sterkt med temperatur i innsjøen og i avløpsvannet, dessuten vil bakteriene antakelig for en stor del transporteres mot overflaten bundet til flytestoffer, og mot dypet av sedimenterbare partikler.

SIFFs målinger viser jevn vertikalfordeling 12. mai 1975 ved fullsirkulasjon, mens det 1. september var størst verdier i gjennomsnitt og størst horisontal utbredelse fra 30 til 60 meters dyp i den sørøstre del av Holsfjorden. I den nordlige delen var bakteriene konsentrert i overflatelaget.

Alt i alt må også den vertikale utbredelsen av bakterier tas som indikasjon på at bakterieforekomsten i sørøstenden skyldes lokal påvirkning fra Syllingutslippet og ikke vann fra Storelva.

Det ser i det hele ut til å være lite sannsynlig at bakteriekonsentrasjonene i sørenden av Holsfjorden skulle skyldes vann fra Storelva. Det gjenstår å finne ut om det er sannsynlig at utslippet i Sylling kan forårsake de bakteriekonsentrasjoner som er observert. I det følgende skal vi se litt på dette.

#### 5.3.2.2 Vurdering av observert bakteriemengde

NIVA (1965) foretok bakterieanalyser av vannet i Storelva. Den 21.6.1963 ble det funnet verdier mellom 740 og 1320 coliforme bakterier pr. 100 ml. Verdiene synes å være nokså konstante ned gjennom vassdraget. Som gjennomsnitt skal vi anta 1000/100 ml som representativt for det vann som føres ut i Tyrifjorden. Siden prøvene bare er gjort ved ett tidspunkt er verdiene selvfølgelig nokså usikre som anslag for gjennomsnitt.

Tidspunktet tilsier at prøvene er tatt i den siste fasen av vårflommen, vannføringen kan ha vært over gjennomsnittet, men også under, anslagsvis  $150 \text{ m}^3/\text{s} - 300 \text{ m}^3/\text{s}$ . Det totale antall coli-bakterier tilført Holsfjorden kan da anslås til  $(1.5-3) \times 10^9/\text{s}$ . Med en total befolkning langs

Storelva, Ådalselva og Randselva på ca. 20 000 vil dette si  $(0,75-1,5) \times 10^4$ /s person.

Utslipet ved Sylling er på ca. 1000 p.e.<sup>1)</sup> Antas samme bakterietall pr. person som observert i Storelva, blir totalt antall tilførte coli-bakterier  $(0,75-1,5) \times 10^7$ /s. Antar vi at antall som dør er proporsjonal med bakteriemengden (eksponentiell nedbrytning) vil vi ha likevekt når

$$s = k \cdot m$$

hvor

$$s = \text{antall bakterier tilført/s}$$

$$k = \text{dødsrate, s}^{-1}$$

$$m = \text{totalt antall bakterier}$$

Dødsraten k kan bestemmes som  $k = \frac{\ln 10}{T}$  hvor T = den tid det tar før 90% av bakteriene er utdødd. Med T = 2 uker til 2 måneder får vi

$$k = 0,35-1,85 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}.$$

Den totale bakteriemengde vi ville vente å observere i Holsfjorden på grunn av bakterieutslippet i Sylling er derfor

$$m = \frac{s}{k} = (0,5-5) \times 10^{13}$$

=====

Ut fra SIFFs resultater kan vi beregne omtrent hvor mange bakterier som finnes fra 0 til 100 m dyp i den sørøstre delen. Den 12. mai 1975 strakte bakteriekonsentrasjonen seg nordover til stasjon 16 og 18, dvs. en lengde av ca. 5 km, og over hele dybdeintervallet. Bredden på sjøen her kan anslås å variere fra ca. 2 km ved 0 m dyp til 1 km ved 100 m dyp. Det berørte vannvolum er derfor ca.  $5000 \times 100 \times 1500 = 7,5 \times 10^8 \text{ m}^3$ . Bakteriekonsentrasjonene i dette vannvolumet lå stort sett på 5-10 pr. 100 ml, dette gir  $3-8 \times 10^{13}$  bakterier totalt i vannvolumet.

1. september 1975 var den horisontale og vertikale utbredelsen noe mindre, til gjengjeld var konsentrasjonene større. En beregning av

1)

Diffuse utslipp til søndre Holsfjorden er neglisjert, da de i stor utstrekning kan være infiltrert i grunnen, med stor rensegrad for coli-bakterier.

bakteriemengden er noe vanskeligere her, men hvis vi anslår volumet til  $3000 \times 30 \times 1500 = 1,35 \times 10^8 \text{ m}^3$ , og gjennomsnittlige konsentrasjoner til 20-50 pr. 100 ml skulle vi ha omtrent rett størrelsesorden. Total bakteriemengde blir da  $2,7-7 \times 10^{13}$ .

Overensstemmelsen mellom forventet og observert bakteriemengde er påfallende god tatt i betraktning de grove beregningsmetodene, og det er derfor ingen grunn til å påstå at bakterieinnholdet i Holsfjordens sørøstre del ikke kan skyldes kloakkutslippet ved Sylling.

## 6. VIRKNINGEN AV VANNUTTAKET

### 6.1 Dypvannsstrømmer generert av ferskvannsuttaket

#### 6.1.1 Generelt

Ferskvannsuttaket vil modifisere de naturlige strømmingene i dypvannet med en nettostrøm inn mot uttaksstedet. Nærmest uttaket vil denne strømmen gå radielt inn mot uttakspunktet. Lenger unna vil strømmen styres av topografien, i det aktuelle tilfelle vil det vesentlig gå en strøm sørover langs Holsfjorden mot Toverud.

Vannet vil trekkes fra et sjikt av en viss tykkelse, som bestemmes av vannføringen i uttaket og tetthetsforholdene i innsjøen. Tykkelsen av sjiktet vil være avgjørende for i hvor stor grad sjiktet vil tappes ut mellom hver sirkulasjonsperiode, og for endringene i strømbildet. Økende tykkelse gir avtakende uttapningsgrad og transporthastighet i forhold til de naturlige transportene.

Vi skal se på den teori som finnes for å beregne sjikt-tykkelse og strømhastigheter ved dypvannsuttak fra et tetthetssjiktet reservoar, anvende dette på Holsfjorden for det aktuelle uttaket og drøfte resultatet sett i sammenheng med de naturlige strømmer en må regne med.

### 6.1.2 Presentasjon av teori

Brooks og Koh (1969) har studert problemet både eksperimentelt og teoretisk og kommet fram til uttrykk for sjikttykkelsen som funksjon av horisontal avstand fra vannuttaket. Uttrykkene gjelder for to-dimensjonal strøm, det vil si for et uttak jevnt fordelt tvers over hele bredden av reservoaret, slik at hastighetene bare varierer vertikalt, og langs lengderetningen av reservoaret. Reservoaret forutsettes å ha konstant bredde.

Tettheten antas å øke lineært med dypet innenfor det sjiktet innstrømmingen foregår i, og innstrømmingen forutsettes ubegrenset av overflate og bunn. Utenom det innstrømmende sjiktet forutsettes stillestående vannmasser. Den vertikale utstrekningen av uttaket må være mye mindre enn sjikttykkelsen.

Under disse forutsetningene angis følgende uttrykk for sjikttykkelse  $d$  som funksjon av avstand  $x$  fra uttaket:

Nær utslippet, eller uten friksjon og turbulens:

$$d = 2,7 \cdot a \quad (1)$$

For turbulent tilfelle:

$$d = 8,4 \cdot a \left( k_2 \cdot \frac{x}{a} \right)^{1/4} \quad (2)$$

når  $2,7 < d \leq 13,7$

$$d = 7,14 \cdot a \left( k_2 \cdot \frac{x}{a} \right)^{1/3} \quad (3)$$

når  $d > 13,7$

her er:

$$a = \left( \frac{(Q/B)^2}{g \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dz}} \right)^{1/4} = \text{karakteristisk lengde}$$

Q = vannuttak (volum/tidsenhet)

B = bredden av reservoaret

g = tyngdens akselerasjon = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$\rho(z)$  = vannets tetthet som funksjon av dyp (z)

$k_2 = \frac{E_m}{Q/B}$  hvor  $E_m$  = turbulent diffusjonskoeffisient

$k_2 \approx 10^{-3}$  er anslått, men verdien er usikker.

Den antas av Brooks og Koh å variere mellom  $10^{-4}$  og  $10^{-2}$ . Dette gir en usikkerhetsfaktor på ca. 2 for sjikttykkelsen.

Ifølge teorien vil hastigheten variere symmetrisk rundt uttaksdypet, med størst hastighet midt i sjiktet, avtakende til null hastighet i kanten av sjiktet. Uttapningen i den midtre delen av sjiktet vil være noe større enn gjennomsnittlig for hele sjiktet, anslagsvis 50-100%.

For vannuttak i et punkt med radiell strøm inn mot uttaket, som er den mest realistiske tilnærmelsen nær uttaket, refererer Brooks og Koh bare en kvalitativ teoretisk løsning. Den er ikke bekreftet og kvantifisert av eksperimenter og kan ikke anvendes i beregninger på samme måte som ligningene foran.

Et stykke unna uttaket vil strømbildet nærme seg til det to-dimensjonale, og kan behandles som strøm mot et uttak tvers over hele bredden av reservoaret, med en vertikal utstrekning bestemt av den videre strøm inn mot uttakspunktet. Hvis sjikttykkelsen i stedet beregnes for et uttak av neglisjerbar utstrekning vil beregnet tykkelse bli mindre enn den reelle, dvs. en nedre grense. Jo lenger unna uttaket en kommer jo mindre vil forskjellen bli.

Dersom reservoarbredden varierer i lengderetning vil sjikttykkelsen variere i forhold til beregnet. Økende bredde med økende avstand fra uttaket vil antakelig føre til større tykkelse enn beregnet ved konstant

bredde under vanlige strømforhold (underkritisk strøm).

Hvis tettheten ikke varierer lineært med dypet vil innstrømmingen forskyve seg vertikalt i den retningen hvor tetthetsgradienten avtar, som regel vildet si mot økende dyp for et vannuttak under sprangsjiktet.

Verdien på  $k_2$  er anslått for turbulens skapt av innstrømmingen mot uttaket. Turbulens skapt av naturlige strømminger i respienten vil øke  $k_2$ , og derved også øke sjikttykkelsen.

### 6.1.3 Beregning for uttak i Holsfjorden

I appendix 9 og 10 er sjikttykkelsen  $d$  beregnet 1, 5, 10 og 20 km unna. uttaket ved hjelp av det gitte formelsettet. Beregningene er gjort for uttaksdyp på ca. 40 meter og ca. 75 meter og for uttak på  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  og  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Temperaturdata fra stasjon 1, NIVA (1970a) er benyttet for å bevege tettheten.

Ifølge avsnitt 4.4 tilsvarer et uttak på  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  omtrent Asker og Bærums behov alene, mens  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  tilsvarer uttak til Oslo, Asker og Bærum samlet. Øvre grense for suppleringsalternativ for gjennomsnitt over 1/2 år tilsvarer omtrent gjennomsnittet ved erstatningsalternativet, slik at en ikke behøver å skille mellom dem.

I tabell 10 er vist variasjonsområde for alle beregnede sjikttykkelser for alternative uttak, og gjennomsnittlig sjikttykkelse over alle tidspunkter, 5 km fra uttaket. Videre er gjennomsnittlig uttapningstid for et sjikt av denne tykkelsen angitt.



Tabell 10. Uttapping av dypvann ved ferskvannsuttak i Holsfjorden.  
Teoretisk beregning for stillestående vannmasser

Uttaksmengde (m <sup>3</sup> /s)	Uttaksdyp (m)	Variasjons- område for sjikttykkelse (m)	Gjennomsnittlig sjikttykkelse 5 km fra uttak (m)	Volum av gjennom- snittssjikt (10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	Uttapnings- tid (år)
1	40	4-30	10	7	22
	75	5-35	14	8	26
5	40	7-50	18	12,6	8
	75	10-65	25	14,5	9

Resultatene er bare en teoretisk beregning av sjikttykkelse og uttapningstider. De feilkilder som er drøftet i forrige avsnitt vil stort sett trekke i retning av større sjikttykkelser enn beregnet. Usikkerheten i  $k_2$  går begge veier, men virkning av turbulens fra naturlige strømminger gjør at en vil vente verdier på  $k_2 > 10^{-3}$  framfor avvik den andre veien.

De naturlige vertikale bevegelsene i vannmassene pga. vindpåvirkning, ifølge avsnitt 5.2.1 opp til  $\pm 10$  m, vil medføre at uttaket trekker vann fra forskjellige lag til forskjellige tidspunkter, og dette kan medføre at effektiv sjikttykkelse blir vesentlig større enn beregnet for stillestående vannmasser.

Hvis vi antar at sjikttykkelsene i tabell 20 er omtrent riktige, vil vi for strøm i en bredde av 2 til 5 km få en største strømhastighet (2x middelhastighet) som er av størrelsesorden 0,01 cm/s. Dette ligger langt under normale naturlige strømhastigheter i innsjøer. Bakterieanalysene antyder spredningshastigheter av størrelsesorden 5 km på 2 mndr. eller mer, dvs.  $\geq 0,1$  cm/s og strømhastighetene vil være større enn spredningshastighetene.

Konklusjonen må bli at dypvannsuttaget ikke vil endre det naturlige strømbildet vesentlig. Vannuttaket vil trekke ut en liten del av de vannmasser som strømmer fram og tilbake forbi uttaksstedet i forbindelse med

vind-dreven sirkulasjon og indre svingninger (seicher). Det blir derfor bare snakk om en rent lokal akselerasjon inn mot uttaksstedet. De beregningene som er gjort foran for stillestående vannmasser, vil selvfølgelig ikke gjelde. Hvor stor den effektive sjikttykkelsen blir, er usikkert, men den blir sannsynligvis på minst 10 meter bare på grunn av de vertikale svingningene. I alle fall vil uttaket ha svært lite å si for de horisontale blandingsprosessene i Holsfjorden, siden strømbildet ikke endres vesentlig.

Uttaket vil altså trekke vann fra et så tykt sjikt at det bare blir snakk om 5-10% uttapning pr. år. Siden en hvert år har fullsirkulasjon fra overflate til bunn i løpet av høsten, vil uttaket i praksis trekke vann fra hele dypvannmassen. Uttaket vil ikke endre de horisontale vanntransporter vesentlig, men bare påvirke den generelle vannbalansen i innsjøen.

## 6.2 Endringer i generell vannbalanse

Dypvannsuttaket vil hente vann fra hele dypvannmassen. Dette innebærer at dypvannet tappes noe ned mellom hver fullsirkulasjon, og at overflatelaget øker tilsvarende.

Volumøkningen av overflatelaget i løpet av et halvt år blir ca.  $0,8 \times 10^8 \text{ m}^3$  med et uttak på  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ . I tillegg kan det bli snakk om overflateuttak til vanning på  $2-3 \text{ m}^3/\text{s}$  om sommeren, maksimalt ca.  $0,45 \times 10^8 \text{ m}^3$  i løpet av et halvt år. I alt må altså overflatevannet tilføres ca.  $8 \text{ m}^3/\text{s}$  som et maksimum i sommerhalvåret. Dette vil delvis hentes fra den lokale tilrenningen til Holsfjorden/Steinsfjorden, og da ikke ha noen innvirkning på oppholdstiden. I tørre sommerperioder vil imidlertid mesteparten hentes ved økt netto innstrømming fra nordvest.

For helt stillestående overflatevann ville fornyelsen av overflatevannet bli ca. 5-6% i løpet av et halvt år. Sannsynligvis vil dette være uvesentlig i forhold til de naturlige strømmene.

Bare vannstandsvariasjonene (se NIVA 1970a, fig.4) innebærer en netto fram- og tilbakestrøm til Holsfjorden/Steinsfjorden på ca.  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  forsiktig regnet. Vertikale sprangsjiktssvingninger, vindsirkulasjoner etc.

vil antakelig bety at bruttostrømmene er mye større.

Med de små forskjeller i vannkvalitet en har i Holsfjorden vil påvirkningen av overflatelaget i løpet av et halvår neppe kunne merkes i det hele tatt.

For perioder lengre enn  $\frac{1}{2}$  år må en se på hele vannmassen. Nedtappingen og evt. overflateuttak innebærer at en før hver fullsirkulasjon har et noe større og nyere overflatelag enn en ville hatt ellers. Dette vil bety en endring av oppholdstiden av dypvannet. Hvor stor endringen vil bli, avhenger av hvor stor oppholdstiden er fra før. I tabell 11 nedenfor er endringen beregnet for forskjellige oppholdstider. Det antas to fullsirkulasjoner pr. år.

Tabell 11. Endring av oppholdstid T for dypvannet pga. vannuttak ved forskjellige verdier på T. Dypvannsvolum  $12 \times 10^8 \text{ m}^3$ . Dypvannsutttak  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , overflateuttak  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Nåværende oppholdstid	Oppholdstid med vannuttak
1 år	0,98 år
2,5 "	2,4 "
10 "	8 "
20 "	14 "
100 "	32 "
Ubegrenset	48 "

Dypvannets oppholdstid vil altså ikke endres merkbart hvis den er 10 år eller lavere. Bare hvis den er mer enn 20 år vil den minske vesentlig, men fremdeles da være rundt 15 år eller større. Det er lite trolig at oppholdstiden har mye å si for selvrensningsgraden så lenge den er 10-20 år eller mer. Vi kan derfor slutte at dypvannsutttaket ikke kan påvirke oppholdstiden vesentlig innenfor det området hvor den har betydning for selvrensningseffekten.

Dypvannsutttaket vil derfor ikke kunne påvirke kvaliteten av dypvannet merkbart. Ved en eventuell forverring av vannkvaliteten i Holsfjorden som følge av økte forurensningstilførsler ville vannuttakene bare innebære små forskyvninger av de generelle endringene i sjøen og neppe bidra vesentlig til forverringen.

## 7. SAMMENFATNING OG KONKLUSJON

Analysen av resultater fra tidligere undersøkelser har vist at det i 1967-68 var statistisk signifikante forskjeller langs Holsfjordens lengdeakse i overflatelaget for parametrene farge og turbiditet. For farge sank verdiene sørøstover langs hele Holsfjorden. For turbiditet var det en tendens til at de steg litt igjen fra stasjon 1 til 2, men ikke opp mot verdiene på stasjon 4 og 5 når det i det hele tatt var noen klare forskjeller. Forskjellene var små i forhold til absolutt-verdiene, og delvis kamuflert av tidsvariasjoner, og har derfor betydd lite for vannkvaliteteten. De er imidlertid en indikasjon på at Storelva hadde ulik innvirkning langs Holsfjorden, og antyder variasjonsmønsteret for parametre tilknyttet elvevannet. De intensivmålinger av farge i overflaten som ble gjort av NIVA (1970a) tyder på at dette er en parameter nær knyttet til elvevannet. For andre forurensningskomponenter som i hovedsak tilføres med elva ville en derfor vente kvalitativt samme spredningsbilde, med avtakende verdier sørøstover.

Bakteriemålingene viser mye større forskjeller langs Holsfjorden både i overflaten og i dypere lag. Dette er naturlig, fordi det ikke finnes noe naturlig bakgrunnsnivå  $> 0$ , og fordi nedbrytningstiden (levetiden) er såpass kort. Hvis bakteriene hovedsakelig kom fra Storelva ville vi derfor vente ennå mer markert det bildet fargemålingene gir. Statistisk analyse viser imidlertid at det både i sør- og nordenden var signifikant høyere bakterietall enn i midtre del av Holsfjorden, hvor det ved en del tidspunkter var stort sett bakteriefritt vann. Dessuten var verdiene i sørenden minst like høye som i nordenden. Hvis bakteriene i sørenden av Holsfjorden kom fra Storelvas vannmasser måtte konsentrasjonene statistisk sett avta sørover langs Holsfjorden fordi vannet fortynnes og bakteriene nedbrytes med tiden. Det er derfor lite sannsynlig at Storelvas vannmasser har bidratt vesentlig til bakterieforurensningene i sørenden av Holsfjorden. SIFFs resultater fra 1975 bekrefter denne konklusjonen.

De bakteriemengder som er observert i søndre Holsfjorden ser dessuten ut til å stemme godt med den en kan vente ut fra størrelsen av utslippet i Sylling. En sanering av dette utslippet skulle derfor være tilstrekkelig

for å gi tilfredsstillende bakterietall i dypvannsmassene i den sørlige del av Holsfjorden. Dette er til dels allerede gjort ved infiltrasjon av utslippet, selv om overløpet, når det er i bruk, fremdeles vil kunne gi bakteriepåvirkning.

Den horisontale blandingen er tilstrekkelig til å spre bakteriene over en avstand av ca. 5 km innenfor deres levetid, dvs. innenfor et tidsrom av ca. 2 uker til 2 måneder, varierende med tiden.

Hydrauliske beregninger av strømmen inn mot dypvannsuttaget viser at en i ellers stillestående vannmasser ville få strømhastigheter opp mot 0,01 cm/s. Dette er bare en brøkdel av de naturlige strømminger en må regne med. Uttaket vil derfor bli uvesentlig sammenliknet med de vannmasser som strømmer fram og tilbake forbi uttaksstedet, og ikke kunne påvirke strømmønsteret i stor grad. Den horisontale blandingen, som ut fra bakterietallene kan anslås ved en spredningshastighet av størrelsesorden 0,1 cm/s eller mer, vil sannsynligvis bli uendret.

Dypvannsuttaget vil i realiteten trekke vann fra hele dyplaget, og derfor bare gi små endringer i den generelle vannbalansen. Både dette uttaket og evt. overflateuttak til vanning vil kunne øke tilførselen av nytt vann noe til overflatelaget i løpet av sommerhalvåret, og øke fornyelsen av dypvannet. Det blir i begge tilfeller snakk om en forholdsvis uvesentlig endring av oppholdstiden. Overflatelaget kan få en økt tilførsel av vann fra nordvest på ca. 6% av overflatelagets volum pr. halvår. Et samlet uttak på  $8 \text{ m}^3/\text{s}$  vil bare få nevneverdig virkning på dyplagets oppholdstid dersom den fra før er 20 år eller mer. En reduksjon vil da sannsynligvis ha lite å si for innsjøens selvrensingsprosesser. Med de små forskjeller det er i vannkvalitet vil fornyingsvannet adskille seg lite fra det som tappes ut.

De planlagte vannuttak vil derfor neppe kunne påvirke vannkvaliteten i Holsfjorden merkbart, verken når det gjelder årstidsvariasjoner i overflatelaget eller midlere forhold i dyplaget.

Det synes ikke å være behov for ytterligere feltundersøkelser mht. virkningen av vannuttakene på vannkvaliteten. En undersøkelse av strømforholdene i innsjøen ville kunne underbygge eller korrigere de resultatene vi er kommet fra til her, men det er lite sannsynlig at de ville endre konklusjonene.

En generell vurdering av faren for at Holsfjorden skal endre karakter pga. økte forurensningstilførsler vil selvfølgelig måtte bygge på bl.a. strøm- og spredningsstudier.

Bakteriemålingene bør fortsettes for å kontrollere de konklusjoner som er gjort og for å se om saneringen av Sylling-utslippet er tilfredsstillende. Kanskje kunne en foreta en mer intensiv undersøkelse i den sørlige del av Holsfjorden, med hyppige bakterieregistreringer ved Sylling og Toverud parallellt med registrering av vannmengder i overløpet over en periode.

## 8. REFERANSER

Brooks, N. H. and Koh, R. C. Y., 1969

Selective withdrawal from density-stratified reservoirs.

J. of Hyd. Div. Proc. of Am. Soc. of Civ. Eng., July 1969,  
1369-1400.

Hydroconsult, 1972

Oslo vannforsyning. Tilskuddsvann fra Holsfjorden.

Forprosjekt, 8.4.1972, sak 2000. Siv.ing. Erik Ræstad A/S.

Kreyzig, E., 1967

Advanced engineering mathematics. Sec. ed., Wiley & Sons Inc.

NGO, 1975

Bosettingskart over Norge. Folketelling 1970.

Utgitt av Norges Geografiske Oppmåling 1975.

NIVA, 1965

0-348      Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Ådalselva,  
Randselva og Storelva 1963-1964.

NIVA, 1970a

0-15/64      Tyrifjorden, en limnologisk undersøkelse 1967-1968.

NIVA, 1970b

0-15/64      Randsfjorden, en limnologisk undersøkelse 1967-1968.

NIVA, 1972

0-143/70      Biologiske undersøkelser i Holsfjorden (Tyrifjorden)  
1971.

NIVA, 1973

0-111/70 Resipientvurderinger av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport nr. 1. Tidligere undersøkelser - Generelle forhold - Forurensningstilførsler.

NIVA, 1974

0-197/71 Resipientundersøkelse i sjøområdene i Stavangerregionen. Rapport nr. 1. Generelle forhold - Forurensningstilførsler - Tidligere undersøkelser.

NIVA, 1976

0-86/75 Orienterende undersøkelse av Numedalslågen  
12.-13. august 1975. 10. mars 1976.

NVE, 1958

Hydrologiske undersøkelser i Norge, utgitt av Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, Oslo 1958.

SIFF, 1976

Bakteriologiske undersøkelser i Holsfjorden (Tyrifjorden). Statens institutt for folkehelse, sanitær-kjemisk avdeling, april 1976.

BBJ/KAR

8.11.1977



A P P E N D I X

1 A

FARGE (MG PT/L) I TYRIFJORDEN, 1 M DYP  
OBSERVORTE VERDIER

DATO	STASJON:				RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	
14-16/2 67	14.000	13.000	12.000	23.000	11.670 22.730
26/4-5/5 67	17.000	17.000	17.000	19.000	16.757 18.843
3-6/7 67	17.000	17.000	18.000	19.000	16.223 21.777
30/8-1/9 67	14.000	17.000	15.000	18.000	14.635 17.765
26-31/10 67	12.000	14.000	14.000	15.000	12.757 14.843
4-5/12 67	12.000	14.000	15.000	15.000	12.955 15.845
21-27/2 68	15.000	19.000	23.000	20.000	16.774 22.426
16-24/5 68	18.000	24.000	20.000	24.000	19.270 25.530
13-15/8 68	14.000	11.000	11.000	15.000	11.248 15.152
KOLONNE- GJENNOMSNIITT, GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL					
NEDRE:	13.434	13.846	13.741	16.587	16.833
ØVRE:	16.121	18.599	18.481	20.746	22.278

1 B

FARGE (MG PT/L) I TYRIFJORDEN, 4 M DYP  
OBSERVERTE VERDIER

DATO	STASJON:					RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE	GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	4		
14-16/2 67	13.000	15.000	14.000	18.000	14.000	12.968	16.632
26/4-5/5 67	17.000	17.000	17.000	18.000	19.000	16.748	18.452
3-6/7 67	18.000	19.000	17.000	21.000	22.000	17.425	21.375
30/8-1/9 67	15.000	14.000	16.000	19.000	16.000	14.218	17.782
26-31/10 67	12.000	13.000	14.000	14.000	14.000	12.548	14.252
4-5/12 67	13.000	14.000	17.000	17.000	15.000	13.496	16.904
21-27/2 68	23.000	20.000	23.000	21.000	22.000	20.558	23.042
16-24/5 68	24.000	15.000	16.000	22.000	25.000	16.004	24.796
13-15/8 68	22.000	28.000	11.000	22.000	15.000	13.260	25.940
KOLONNE- GJENNOMSNIITT, GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL							
NEDRE:	14.585	14.318	14.091	17.458	15.444		
ØVRE:	20.304	20.127	18.131	20.764	20.556		

1 C

FARGE (MG PT/L) I TYRIFJORDEN, 30 M DYP  
OBSERVERTE VERDIER

DATO	STASJON:					RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE GRENSER FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	4	
14-16/2 67	13.000	15.000	12.000	14.000	15.000	12.558 15.042
26/4-5/5 67	19.000	17.000	17.000	19.000	20.000	17.122 19.678
3-6/7 67	14.000	15.000	17.000	16.000	16.000	14.514 16.686
30/8-1/9 67	14.000	12.000	14.000	16.000	17.000	12.743 16.457
26-31/10 67	14.000	13.000	14.000	17.000	14.000	12.955 15.845
4-5/12 67	13.000	14.000	15.500	17.000	15.000	13.455 16.345
21-27/2 68	15.000	19.000	17.000	15.000	15.000	14.496 17.904
16-24/5 68	19.000	15.000	17.000	23.000	19.000	15.774 21.426
13-15/8 68	19.000	13.000	22.000	15.000	14.000	12.998 20.202
KOLONNE- GJENNOMSNIITT, GRENSER FOR 90% KONF. INTERVALL						
NEDRE:	13.912	13.434	14.413	15.207	14.730	
ØVRE:	17.199	16.121	17.920	18.571	17.442	

2 A  
 TURBIDITET (MG SI02/L) I TYRIFJORDEN , I M DYP  
 OBSERVERTE VERDIER

DATO	STASJON:					RAD-GJENNOMSNI TT NEDRE ØVRE GRENSER FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	4	
14-16/2 67	0.600	0.600	0.300	1.500	0.500	0.258 1.142
26/4-5/5 67	1.000	1.300	0.800	1.300	1.100	0.898 1.302
3-6/7 67	1.300	1.200	1.000	1.500	1.700	1.083 1.597
30/8-1/9 67	0.500	0.300	0.100	0.600	1.000	0.177 0.823
26-31/10 67	0.400	0.500	0.700	1.100	0.500	0.374 0.906
4-5/12 67	1.000	1.500	0.600	0.600	0.600	0.481 1.239
21-27/2 68	1.000	0.600	1.200	1.500	2.500	0.678 2.042
16-24/5 68	1.400	0.600	1.700	1.800	3.100	0.859 2.581
13-15/8 68	0.300	0.200	0.300	0.400	0.400	0.240 0.400
KOLONNE- GJENNOMSNI TT, GRENSER FOR 90% KONF. INTERVALL						
NEDRE:	0.537	0.470	0.433	0.836	0.665	
ØVRE:	1.079	1.042	1.056	1.453	1.869	

2. B

TURBIDITET (MG SI02/L) I TYRIFJORDEN, 4 M DYP  
OBSERVERTE VERDIER

DATO	STASJON:			RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE	GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3		
14-16/2 67	0.600	0.900	0.400	0.400	0.383 0.977
26/4-5/5 67	0.900	0.600	0.700	1.200	0.656 1.184
3-6/7 67	1.400	1.300	1.100	1.500	1.121 1.839
30/8-1/9 67	0.900	0.500	0.100	1.500	0.247 1.233
26-31/10 67	0.600	0.600	0.900	0.800	0.612 0.868
4-5/12 67	0.800	1.100	0.700	0.600	0.562 0.958
21-27/2 68	5.600	1.000	1.100	1.900	0.388 4.052
16-24/5 68	2.200	1.500	1.700	3.100	1.455 2.665
13-15/8 68	2.500	5.300	0.200	0.500	0.161 4.039

KOLONNE-  
GJENNOMSNIITT,  
GRENSE FOR 90%  
KONF. INTERVALL

NEDRE:	0.725	0.497	0.455	0.960	0.746
ØVRE:	2.719	2.347	1.078	1.662	1.809

2 C

TURBIDITET (MG SI02/L) I TYRIFJORDEN , 30 M DYP  
OBSERVERIE VERDIER

DATO	STASJON:			4	RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE
	2	1	3		
14-16/2 67	0.600	0.600	0.500	0.500	0.508
26/4-5/5 67	1.000	0.900	0.900	1.000	0.888
3-6/7 67	1.000	0.600	1.100	1.000	0.737
30/8-1/9 67	0.600	0.100	0.700	0.900	0.134
26-31/10 67	0.600	0.600	1.100	0.800	0.603
4-5/12 67	1.000	1.000	0.700	0.600	0.667
21-27/2 68	0.600	0.500	0.400	0.500	0.440
16-24/5 68	1.300	1.200	0.700	2.300	0.682
13-15/8 68	1.500	0.300	3.500	1.000	0.524

KOLONNE-  
GJENNOMSNIITT,  
GRENSENER FOR 90%  
KONF. INTERVALL  
NEDRE:  
ØVRE:

0.702	0.432	0.482	0.586	0.576
1.120	0.857	1.652	1.259	1.447

3 A

TOTAL-FOSFOR (MYG P/L) I TYRIFJORDEN, 4 M DYP  
OBSERVERTE VERDIER

DATO	STASJON:					RAD-GJENNOMSNITT NEDRE ØVRE GRENSE FOR 90% KONF.INTERVALL
	2	1	3	5	4	
14-16.2.67	8.000	22.000	15.000	12.000	15.000	9.515 19.285
26.4-5.5	7.000	7.000	6.000	8.000	9.000	6.314 8.486
4-6.7	8.000	14.000	10.000	9.000	12.000	8.306 12.894
30.8-1.9	10.000	11.000	12.000	9.000	9.000	8.958 11.442
26-31.10	11.000	11.000	8.000	9.000	7.000	7.496 10.904
22-26.2.68	10.000	8.000	11.000	9.000	17.000	7.632 14.368
16-24.5	10.000	7.000	7.000	7.000	9.000	6.653 9.347
13-15.8	6.000	8.000	9.000	11.000	12.000	6.926 11.474
KOLONNE - GJENNOMSNITT, GRENSE FOR 90% KONF.INTERVALL						
NEDRE:	7.573	7.594	7.792	8.188	8.958	
ØVRE:	9.927	14.406	11.708	10.312	13.542	



3 B

NITRAT+NITRITT (MYG N/L) I TYRIFJORDEN, 1-4 M DYP  
OBSERVERTE VERDIER

DATO	STASJON:				RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE
	2	1	3	4	
14-16/2 67	145.000	182.000	165.000	117.000	131.692 187.908
26/4-5/5 67	170.000	170.000	160.000	167.000	152.351 172.449
3-6/7 67	125.000	155.000	143.000	115.000	111.506 147.694
30/8-1/9 67	104.000	87.000	92.000	83.000	82.528 98.272
26-31/10 67	161.000	155.000	142.000	142.000	138.204 156.996
4-5/12 67	157.000	165.000	147.000	160.000	151.431 164.169
21-27/2 68	137.000	139.000	161.000	132.000	132.883 156.317
16-24/5 68	190.000	185.000	190.000	190.000	186.870 191.130
13-15/8 68	104.000	95.000	90.000	80.000	81.982 99.618

KOLONNE-

GJENNOMSNIITT,

GJENSER FOR 90%

KONF. INTERVALL

NEDRE:

ØVRE:

125.511	126.183	122.850	108.692	115.304
161.822	170.039	163.817	154.863	164.252

4 A  
 FARGE (MG PT/L) I TYRIFJORDEN, I M DYP  
 NORMALISERT HORIZONTALT

DATO	STASJON:					RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	4	
14-16/2 67	-0.551	-0.723	-0.896	0.999	1.171	-0.953 0.953
26/4-5/5 67	-0.730	-0.730	-0.730	1.095	1.095	-0.953 0.953
3-6/7 67	-0.686	-0.686	-0.343	0.000	1.715	-0.953 0.953
30/8-1/9 67	-1.339	0.487	-0.730	1.095	0.487	-0.953 0.953
26-31/10 67	-1.643	0.183	0.183	1.095	0.183	-0.953 0.953
4-5/12 67	-1.593	-0.264	0.396	0.396	1.055	-0.953 0.953
21-27/2 68	-1.591	-0.202	1.146	0.135	0.472	-0.953 0.953
16-24/5 68	-1.339	0.487	-0.730	0.487	1.095	-0.953 0.953
13-15/8 68	0.390	-1.073	-1.073	0.878	0.878	-0.953 0.953
KOLONNE- GJENNOMSNIITT, GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL						
NEDRE:	-1.419	-0.633	-0.764	0.415	0.619	
ØVRE:	-0.588	0.072	0.147	0.958	1.192	

4 B

FARGE (MG PT/L) I TYRIFJORDEN, 4 M DYP  
NORMALISERT HORIZONTALT

DATO	STASJON:				RAD-GJENNOMSNITT NEDRE ØVRE GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	
14-16/2 67	-0.936	0.104	-0.416	1.664	-0.416
26/4-5/5 67	-0.671	-0.671	-0.671	0.447	1.565
3-6/7 67	-0.675	-0.193	-1.157	0.772	1.254
30/8-1/9 67	-0.535	-1.069	0.000	1.604	0.000
26-31/10 67	-1.565	-0.447	0.671	0.671	0.671
4-5/12 67	-1.230	-0.671	1.006	1.006	-0.112
21-27/2 68	0.920	-1.381	0.920	-0.614	0.153
16-24/5 68	0.780	-1.170	-0.953	0.347	0.997
13-15/8 68	0.361	1.262	-1.292	0.361	-0.691
KOLONNE- GJENNOMSNITT, GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL					
NEDRE:	-0.941	-0.969	-0.767	0.264	-0.103
ØVRE:	0.152	0.028	0.347	1.127	0.863

4 c

FARGE (MG PT/L) I TYRIFJORDEN, 30 M DYP  
 NORMALISERT HORIZONTALT

DATO	STASJON:					RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE	GJENNOMSNIITT GRENSENER FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	4		
14-16/2 67	-0.614	0.920	-1.381	0.153	0.920	-0.953	0.953
26/4-5/5 67	0.447	-1.043	-1.043	0.447	1.193	-0.953	0.953
3-6/7 67	-1.403	-0.526	1.228	0.351	0.351	-0.953	0.953
30/8-1/9 67	-0.308	-1.334	-0.308	0.718	1.231	-0.953	0.953
26-31/10 67	-0.264	-0.923	-0.264	1.714	-0.264	-0.953	0.953
4-5/12 67	-1.253	-0.593	0.396	1.385	0.066	-0.953	0.953
21-27/2 68	-0.671	1.565	0.447	-0.671	-0.671	-0.953	0.953
16-24/5 68	0.135	-1.214	-0.539	1.483	0.135	-0.953	0.953
13-15/8 68	0.635	-0.952	1.428	-0.423	-0.688	-0.953	0.953
KOLONNE-							
GJENNOMSNIITT,							
GRENSENER FOR 90%							
KONF. INTERVALL							
NEDRE:	-0.801	-1.082	-0.598	0.055	-0.204		
ØVRE:	0.069	0.171	0.590	1.091	0.710		

5 A

TURBIDITET (MG SI02/L) I TYRIFJORDEN, 1 M DYP  
NORMALISERT HORIZONTALT

DATO	STASJON:			4	RAD-GJENNOMSNITT NEDRE ØVRE GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3		
14-16/2 67	-0.216	-0.216	-0.863	-0.431	-0.953 0.953
26/4-5/5 67	-0.471	0.943	-1.414	0.000	-0.953 0.953
3-6/7 67	-0.148	-0.518	-1.258	1.332	-0.953 0.953
30/8-1/9 67	0.000	-0.590	-1.180	1.474	-0.953 0.953
26-31/10 67	-0.859	-0.501	0.215	-0.501	-0.953 0.953
4-5/12 67	0.352	1.610	-0.654	-0.654	-0.953 0.953
21-27/2 68	-0.503	-1.061	-0.223	1.592	-0.953 0.953
16-24/5 68	-0.354	-1.239	-0.022	1.527	-0.953 0.953
13-15/8 68	-0.239	-1.434	-0.239	0.956	-0.953 0.953
KOLONNE- GJENNOMSNITT, GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL					
NEDRE:	-0.482	-0.958	-0.991	-0.011	
ØVRE:	-0.060	0.290	-0.262	1.188	

5 B  
 TURBIDITET (MG SI02/L) I TYRIFJORDEN, 4 M DYP  
 NORMALISERT HORIZONTALT

DATO	STASJON:					RAD-GJENNOMSNITT NEDRE ØVRE	GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	4		
14-16/2 67	-0.257	0.706	-0.899	1.349	-0.899	-0.953	0.953
26/4-5/5 67	-0.072	-1.153	-0.793	1.009	1.009	-0.953	0.953
3-6/7 67	-0.212	-0.478	-1.008	1.645	0.053	-0.953	0.953
30/8-1/9 67	0.309	-0.464	-1.236	-0.077	1.468	-0.953	0.953
26-31/10 67	-1.043	-1.043	1.193	0.447	0.447	-0.953	0.953
4-5/12 67	0.193	1.640	-0.289	-0.772	-0.772	-0.953	0.953
21-27/2 68	1.758	-0.635	-0.582	-0.374	-0.166	-0.953	0.953
16-24/5 68	0.221	-0.882	-0.567	-0.410	1.638	-0.953	0.953
13-15/8 68	0.196	1.572	-0.933	-0.049	-0.766	-0.953	0.953
KOLONNE- GJENNOMSNITT, GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL							
NEDRE:	-0.338	-0.762	-1.013	-0.221	-0.386		
ØVRE:	0.580	0.599	-0.124	0.836	0.828		

5 c  
 TURBIDITET (MG SI02/L) I TYRIFJORDEN , 30 M DYP  
 NORMALISERT HORIZONTALT

DATO	STASJON:					RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	4	
14-16/2 67	0.730	0.730	-1.095	0.730	-1.095	-0.953 0.953
26/4-5/5 67	1.095	-0.730	-0.730	-0.730	1.095	-0.953 0.953
3-6/7 67	0.416	-1.664	0.936	-0.104	0.416	-0.953 0.953
30/8-1/9 67	0.330	-1.046	0.606	-1.046	1.156	-0.953 0.953
26-31/10 67	-0.965	-0.965	1.228	0.789	-0.088	-0.953 0.953
4-5/12 67	0.831	0.881	-0.771	0.330	-1.321	-0.953 0.953
21-27/2 68	0.956	-0.239	-1.434	0.956	-0.239	-0.953 0.953
16-24/5 68	-0.176	-0.302	-0.930	-0.302	1.709	-0.953 0.953
13-15/8 68	-0.148	-1.137	1.500	0.346	-0.560	-0.953 0.953
KOLONNE- GJENNOMSNIITT, GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL						
NEDRE:	-0.070	-1.027	-0.777	-0.326	-0.532	
ØVRE:	0.763	0.034	0.623	0.542	0.770	

6 Å

TOTAL-FOSFOR (MYG P/L) I TYRIFJORDEN, 4 M DYP  
NORMALISERT HORIZONTALT

DATO	STASJON:					RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	4	
14-16.2.67	-1.248	1.482	0.117	-0.468	0.117	-0.953 0.953
26.4-5.5	-0.351	-0.351	-1.228	0.526	1.403	-0.953 0.953
4-6.7	-1.030	1.412	-0.249	-0.664	0.581	-0.953 0.953
30.8-1.9	-0.153	0.614	1.381	-0.920	-0.920	-0.953 0.953
26-31.10	1.006	1.006	-0.671	-0.112	-1.230	-0.953 0.953
22-26.2.68	-0.283	-0.849	0.000	-0.566	1.697	-0.953 0.953
16-24.5	1.414	-0.707	-0.707	-0.707	0.707	-0.953 0.953
13-15.8	-1.340	-0.503	-0.084	0.754	1.173	-0.953 0.953
KOLONNE-						
GJENNOMSNIITT,						
GRENSE FOR 90%						
KONF. INTERVALL						
NEDRE:	-0.938	-0.390	-0.700	-0.679	-0.272	
ØVRE:	0.429	0.916	0.339	0.140	1.154	



**6 B**  
 NITRAT+NITRIT (MYG N/L) I TYRIFJORDEN, 1-4 M DYP  
 NORMALISERT HORIZONTALT

DATO	STASJON:					RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	4	
14-16/2 67	-0.502	0.752	0.176	-1.450	1.023	-0.953 0.953
26/4-5/5 67	0.720	0.720	-0.227	0.436	-1.649	-0.953 0.953
3-6/7 67	-0.242	1.337	0.705	-0.769	-1.032	-0.953 0.953
30/8-1/9 67	1.646	-0.411	0.194	-0.895	-0.532	-0.953 0.953
26-31/10 67	1.358	0.750	-0.568	-0.568	-0.973	-0.953 0.953
4-5/12 67	-0.120	1.077	-1.615	0.329	0.329	-0.953 0.953
21-27/2 68	-0.618	-0.455	1.333	-1.024	0.764	-0.953 0.953
16-24/5 68	0.447	-1.789	0.447	0.447	0.447	-0.953 0.953
13-15/8 68	1.426	0.454	-0.086	-1.167	-0.627	-0.953 0.953
KOLONNE- GJENNOMSNIITT, GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL						
NEDRE:	-0.085	-0.338	-0.475	-0.973	-0.821	
ØVRE:	1.000	0.880	0.555	-0.063	0.321	

7 A

COLI-BAKTERIER PR. 100 ML I TYRIFJORDEN 1967, 1.4 03 30 M DYP  
NORMALISERT HORIZONTALT

DATO, DYP	STASJON:				RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE
	2	1	3	5	
26.4-5.5,1	0.064	-0.899	-0.578	-0.257	0.953
3-6.7,1	-0.374	-0.539	-0.598	-0.333	0.953
30.8-1.9,1	1.510	-0.162	-0.875	0.403	0.953
26.4-5.5,4	0.090	-0.535	0.000	-1.069	0.953
3-6.7,4	-0.161	-0.764	-0.720	-0.049	0.953
30.8-1.9,4	1.506	0.299	-1.031	-0.012	0.953
26.4-5.5,30	0.577	-0.289	-0.866	-0.866	0.953
3-6.7,30	0.937	-0.579	-0.992	1.212	0.953
30.8-1.9,30	1.745	-0.436	-0.748	-0.436	0.953
KOLONNE- GJENNOMSNIITT, GRENSENER FOR 90% KONF. INTERVALL					
NEDRE:	0.158	-0.653	-0.904	-0.577	-0.039
ØVRE:	1.147	-0.214	-0.520	0.264	1.388

7 B

COLI-BAKTERIER PR. 100 ML I FYRIFJORDEN 1967 . 1,4 OG 30 M DYP  
OBSERVERTE VERDIER

DATO, DYP	STASJON:					RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	4	
26.4-5.5,1	3.000	0.000	1.000	2.000	8.000	-0.167 5.767
3-6.7,1	22.000	6.000	2.000	20.000	163.000	-22.040 107.240
30.8-1.9,1	120.000	52.000	23.000	75.000	23.000	19.856 97.344
26.4-5.5,4	3.000	2.000	3.000	1.000	6.000	1.218 4.782
3-6.7,4	31.000	4.000	6.000	36.000	114.000	-4.423 80.823
30.8-1.9,4	150.000	92.000	28.000	77.000	41.000	31.795 123.405
26.4-5.5,30	6.000	3.000	1.000	1.000	9.000	0.700 7.300
3-6.7,30	19.000	8.000	5.000	21.000	8.000	5.285 19.115
30.8-1.9,30	18.000	4.000	2.000	4.000	6.000	0.686 12.914
KOLONNE- GJENNOMSNIITT, GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL						
NEDRE:	7.582	-0.684	1.563	7.385	6.532	
ØVRE:	75.085	38.684	14.215	45.281	77.468	

8 A

FARGE (MG PT/L) I TYRIFJORDEN 1967. 1.4 OG 30 M DYP  
OBSERVERTE VERDIER

DATO, DYP	STASJON:					RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	4	
26.4-5.5,1	17.000	17.000	17.000	19.000	19.000	16.757 18.843
3-6.7,1	17.000	17.000	18.000	19.000	24.000	16.223 21.777
30.8-1.9,1	14.000	17.000	15.000	18.000	17.000	14.635 17.765
26.4-5.5,4	17.000	17.000	17.000	18.000	19.000	16.748 18.452
3-6.7,4	18.000	19.000	17.000	21.000	22.000	17.425 21.375
30.6-1.9,4	15.000	14.000	16.000	19.000	16.000	14.218 17.782
26.4-5.5,30	19.000	17.000	17.000	19.000	20.000	17.122 19.678
3-6.7,30	14.000	15.000	17.000	16.000	16.000	14.514 16.686
30.8-1.9,30	14.000	12.000	14.000	16.000	17.000	12.743 16.457
KOLONNE- GJENNOMSNIITT, GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL						
NEDRE:	14.933	14.816	15.678	17.353	17.178	
ØVRE:	17.239	17.406	17.211	19.314	20.599	

8 B

FARGE (MG PT/L) I TYRIFJORDEN 1967, 1, 4 OG 30 M DYP  
NORMALISERT HORIZONTALT

DATO, DYP	STASJON:				RAD-GJENNOMSNIITT NEDRE ØVRE GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL
	2	1	3	5	
26.4-5.5, 1	-0.730	-0.730	-0.730	1.095	0.953
3-6.7, 1	-0.686	-0.686	-0.343	0.000	0.953
30.8-1.9, 1	-1.339	0.487	-0.730	1.095	0.953
26.4-5.5, 4	-0.671	-0.671	-0.671	0.447	0.953
3-6.7, 4	-0.675	-0.193	-1.157	0.772	0.953
30.8-1.9, 4	-0.535	-1.069	0.000	1.604	0.953
26.4-5.5, 30	0.447	-1.043	-1.043	0.447	0.953
3-6.7, 30	-1.403	-0.526	1.228	0.351	0.953
30.8-1.9, 30	-0.308	-1.334	-0.308	0.718	0.953
KOLONNE- GJENNOMSNIITT, GRENSE FOR 90% KONF. INTERVALL					
NEDRE:	-0.994	-0.975	-0.861	0.426	0.629
ØVRE:	-0.317	-0.307	0.027	1.025	1.347

9 A

UTTAK= 1.0 KUBIKKMETER/SEK  
 DYP= 40.0 M  
 STRØMNINGSBREDDEN 1600. M , K2=.001

DATO	TEMP. (CELS) FOR DYP		KARAKTERISTISK LENGDE(M)	SJIKT-TYKKELSE D(M) FOR X=			
	30.0M	50.0M		1000. M	5000. M	10000. M	20000. M
17/3-66	3.21	3.54	0.72	6.55(2)	9.79(2)	12.32(3)	15.53(3)
23.5-66	3.82	3.80	*****	*****	*****	*****	*****
30.8-66	5.21	4.36	0.51	5.11(2)	7.84(3)	9.83(3)	12.45(3)
23.11-66	5.37	5.30	0.85	7.43(2)	11.11(2)	13.89(3)	17.38(3)
14.2-67	2.90	3.42	0.59	5.65(2)	8.59(3)	10.82(3)	13.63(3)
26.4-67	3.41	3.44	1.34	10.44(2)	15.62(2)	13.67(3)	23.52(3)
4/7-67	5.76	4.81	0.45	4.59(2)	7.13(3)	8.99(3)	11.32(3)
31.8-67	6.40	5.01	0.38	4.07(2)	6.41(3)	6.07(3)	10.17(3)
27.10-67	7.31	6.00	0.35	3.30(2)	6.04(3)	7.60(3)	9.58(3)
5.12-67	5.60	5.50	0.75	6.77(2)	10.13(2)	12.70(3)	16.00(3)
22.2-68	3.40	3.70	0.81	7.15(2)	10.69(2)	13.32(3)	16.79(3)
16.5-68	4.08	4.05	1.91	13.64(2)	20.40(2)	24.26(2)	29.83(3)
14.8-68	5.45	4.71	0.50	4.96(2)	7.64(3)	9.63(3)	12.13(3)
4.12-68	4.10	4.13	*****	*****	*****	*****	*****

( ) : FORMEL NR.  
 \*\*\*\*\*: USEGRENSET

9 B

UITTAK= 1.0 KUBIKKMETER/SEK  
 DYP= 75.0 M  
 STRØMNINGSBREDE 1400. M , K2=.001

DATO	TEMP. (CELS) FOR DYP		KARAKTERISTISK LENGDE(M)	SJKI-TYKKELSE D(M) FOR X=			
	50.0M	100.0M		1000. M	5000. M	10000. M	20000. M
17/3-66	3.54	3.79	1.24	9.36(2)	14.75(2)	17.74(3)	22.35(3)
23.5-66	3.80	3.78	*****	*****	*****	*****	*****
30.8-66	4.36	4.06	1.19	9.58(2)	14.32(2)	17.29(3)	21.78(3)
23.11-66	5.30	4.18	0.65	6.12(2)	9.21(3)	11.60(3)	14.61(3)
14.2-67	3.42	3.72	1.10	9.01(2)	13.43(2)	16.37(3)	20.63(3)
26.4-67	3.44	3.43	*****	*****	*****	*****	*****
4/7-67	4.31	4.01	0.31	7.19(2)	10.75(2)	13.39(3)	16.88(3)
31.3-67	5.91	4.12	0.74	6.68(2)	9.99(2)	12.55(3)	15.82(3)
27.10-67	6.00	4.23	0.53	5.23(2)	8.01(3)	10.09(3)	12.72(3)
5.12-67	5.50	4.80	0.67	6.19(2)	9.30(3)	11.72(3)	14.76(3)
22.2-68	3.70	3.80	1.71	12.55(2)	18.77(2)	22.32(2)	27.70(3)
16.5-68	4.95	4.00	2.49	16.64(2)	24.88(2)	29.59(2)	35.58(3)
14.3-68	4.71	4.20	0.89	7.69(2)	11.50(2)	14.22(3)	17.91(3)
4.12-68	4.13	4.03	2.11	14.70(2)	21.97(2)	26.13(2)	31.86(3)

( ) : FORMEL NR.  
 \*\*\*\*\* UBEGRENSET

10 A

UTTAK= 5.0 KUBIKKMETER/SEK  
 DYP= 40.0 M  
 STRØMNINGSBREDE 1600. M , K2=.001

DATO	TEMP.(CELS) FOR DYP			KARAKTERISTISK LENGDE(M)	SJKI-TYKKELSE D(M) FOR X=			
	30.0M	50.0M	50.0M		1000. M	5000. M	10000. M	20000. M
17/3-66	3.21	3.54	3.80	1.60	11.97(2)	17.90(2)	21.28(2)	26.55(3)
23.5-66	3.82	3.80	3.80	*****	*****	*****	*****	*****
30.8-66	5.21	4.36	4.36	1.15	9.34(2)	13.96(2)	16.90(3)	21.29(3)
23.11-66	5.37	5.30	5.30	1.90	13.59(2)	20.32(2)	24.17(2)	29.72(3)
14.2-67	2.90	3.42	3.42	1.32	10.34(2)	15.46(2)	18.50(3)	23.31(3)
26.4-67	3.41	3.44	3.44	2.99	19.10(2)	28.56(2)	33.96(2)	40.38(2)
4/7-67	5.76	4.81	4.81	1.00	8.39(2)	12.55(2)	15.37(3)	19.36(3)
31.8-67	6.40	5.01	5.01	0.85	7.44(2)	11.12(2)	13.80(3)	17.39(3)
27.10-67	7.31	6.00	6.00	0.78	6.95(2)	10.40(2)	13.00(3)	16.38(3)
5.12-67	5.60	5.50	5.50	1.88	12.38(2)	18.52(2)	22.02(2)	27.36(3)
22.2-68	3.40	3.70	3.70	1.80	13.07(2)	19.54(2)	23.24(2)	28.71(3)
16.5-68	4.08	4.05	4.05	4.27	24.95(2)	37.31(2)	44.37(2)	52.76(2)
14.8-68	5.45	4.71	4.71	1.11	9.07(2)	13.56(2)	16.46(3)	20.74(3)
4.12-68	4.10	4.13	4.13	*****	*****	*****	*****	*****

( ) : FORMEL NR.  
 \*\*\*\*\*: USEGENSET



10 B

UTTAK= 5.0 KUBIKKÅETER/SEK  
 DYP= 75.0 M  
 STRØMNINGSDREDD 1400. M , K2=.001

DATO	TEMP. (CELS)	FOR DYP		KARAKTERISTISK LENGDE (M)	SJKT-TYKKELSE D(M) FOR X=		
		50.0M	100.0M		1000. M	5000. M	10000. M
17/3-66	3.54	3.79	2.77	18.03(2)	26.96(2)	32.07(2)	38.22(3)
23.5-66	3.80	3.73	2.66	***** (1)	***** (1)	***** (1)	***** (1)
30.8-66	4.36	4.06	1.46	17.22(2)	26.19(2)	31.15(2)	37.24(3)
23.11-66	5.39	4.13	2.46	11.18(2)	16.72(2)	19.89(2)	24.99(3)
14.2-67	3.42	3.72	2.46	16.48(2)	24.64(2)	29.30(2)	35.27(3)
26.4-67	3.44	3.43	*****	***** (1)	***** (1)	***** (1)	***** (1)
4/7-67	4.31	4.01	1.82	13.15(2)	19.66(2)	23.38(2)	28.86(3)
31.8-67	5.01	4.12	1.65	12.22(2)	18.27(2)	21.73(2)	27.04(3)
27.10-67	6.09	4.23	1.19	9.26(2)	14.30(2)	17.26(3)	21.74(3)
5.12-67	5.50	4.80	1.49	11.31(2)	16.91(2)	20.11(2)	25.25(3)
22.2-68	3.70	3.80	3.82	22.96(2)	34.33(2)	49.82(2)	48.55(2)
16.5-68	4.05	4.09	5.56	30.42(2)	45.49(2)	54.10(2)	64.34(2)
14.8-68	4.71	4.20	1.99	14.06(2)	21.02(2)	25.00(2)	30.63(3)
4.12-68	4.13	4.08	4.71	26.87(2)	40.18(2)	47.78(2)	56.83(2)

( ) : FORMEL NR.  
 \*\*\*\*\* : UBEGRÆNSET