

1324

**O - 8000302**

**Nasjonalt program for overvåking av vannressurser**

**Pilotprosjekt Iddefjorden 1979**



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80  
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60  
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-80003 - 02
Undernummer:
Løpenummer: 1324
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Pilotprosjekt Iddefjorden 1979	Dato: 21. oktober 1981
	Prosjektnummer: 8000302
Forfatter(e): Magnusson, Jan Ormerod, Kari Skei, Jens	Faggruppe: Fjordseksjon
	Geografisk område: Østfold
	Antall sider (inkl. bilag): 36

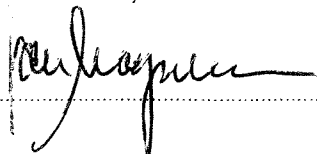
Oppdragsgiver: Miljøverndepartementet ved Statens forurensningstilsyn	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:  
Overvåkingsprogrammet i Iddefjorden 1979 omfattet hydrografi og målinger av oksygeninnhold samt overflatevannets kvalitet bedømt bl.a. ut fra siktedyp og konsentrasjon av lignin, samt bakterieinnhold. Reduserte utslipp fra treforedlingsindustri siden 1977 har gitt utslag i en viss økning av oksygeninnholdet i vannmassene over ca. 20 m. Også siktedypet er blitt noe bedre, men overflatevannet var fremdeles sterkt preget av industriutslipp. Innholdet av tarmbakterier var klart høyere enn grensene for egnet badevann.

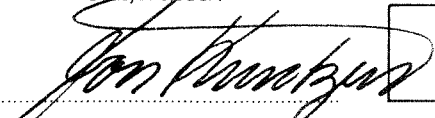
4 emneord, norske:
1. Overvåking
2. Oksygenforhold
3. Treforedling
4. Iddefjorden

4 emneord, engelske:
1. Monitoring
2. Oxygen situation
3. Pulp and paper
4. Iddefjord

Prosjektleder:

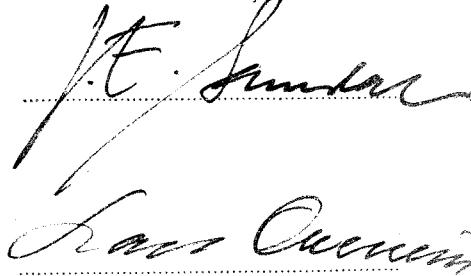


Seksjonsleder:



ISBN 82-577-0425-3

For administrasjonen:



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

0-8000302

NASJONALT PROGRAM FOR OVERVÅKING AV VANNRESSURSER

PILOTPROSJEKT IDDEFJORDEN 1979

Oslo, 21. oktober 1981

Saksbehandler : Jan Magnusson

Medarbeidere : Kari Ormerod

Jens Skei

For administrasjonen : J. E. Samdal

Lars N. Overrein

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	4
SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	5
1. INNLEDNING	7
2. TILFØRSLER	7
3. OBSERVASJONER I 1979	10
4. RESULTATER	13
4.1 Analysemetoder	13
4.2 Vannutskiftning og oksygenforhold	13
4.3 Overflatevannsobservasjoner - 1979	19
4.4 Bakteriologiske undersøkelser	26
LITTERATUR	33

## TABELLFORTEGNELSE

Tabell nr.

1. Beregnet produksjon og utslipp fra Saugbrugsforeningen i tonn/år (SFT)	8
2. Målte utlipp av suspendert organisk stoff for 1979 av Saugbrugsforeningen i Halden	9
3. Tokter og observasjoner i Iddefjorden 1979	11
4. Middlere oksygenkonsentrasjon (ml/l) i dypintervallet 7,5-22,5 meter og 22,5 meter til bunn samt standardavvik for middelvei (i parentes) basert på månedsobservasjoner i perioden juni-oktober 1977-79	19
5. Resultatene for parameteren kintall i 1979	34
6. Resultatene for parameteren termostabile coliforme bakterier i 1979	34
7. Rangering av prøvestedene med hensyn til bakteriekonsentrasjon	35
8. Middelveidier og variasjonsområder for bakteriekonsentrasjoner i Iddefjorden i perioden 19. juni til 3. september 1979	36

FIGURFORTEGNELSE

Figur nr.	Side:
1. Stasjoner i Iddefjorden mai-oktober 1979	12
2. Saltholdighetsvariasjonen ( $^{\circ}/\text{oo}$ ) ved st. 9, 1979	12
3. Temperaturvariasjoner ( $^{\circ}\text{C}$ ) ved stasjon 5, juni 1977 - november 1979	14
4. Saltholdighetsvariasjon ( $^{\circ}/\text{oo}$ ) ved stasjon 5, juni 1977 - november 1979	14
5. Oksygen/hydrogensulfidvariasjonen (ml/l) ved stasjon 5, juni 1977 - november 1979	15
6. Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) og saltholdighetsvariasjonen ( $^{\circ}/\text{oo}$ ) ved st. 2, mai - november 1979	16
7. Oksygen/hydrogensulfidvariasjon (ml/l) ved stasjon 2, juni 1977 - november 1979	17
8. Oksygen/hydrogensulfidvariasjonen (ml/l) ved stasjon 1, juni - oktober 1978 og mai - november 1979	17
9. Vannføringen i Tista (ukemiddel) i perioden mai - november 1979	20
10. Variasjoner i gjennomsnittskonsentrasjonen av humus for samtlige stasjoner i 1978 og 1979	21
11. Variasjoner i gjennomsnittskonsentrasjonen av lignin på samtlige stasjoner i 1978 og 1979	22
12. Gjennomsnittskonsentrasjonen av lignin og gjennomsnittlig siktedyp på stasjon 5 for perioden 1977-1979	23
13. Gjennomsnittlig siktedyp på de enkelte stasjonene for årene 1977, -78 og -79 (skravert område markerer maksimums- og minimumsverdier på hver stasjon)	25
14. Middelerverdier og variasjonsområder for konsentrasjoner av kimtall i Iddefjorden i perioden 19. juni til 3. september 1979	28
15. Middelerverdier og variasjonsområder for konsentrasjoner av termostabile coliforme bakterier i Iddefjorden i perioden 19. juni til 3. september 1979	30

FORORD

På oppdrag fra Miljøverndepartementet ved Statens forurensningstilsyn (brev av 13/6 og 7/10 1979) ble det som forberedelse til et nasjonalt program for overvåking av vannressurser startet pilotprosjekter i et utvalg vannforekomster: Målselva/Barduelva, Glåma nedstrøms Øyeren, Iddefjorden, Saudafjorden og Sørfjorden (Hardanger).

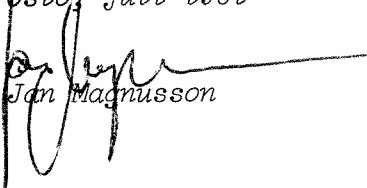
Foreliggende rapport er den fjerde om Iddefjorden og gir resultater av virksomheten i 1979. Arbeidet er utført i henhold til avtale basert på instituttets programforslag (O-8000302).

Instituttet takker Halden kommune og de lokale medarbeidere, E. Høvik og Aa. Sjøberg for assistanse i forbindelse med innsamling av vannprøver og salininotermobservasjoner, dessuten Jan Bladh ved Fiskeristyrelsens Hydrografiske avdeling, Göteborg, for også dette år å ha stilt innsamlede data til disposisjon for rapporten. Analysene av lignosulfonsyre (lignin) og humus er som tidligere utført av Dr. Gunnar Nyquist ved Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, som også takkes for samarbeidet.

I årets rapport inkluderes også et samarbeide med Byveterinær L. Farstad i Halden, som takkes for de data som han har stilt til prosjektets disposisjon.

Rapporten er skrevet av J. Magnusson (hydrografi, vannutskiftning), J. Skei (overflatevannkvalitet) og Kari Ormerod (bakterier).

Oslo, juli 1981

  
Jan Magnusson

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

1. På grunnlag av rens tiltak er det beregnet at utslippene fra Saugbrugsfor-  
eningen i Halden har minket fra 22.000 tonn lett nedbrytbart organisk stoff  
i 1978 til ca. 9.000 tonn i 1979. Beregningene er ikke kontrollert ved mål-  
inger i 1979. Tilsvarende var utslipp av suspendert organisk stoff beregnet  
å reduseres fra ca. 9500 tonn i 1977 til ca. 2000 tonn fra 1978. Bedriftens  
målinger har vist utslipp på ca. 2300 tonn pr. år, dvs. noe høyere enn be-  
regnet. (Produksjon har dessuten vært mindre enn antatt).

I 1979 antas bedriften å ha sluppet ut maks. ca. 700 tonn organisk bundet  
klor fra blekeriet. Tungmetallforurensninger er stoppet ved at utslippet  
av kisaske opphørte i 1978.

2. Halden kommune tok Sentralrenseanlegget i bruk ved månedsskiftet januar/  
februar 1979. Det kjemiske anlegget har tilknyttet 5-7.000 p.e. av de plan-  
lagte 16.-17.000 p.e., dvs. en fjerning av vel 100 tonn lett nedbrytbart  
organisk stoff og ca. 5 tonn fosfor pr. år.
3. Vannutskiftningen under terskelnivå (9 m) i perioden mai-oktober har vært  
noe større i 1979 sammenlignet med 1978 for indre deler av Iddefjorden  
(sør for Halden), og noe mindre i ytre fjord (vest for Halden).
4. Oksygeninnholdet har for perioden juni-oktober vært høyere i 1979 sammen-  
lignet med 1977 og 1978, spesielt i vannmassene over 20 meters dyp. I de dyp-  
ere vannmasser har det ikke vært noen bestemt tendens til bedring fra 1977.
5. Gjennomsnittskonsentrasjonene av humus i overflatevannet var omtrent som i  
1978 ved hvert tokt. Den gjennomsnittlige ligninkonsentrasjonen var lavere  
i 1979. Sammenlignet over 1977, -78 og -79 viser ligninkonsentrasjonen i  
ytre fjord en klar nedgang, men den største forskjell mellom 1977 og 1978.
6. Siktedypet har forbedret seg i de tre observasjonsår 1977-79.  
Den største forbedring skjedde 1977 til 1978.
7. pH-målingene i overflatevannet i 1979 viste verdier mellom 5,4 og 7,2.  
De høyeste pH-verdier ble målt i begynnelsen av bedriftsstansen ved

Saugbrugsforeningen. Forøvrig ble pH-verdier omkring 6 ofte observert. De lave pH-verdiene kan ikke utelukkes å ha negative effekter på marine organismer i overflatelaget.

8. I 1979 ble vannets turbiditet, farge og innhold av organisk stoff og fosfat målt. Resultatene viser ingen enkle entydige sammenhenger og vil eventuelt bli nærmere behandlet i senere rapporter.
9. I 1979 ble det innsamlet overflateprøver til analyse av totalantall bakterier (kimtall) og termostabile koliforme bakterier. Utenom fellesferien på Saugbrugsforeningen ble de største bakteriekonsentrasjoner ved de fleste tilfeller målt ved stasjon 4 (se Fig. 1), mens det i fellesferien var liten forskjell mellom prøvestedene 10, 4 og 5. Den store konsentrasjonen av bakterier ved stasjon 4 utenom fellesferien (større enn stasjon 10) tyder på en stor produksjon av bakterier i vannmassen dvs. et stykke fra utslippet. Ved bedriftsstansen i fellesferien avtok bakteriekonsentrasjonen kraftig, slik at det er rimelig å anta at organisk stoff fra bedriften har vært en vesentlig kilde til bakterieproduksjonen.
10. Konsentrasjonene av termostabile koliforme bakterier i Iddefjordens overflatevann i 1979 var klart over de nivåer som ansees å utgjøre øvre grense for tjenlig badevann. Under fellesferien var vannkvaliteten ved stasjon 1, 2 og 9 under tvil egnet til badevann, men uegnet ved stasjonene 10, 4, 5 og 7.

Avtakende nivå av coliforme bakterier i fellesferien tyder på utslipp fra Saugbrugsforeningen av bakterie-slekten *Klebsiella*, som i analysen blir tatt for coliforme bakterier, men ikke er indikator på fecal forurensning. Imidlertid er *Klebsiella* i seg selv en potensiell sykdomsfremkallende bakterie for mennesker. Avløpsvannet fra industrien burde derfor bli undersøkt separat.



## 1. INNLEDNING

Overvåkingen i Iddefjorden skal dokumentere de enklest påvisbare forurensningsvirkningene fra utslipp av kommunalt og industrielt avløpsvann. Programmet skal videre kunne vise effekten av gjennomførte rensetiltak og bedømme disses tilstrekkelighet. Belastningen på fjorden (mesteparten fra treforedlingsindustrien) har vært så stor at det marine liv i fjorden i stor grad er blitt utryddet (NIVA 1979).

Fjordens overflatevann er brunfarvet og grumset, samt skummer lett som følge av utslipp av bl.a. ligniner og fiber. Det totale oksygenbehovet i avløpsvannet fra industrien er så stort at store deler av vannmassen har lavt oksygeninnhold og til tider dannes hydrogensulfid (råttent vann) - en dødelig gift for nesten alt marint liv. I tillegg vil utslipp av organiske klorforbindelser fra blekeriavløp kunne ha toksiske effekter.

Dokumentasjonen av en eventuell utvikling av forurensningstilstanden er konsentrert omkring å måle overflatevannets gjennomskinnelighet (siktedyb) og innhold av lignin og humus. Videre blir oksygen/hydrogensulfidinnholdet målt i hele vannmassen.

De ovennevnte årlige undersøkelser kompletteres med sedimentundersøkelser hvert femte år, der utbredelsen av råttent vann og innholdet av metaller og organisk stoff blir målt. Den første undersøkelsen ble utført i 1977 (NIVA, 1978).

I 1979 har også Byveterinæren i Halden deltatt i undersøkelsene ved å analysere overflatevannets innhold av bakterier, ortho-fosfat, suspendert stoff og gløderest samt observert vannets pH, turbiditet og farge. Programmet er på forsøksstadiet for å utprøve de ovennevnte parameteres verdi i dette overvåkningsprogram.

## 2. TILFØRSLER

De to hovedutslippene i området kommer fra Haldens kommunale avløpsnett og Saugbruksforeningen. Øvrige utslipp fra industri og befolkning går direkte

ut i fjorden uten rensing. Det foreligger kun utslippsdata fra kommunen og Saugbrugsforeningen.

### Saugbrugsforeningen

Fra Statens forurensningstilsyn oppgis følgende beregnede (ikke målte) tall på utslipp for 1977, 1978 og 1979.

Tabell 1. Beregnet produksjon og utslipp fra Saugbrugsforeningen i tonn/år (SFT).

Produksjon	Før 1977	1978	1979
Cellulose	100.000	70.000	70.000
Tremasse	90.000	120.000	140.000
Magasinpapir	130.000	145.000	170.000
Finpapir og kartong	70.000	60.000	60.000
<u>Utslipp</u>			
BOF <sub>7</sub>	29.500	22.000	9.000
Susp. org. stoff	9.500	2.000	2.000
KOF	120.000	92.000	35.000

Utslipp av kisaske som inneholder metallforurensninger var ca. 1000 tonn slam pr. år, men opphørte i 1978. Fra blekeriet slippes ut maks. ca. 10 kg organisk bundet klor pr. tonn bleket cellulose, dvs. for 1979 ca. 700 tonn klor (Carlberg 1981). Saugbrugsforeningen måler selv utslipp av suspenderte stoffer (tabell 2). For 1979 oppgir bedriften total-utslippet til ca. 3000 tonn sammenlignet med ca. 2150 tonn i 1978 og 2670 tonn i 1977. Andelen av organiske forbindelser var for samme år henholdsvis ca. 2.300, 1.200 og 1.800 tonn. Produksjonstall for 1979 fra Saugbrugsforeningen viser også lavere produksjon av cellulose (10.000 tonn), tremasse (55.000 tonn) og magasinpapir (17.000 tonn) enn de tall som fremgår av tabell 1. Hvis produksjons- og renseprosessene forutsettes å fungere tilfredsstillende, skulle utslippene fra bedriften bli mindre enn de teoretisk beregnede i tabell 1, men bedriftens målinger av suspendert organisk stoff viste i 1979 ca. 300 tonn over utslippsberegningen i tabell 1.

I 1979 var det total driftsstans i fellesferien 16/7 - 5/8 (ukene 29-31). Det har også vært produksjonsstopp i kartongfabrikken ukene 7, 8, 15, 16, 22, 26, 47 og 52. Utslipp uten rensing (overløp) av sulfittavlut har det vært i uke 43 med 1681 m<sup>3</sup> og i uke 47 med 490 m<sup>3</sup> samt i uke 49-52 med 2870 m<sup>3</sup>.

Tabell 2. Målte utslipp av suspendert organisk stoff for 1979 av Saugbrugsforeningen i Halden

Toktdato	Uke	Utslipp av suspendert stoff			Anmerkninger
		Organisk kg/uke	Uorganisk kg/uke	Totalt kg/uke	
14.5.	20	48.489	11.971	60.460	
16.5.	20	"	"	"	
19.6.	25	49.144	14.832	63.976	
28.6.	26	"	"	"	
5.7.	27	"	"	"	
12.7.	28	"	"	"	
19.7.	29	0	0	0	
25.7.	30	"	"	"	
31.7.	31	"	"	"	
9.8.	32	36.809	17.940	54.749	
16.8.	33	48.837	12.540	61.377	
23.8.	34	"	"	"	
29.8.	35	"	"	"	
3.9.	36	46.587	11.790	58.377	
25.9.	39	62.868	13.472	76.341	
27.9.	39	"	"	"	
24.10.	43	61.080	14.172	75.252	Overløp 1681 m <sup>3</sup> sulfittavlut
25.10.	43	"	"	"	
20.11.	47	53.488	11.067	65.056	490 m <sup>3</sup> sulfittavlut

Halden kommune

Sentralrenseanlegget i Halden ble tatt i bruk i månedsskiftet januar/februar 1979. Foreløpig er kun 5-7000 p.e. knyttet til det kjemiske anlegget av planlagte 16-17.000 p.e. Dette innebærer en fjerning av ca. 115 tonn lettnedbrytbart organisk stoff samt ca. 5 tonn fosfor og 6 tonn nitrogen pr. år.

### 3. OBSERVASJONER I 1980

I perioden mai-november 1979 er i alt 20 tokt blitt gjennomført i Iddefjorden, hvorav 5 hydrografiske tokt av Fiskeristyrelsens hydrografiske laboratorium i Göteborg og Havfiskelaboratoriet i Lysekil. Alle hydrografiske data har Fiskeristyrelsen velvillig stilt til NIVAs disposisjon. Mangel på data i perioden november 1978 til april 1979 skyldes vanskelige isforhold. Isforholdene har i hele perioden siden 1977 forhindret prøvetaking i vintermånedene av våre lokale medarbeidere i mangel av båt og utstyr som trengs i Iddefjorden ved vinterforhold.

Overvåkingsprogrammets tokter har i 1979 fulgt samme rutiner som i 1977 og 1978 med ukentlige observasjoner av siktedyp, lignin, humus, temperatur og saltholdighet i 0-2 meters dyp fra midten av juni til begynnelsen av september. En gang pr. måned blir uketoktene utvidet til å omfatte hydrografi, dvs. innsamling av prøver fra hele vannmassen for analyser av oksygen/hydrogensulfid-innhold og saltholdighet samt observasjon av vannets temperatur. Stasjonsnett vises i figur 1, og tabell 3 viser toktfrekvens og observerte parametre. Alle data er gjengitt i data-vedlegg.

I 1979 startet et samarbeid mellom Byveterinæren i Halden - L. Farstad - og NIVA for å nærmere undersøke andre mulige forurensningsindikerte parametre enn de opprinnelig foreslåtte. De analyser og observasjoner som ble valgt baserer seg på de muligheter byveterinærkontoret har.

Følgende parametre ble valgt: Totalt antall bakterier, termostabile bakterier, pH, turbiditet, farge, suspendert stoff, gløderest og ortho-fosfat.

Tabell 3. Tokter og observasjoner i Iddefjorden 1979.

<p>Overflatetokt: Observasjoner av siktedyp, saltholdighet og temperatur til 5 meters dyp, samt humus og lignin i 0-2 meter. Prøver til byveterinæren i Halden fra 0-2 meters dyp som er analysert på Total antall bakterier (kimtall), coliforme bakterier, pH, turbiditet, farge, suspendert stoff, gløderest og fosfat på stasjonene 1, 2, 4, 5, 7, 9 og 10 (Fig. 1).</p>
<p>Dato: 19.6, 28.6, 5.7, 12.7, 19.7, 25.7, 31.7, 9.8, 16.8, 23.8, 3.9<sup>x</sup>, 25.9, 27.9, 24.10 og 20.11. <sup>x</sup> Den 3.9 kun stasjonene 2, 4 og 10.</p>
<p>Hydrografi : Observasjoner av temperatur og saltholdighet på stasjonene 10, 9, 7, 5, 4, 2 og 1 samt oksygen/hydrogensulfid analyser på prøver fra 0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30 og 35 meters dyp ved stasjonene 1, 2 og 5. (Fig. 1)</p>
<p>Dato: 14.5, 19.6, 12.7, 23.8, 27.9, 24.10, 20.11<sup>x)</sup> <sup>x)</sup> Den 20.11 er observasjonene begrenset til stasjon 1, 2 og 5.</p>
<p>Hydrografi : Fiskeristyrelsens Hydrografiske Avdeling, Sverige: Observasjoner av temperatur, saltholdighet og oksygen/hydrogensulfid i opp til 12 stasjoner, samt enkelttokt og stasjoner med analyser på nitrogen og fosforforbindelser.</p>
<p>Dato : 15-16.5, 18-19.6, 29-30.8, 25-26.9, 25.10.</p>

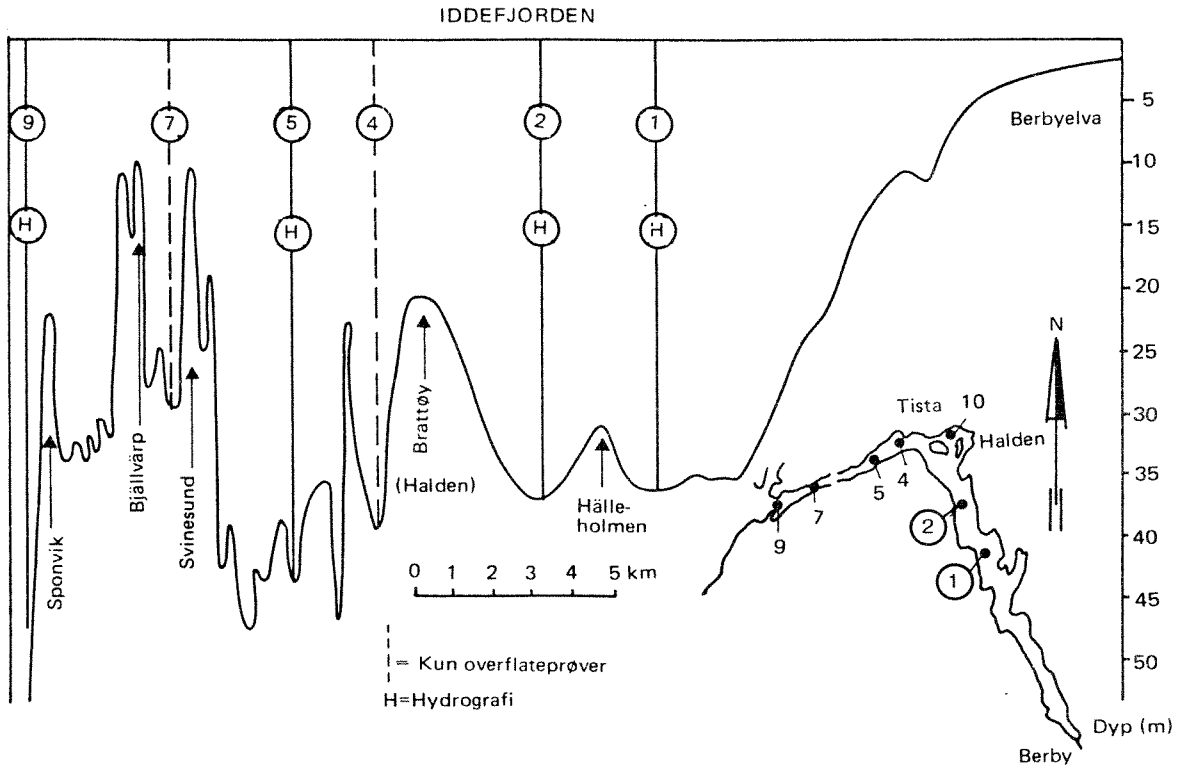


Fig. 1. Stasjoner i Iddefjorden mai-oktober 1979.

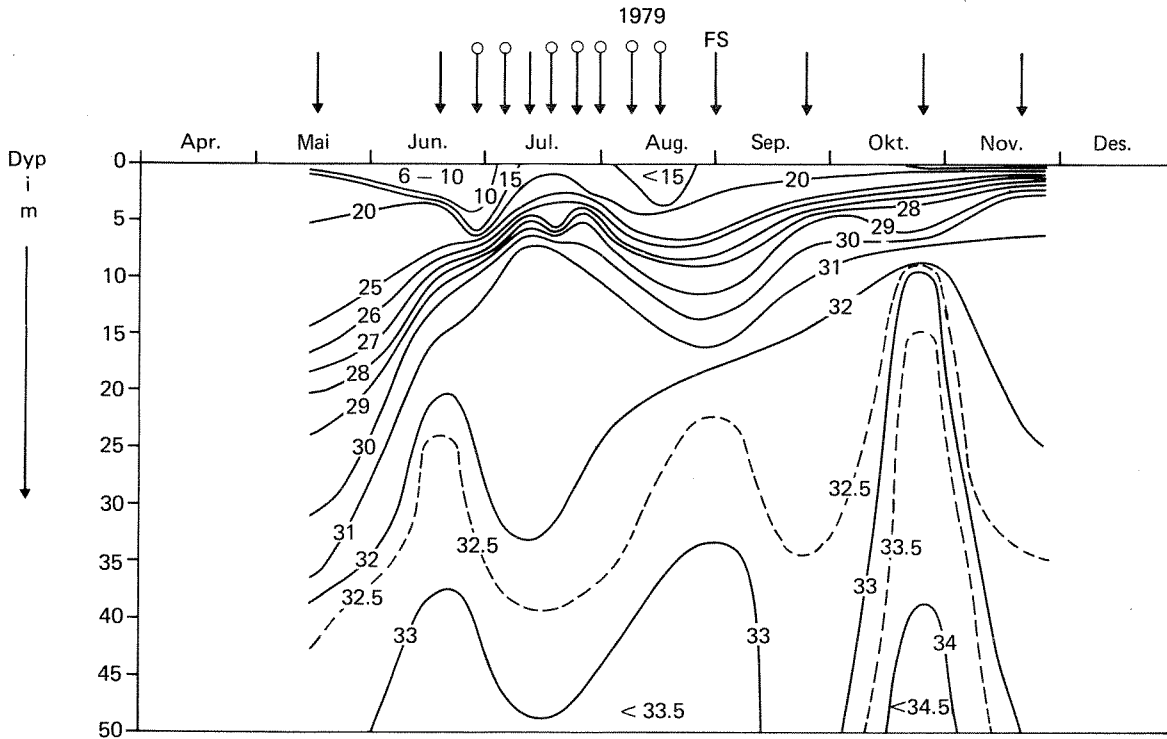


Fig. 2. Saltholdighetsvariasjonen ( ‰ ) ved st. 9, 1979.

- ↓ Observasjon 0 – 50 meters dyp
- Observasjon 0 – 5 meters dyp
- FS = Observasjon av Fiskeristyrelsen.

## 4. RESULTATER

### 4.1 Analysemetoder

For en nærmere beskrivelse av analysemetoder henvises til datavedlegget eller tidligere års rapporter.

Analysene av humus og lignin er utført av Dr. G. Nyqvist, Chalmers Tekniske Høgskola, Göteborg. Øvrige analyser er utført ved NIVA unntatt overflateprøver analysert ved byveterinær-kontoret i Halden.

### 4.2 Vannutskiftning og oksygenforhold

Utslippene av organisk stoff fra industri og befolkning til fjorden gir lave oksygen-verdier i vannmassene. Oksygenet i vannet forbrukes av bakterier som bryter ned det organiske stoffet. Tilførselen av oksygen skjer når oksygenrikt vann fra Singlefjorden og Skagerrak trenger inn i Iddefjorden. Ved disse tilfellene løftes det gamle oksygenfattige dypvannet opp mot overflaten og transporteres ut av fjorden. Mellom hver utskiftning avtar siden oksygeninnholdet. Når det går lang tid mellom vannutskiftninger, og tilførselen av organisk stoff er så stor som den i Iddefjorden, kan alt oksygenet bli oppbrukt og det dannes hydrogensulfid, en dødelig gift for oksygenavhengig liv (stort sett alle marine organismer).

"Normalsituasjonen" i Iddefjorden har vært den at vannutskiftningen er for dårlig i forhold til den organiske belastningen for å holde oksygeninnholdet oppe på tilfredsstillende nivåer - opp mot 4 ml/l. En minking av organisk stoff vil således gi økende oksygeninnhold ved uforandret vannutskiftning og derved også gi mulighet for en reetablering av liv i Iddefjorden.

Vannutskiftningen studeres ved målinger av vannets temperatur og saltholdighet, men også med støtte fra oksygenobservasjoner. Imidlertid vil den totale årlige vannutskiftningen forbli ukjent så lenge observasjoner vinterstid ikke lar seg gjennomføre.

Resultatene fra observasjoner i 1979 vises i figurene 2 - 8.

Vannmassene under terskeldyp vil bli utskiftet når tyngre vann i Singlefjorden trenger opp over Iddefjordens terskelnivå på ca. 9 meter og størrel-

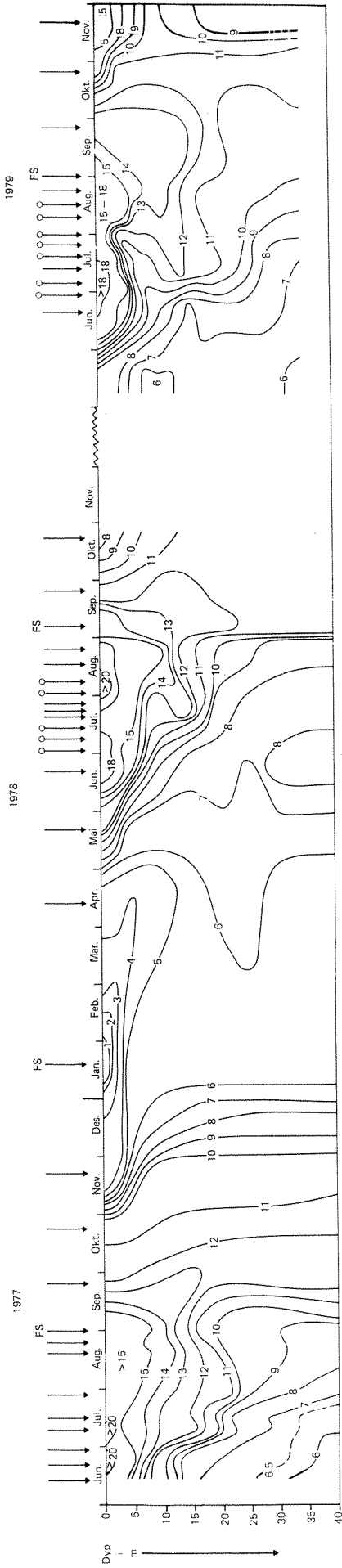


Fig. 3. Temperaturvariasjonen ( $^{\circ}\text{C}$ ) ved stasjon 5 juni -77 - november -79

- ↑ Observasjon
- Observasjon kun til 5 meters dyp
- FS = Fiskeristyrrelsen

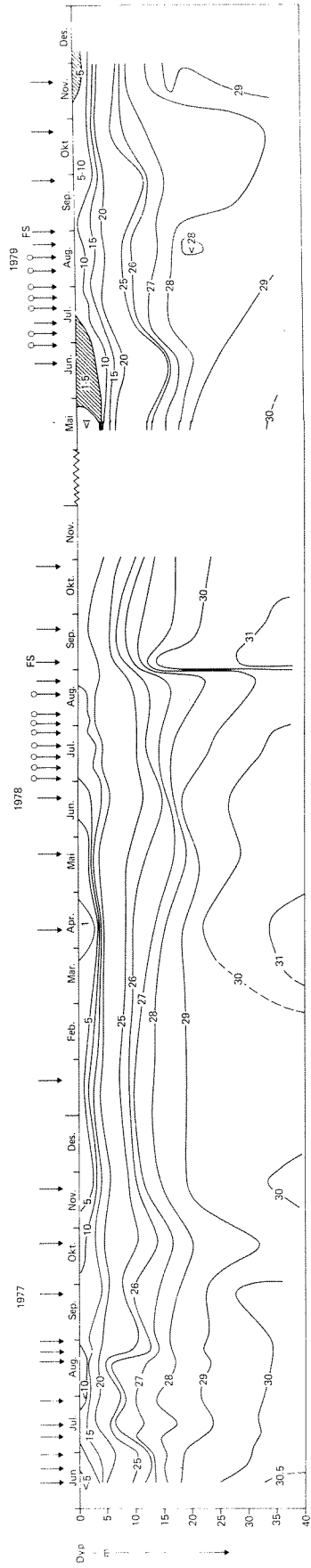


Fig. 4. Saltgehaltenvariasjonen ( $‰$ ) ved stasjon 5 juni 1977 - november 1979.

- ↑ Observasjon
- Observasjon kun til 5 meters dyp
- FS = Fiskeristyrrelsen



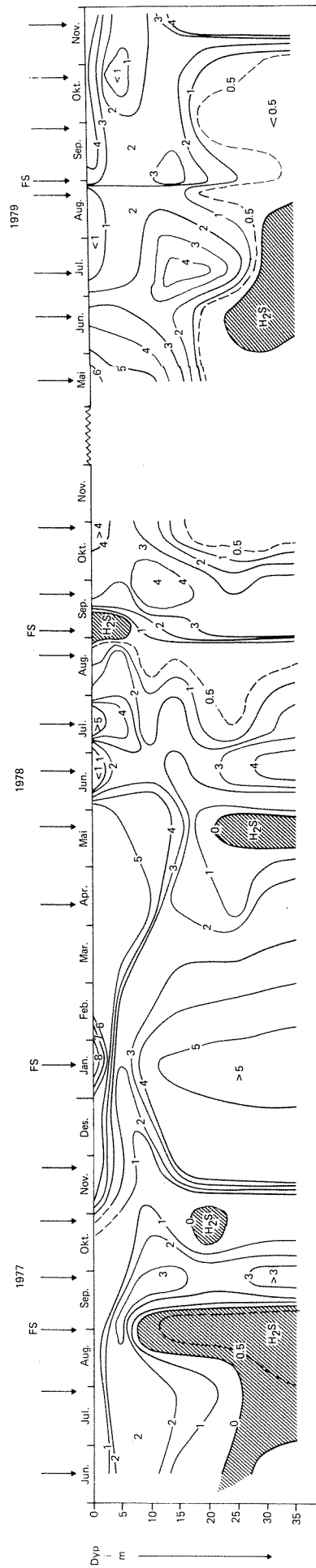


Fig. 5. Oksvæn/hydrogensulfidvariationen ( m/l ) ved stasjon 5  
jun. 1977 - november 1979

( ↓ = Observasjon  
FS = Fiskeristyrelsen, Sverige).

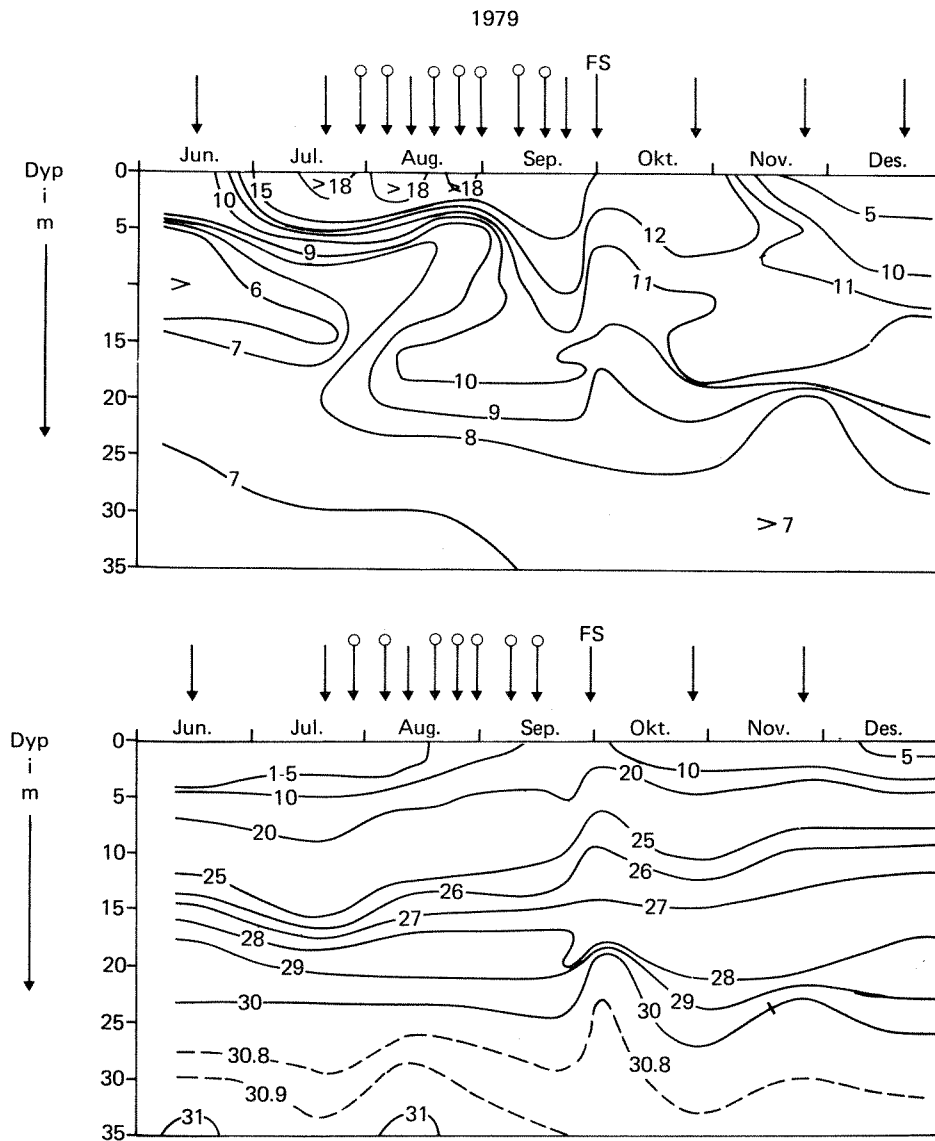


Fig. 6. Temperatur ( °C ) og saltholdighetsvariasjonen ( ‰ ) ved st. 2, mai – november 1979.

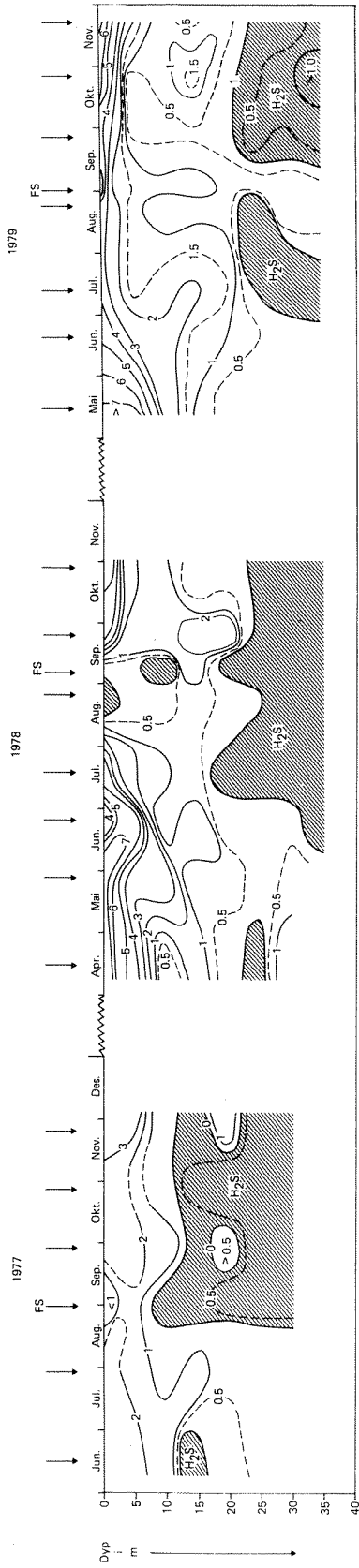


Fig. 7. Oksygen/hydrogensulfidvariasjonen ( ml/l ) ved stasjon 2  
 juni 1977 – november 1979

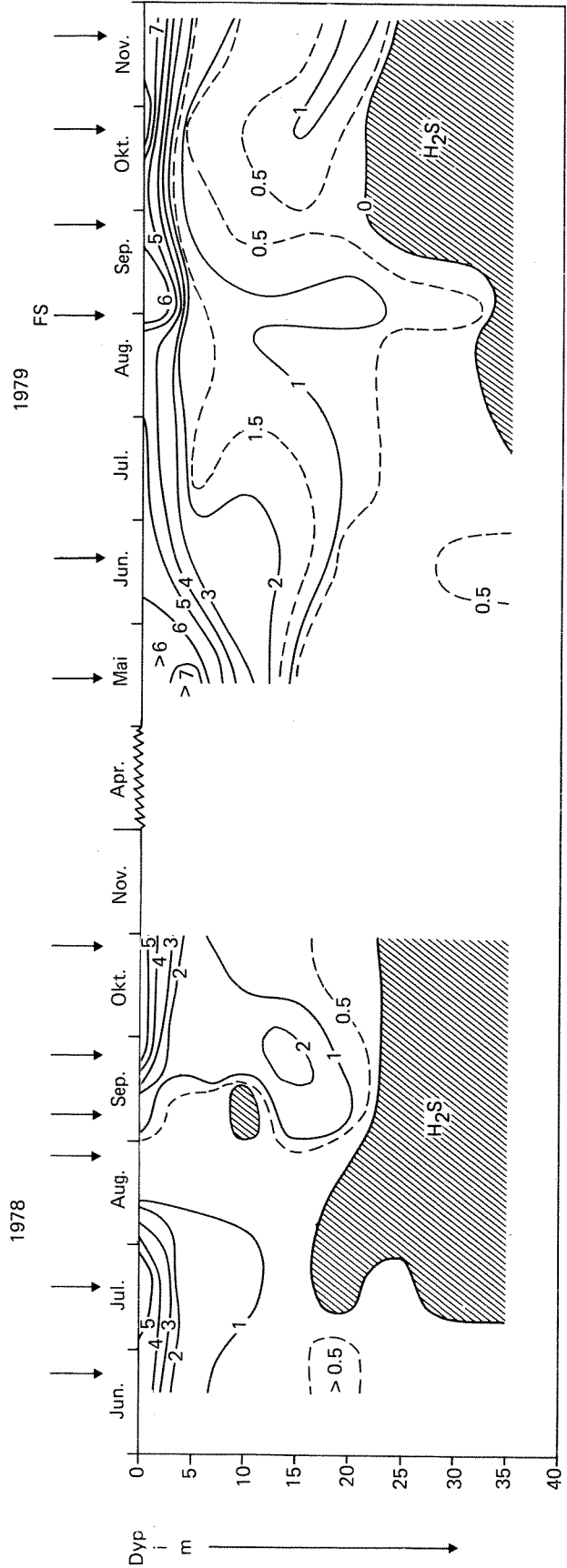


Fig. 8. Oksygen/hydrogensulfidvariasjoner ( ml/l ) ved stasjon 1 juni – oktober 1978,  
 og mai – november 1979.

sen av utskiftningen er avhengig av forskjellen mellom det innstrømmende vannet og fjordvannets egenvekt samt lengden av innstrømningsperioden.

Egenvekten av vannet er stort sett bestemt av vannets saltholdighet og figur 2 viser at mulige utskiftninger av dypvann var i juli, august, september og oktober-november. De siste to månedene var egenvekten på terskeldyp ved st. 9 jevnlig over egenvekten til Iddefjordens dypvann. I de ytre deler av Iddefjorden (st. 5) økte oksygeninnholdet som følge av vannutskiftningen i juli, august, oktober og november, hvor den sistnevnte utskiftningen var mest effektiv. I den indre delen av fjorden (st. 1 og 2) kan utskiftningen i august og oktober avleses også under terskeldyp, men det har ikke vært noen større utskiftning. Den hyppigere vannutskiftningen i ytre fjord bidrar også til dypvannets større temperaturamplitude sammenlignet med den indre fjorddelen (fig. 3).

Observasjonene viser at dypvannutskiftningen i perioden mai - oktober har vært større i 1979 enn i 1978 for fjorden innenfor Halden, mens den har vært mindre effektiv i ytre fjord. Utskiftningen har vært større enn i 1977.

I tabell 4 vises en sammenligning av oksygenforholdene for årene 1977-1979. Først har oksygenmengden i det vannvolum som stasjonen og observasjonen kan tenkes representere blitt beregnet og deretter den midlere konsentrasjonen for to dybdeintervaller, 7,5 - 22,5 meter og 22,5 meter - bunn. Tabellen viser den gjennomsnittlige konsentrasjonen i den observasjonsmessige sammenfallende perioden juni-oktober for stasjonene 5, 2 og 1, samt standardavvik for middelerdi i parentes.

I ytre delen av Iddefjorden (stasjon 5) har midlere oksygeninnhold økt i perioden 1977 til 1979 i dypintervallet 7,5 - 22,5 meter. Det samme gjelder for de indre deler (st. 1 og 2).

I de dypere vannlag er utviklingen mer usikker. For ytre fjord har oksygeninnholdet i 1979 vært gjennomgående mindre sammenlignet med 1978; men ikke mindre enn i 1977. I de indre fjorddeler var oksygeninnholdet i 1979 større enn i 1978 på stasjon 1, mens økningen ikke har vært like klar på stasjon 2. På sistnevnte stasjon har oksygeninnholdet vært omtrent det samme som i 1977. Totalt sett har oksygeninnholdet i Iddefjorden økt i perioden 1977-79 i dyp under 7,5 meter, mest som en følge av en økning i 7,5-22,5 meters nivået.

Tabell 4. Middlere oksygenkonsentrasjon (ml/l) i dypintervallet 7,5-22,5 meter og 22,5 meter til bunn samt standardavvik for middelverdi (i parentes) basert på månedsobservasjoner i perioden juni - oktober 1977-79.

	1977	1978	1979
Stasjon 5 Dyp: 7,5-22,5	1,1 (0,5)	2,0 (0,6)	2,0 (0,4)
22,5 - bunn	0,1 (0,8)	1,8 (0,8)	0,03(0,2)
Stasjon 2 Dyp: 7,5-22,5	0,02(0,4)	0,4 (0,3)	1,0 (0,3)
22,5 - bunn	-0,9 (0,7)	-1,2 (0,4)	-0,9 (0,4)
Stasjon 1 7,5-22,5	-	0,7 (0,3)	1,0 (0,3)
22,5 - bunn	-	-1,5 (0,6)	-0,5 (0,5)

#### 4.3 Overflatevannsobservasjoner - 1979

Målinger av siktedyp, humus- og lignininnhold, pH, turbiditet, farge, suspendert materiale og fosfat i overflatevann fra Tista og Iddefjorden ble utført i perioden mai-november 1979. Dette ble gjort for å bedømme overflatevannets kvalitet i sommerhalvåret og for å registrere eventuelle endringer fra 1978.

#### Ferskvannstilførsel

Vannføringen i Tista var høyest i mai og lavest i juli/august, omtrent sammenfallende med Saugbruksforeningens fellesferie. Utover høsten tiltok vannføringen og nådde et nytt maksimum i november (fig. 9).

#### Humus

Konsentrasjonene av humus i overflatevannet varierte mellom 2.3 og 15 mg/l. I forhold til 1978 var det små endringer i gjennomsnittskonsentrasjonene ved hvert tokt (fig. 10). De laveste konsentrasjonene ble målt under driftsstansen ved Saugbruksforeningen.

\* Gjennomsnitt av alle stasjonene.

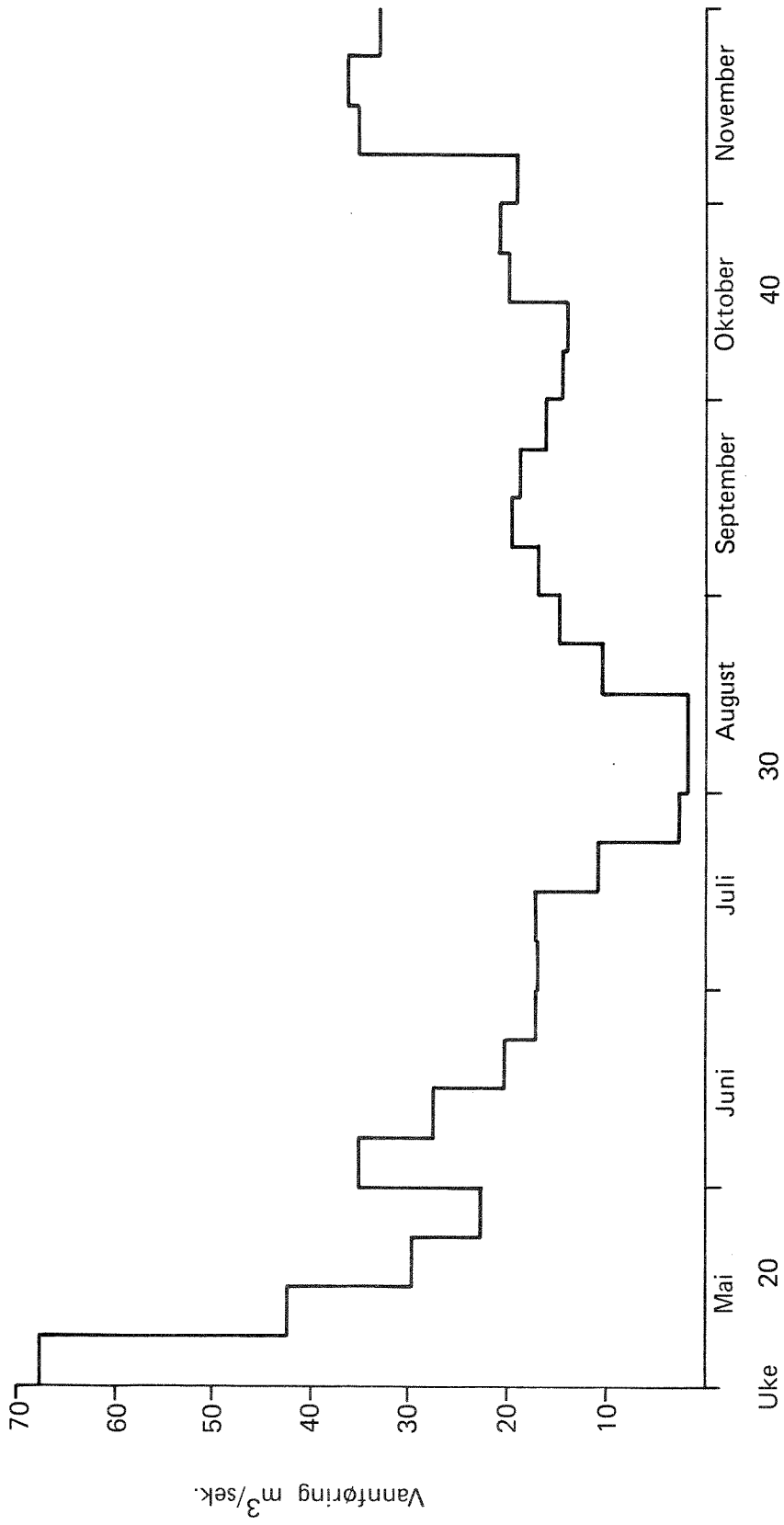


Fig. 9 Vannføringen i Tista ( ukemiddel ) i perioden mai — november 1979

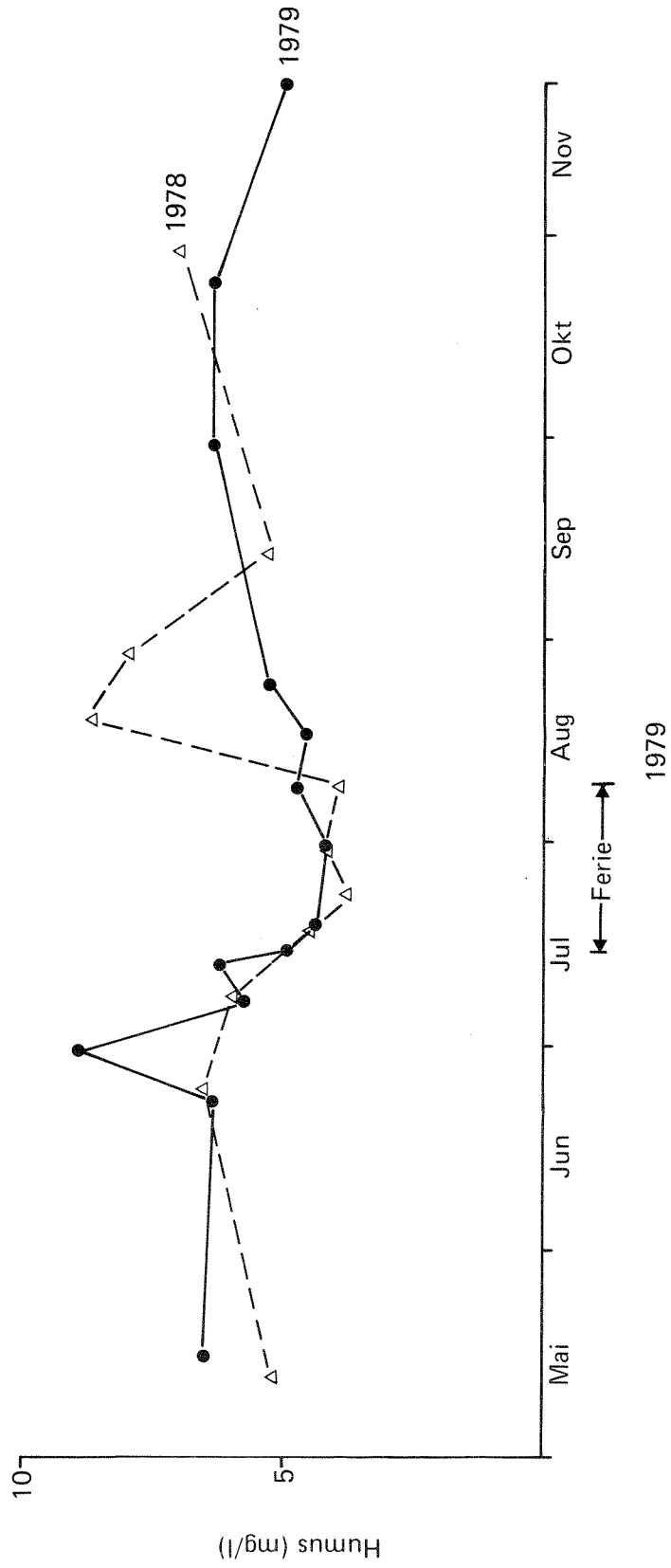


Fig. 10 Variasjoner i gjennomsnittskonsentrasjonen av humus for samtlige stasjoner i 1978 og 1979

### Lignin

Den gjennomsnittlige ligninkonsentrasjonen i overflatevannet i 1979 viste to maksima; i månedsskiftet juni-juli og september-oktober (Fig. 11). I 1978 var det også to tydelige maksima (juni og august). Det er grunn til å tro at disse periodene med høye ligninkonsentrasjoner i Iddefjorden skyldes ekstraordnært store utslipp av lignosulfonsyre.

Generelt var det en reduksjon i ligninkonsentrasjonene i overflatevannet fra 1978 til 1979. Fordelingen over sommerhalvåret viser at fellesferien har stor innvirkning på konsentrasjonsnivået, med lavt innhold av lignin i hele fjorden i slutten av juli og begynnelsen av august. Gjennomsnittskonsentrasjonen av lignin på stasjon 5 (Fig. 12) over måleperioden i 1977, -78 og -79 viser en klar nedgang i konsentrasjonen fra 1977-79. Den største forskjellen ble observert mellom 1977 og 1978 som følge av iverksatte rense-tiltak ved Saugbrugsforeningen i 1978. Det bør imidlertid bemerkes at i 1977 var det kun delvis stopp i celluloseproduksjonen under fellesferien, slik at den store forskjellen mellom 1977 og 1978 også kan henge sammen med dette.

### Siktedyp

Tidligere undersøkelser (1977 og 1978) har vist at siktedypet i Iddefjorden er avhengig av ligninkonsentrasjonen i overflatevannet. Variasjonene i siktedypet fra stasjon til stasjon (gjennomsnitt over måleperioden) viser en økning i siktedyp fra Tistas utløp til Sponvika og fra Tista sørover mot Berby (Fig. 13). Hvis man sammenligner de tre undersøkelsesårene så har det innenfor Svinesund skjedd en bedring i siktedypet frem til 1979. Utenfor Svinesund varierer forholdene mye (stor spredning i siktedyp), avhengig av om det er overflatevann fra Singlefjorden eller Iddefjorden som dominerer bildet. Det kan derfor ikke spores noen slik bedring på stasjonene utenfor Svinesund i denne tidsperioden.

Sammenligner vi det gjennomsnittlige siktedypet på stasjon 5 for måleperioden 1977-80 ser vi at mens siktedypet tydelig økte fra 1977 til 1978, var det liten forskjell mellom forholdene i 1978 og 1979 (Fig. 12).



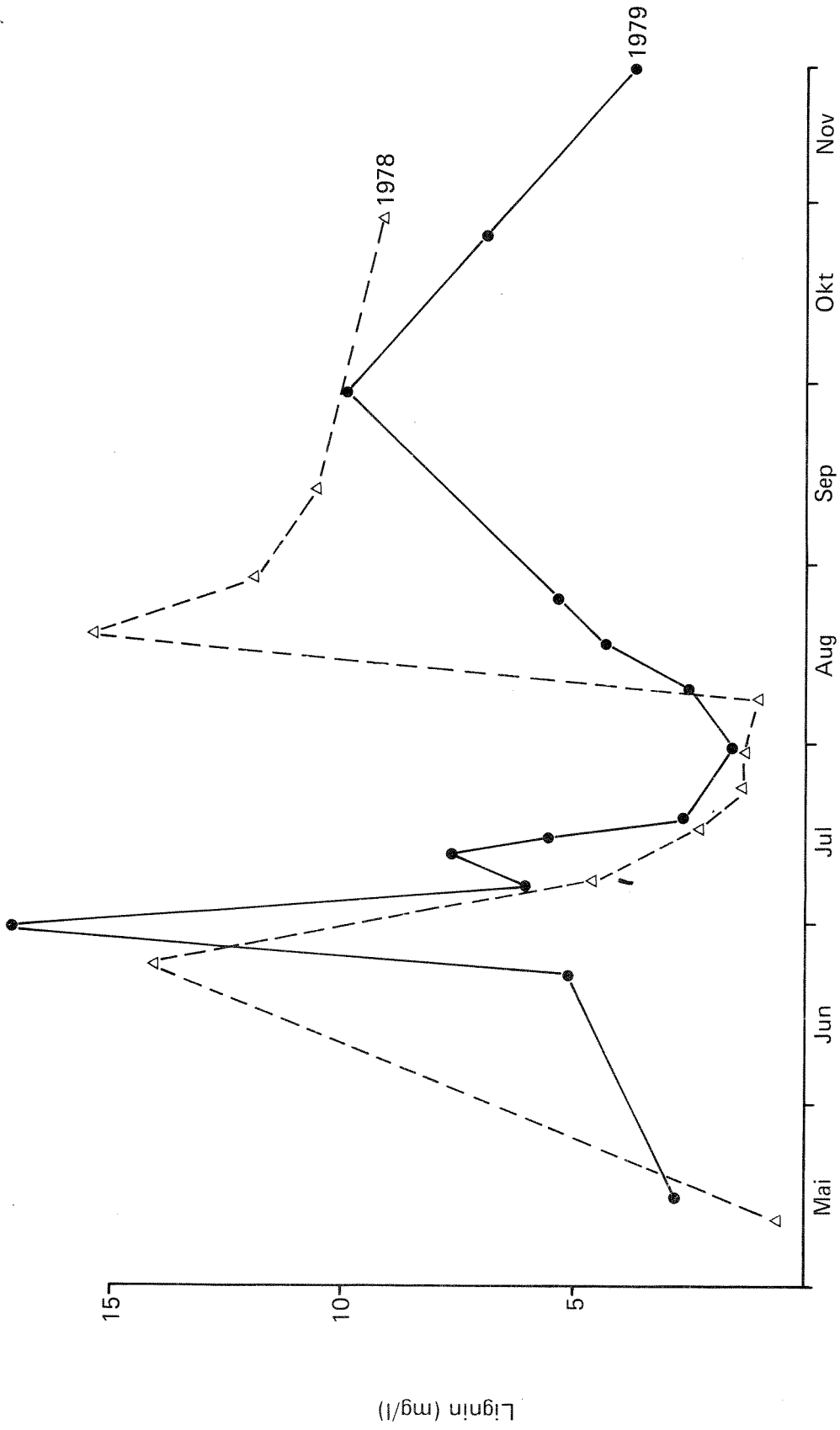


Fig. 11 Variasjoner i gjennomsnittskonsentrasjonen av lignin på samtlige stasjoner i 1978 og 1979

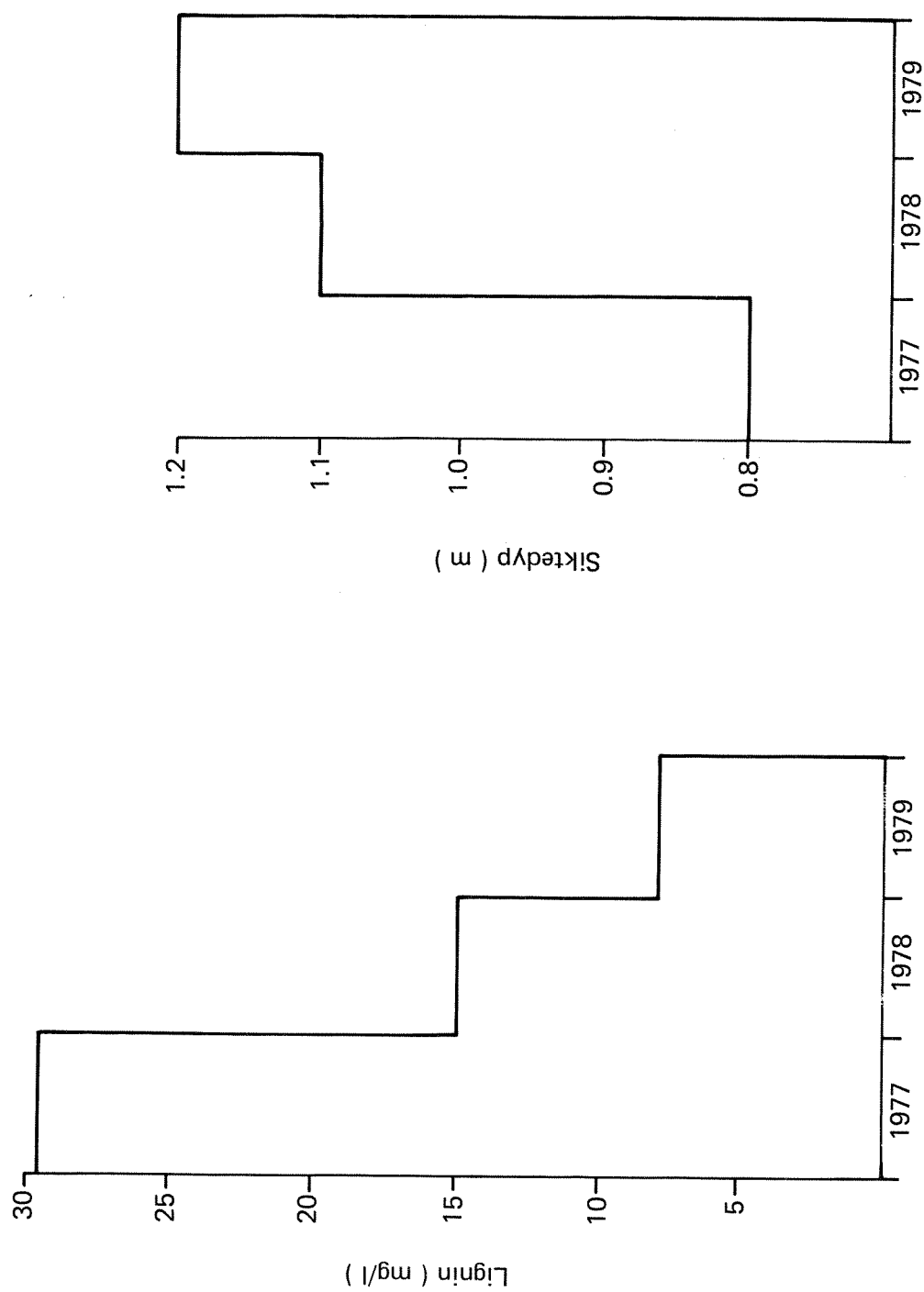


Fig. 12 Gjennomsnittskonsentrasjonen av lignin og gjennomsnittlig siktedyp på stasjon 5 for perioden 1977 – 79.

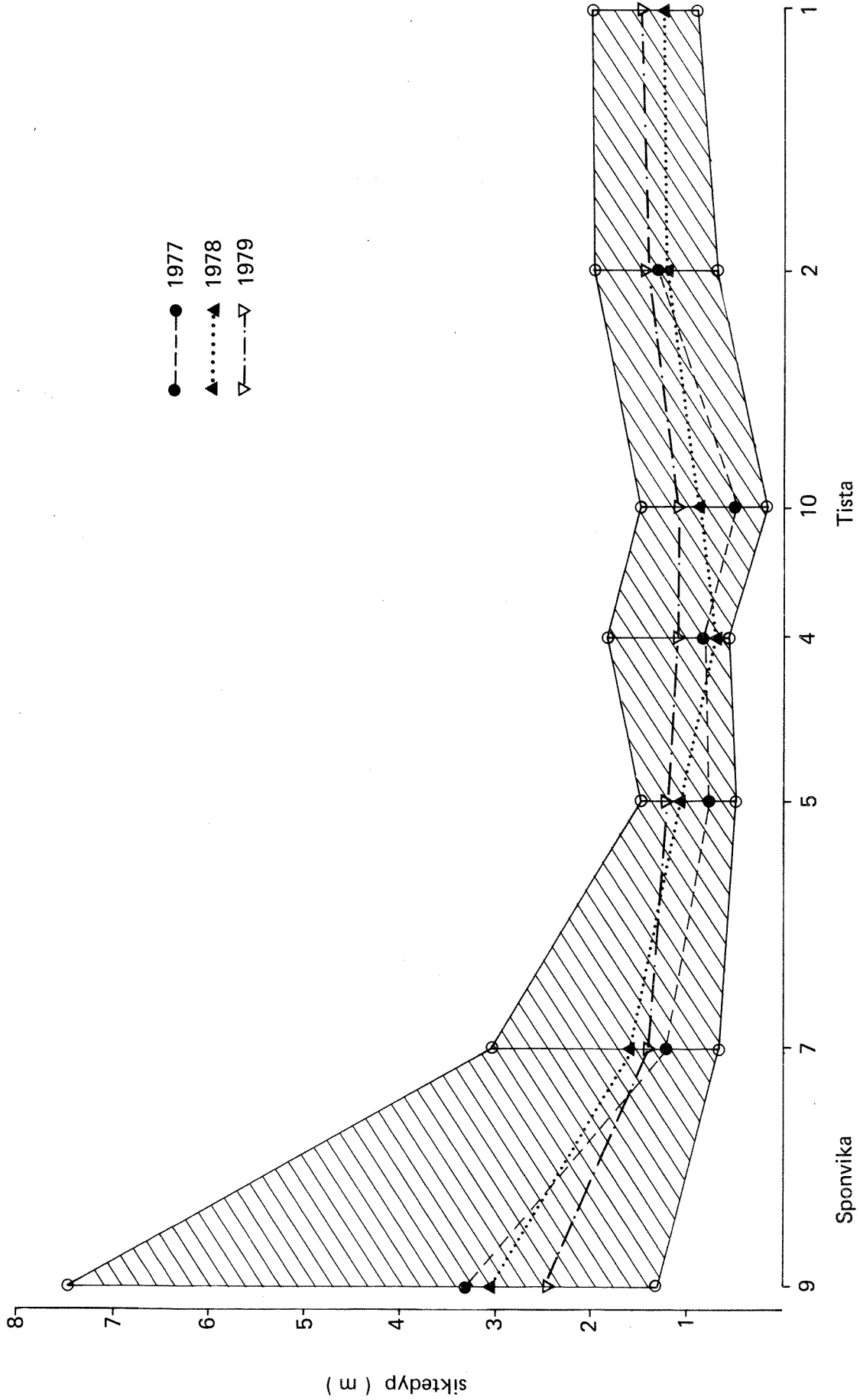


Fig. 13 Gjennomsnittlig siktedypp på de enkelte stasjonene for årene 1977, -78 og -79 ( skravert område markerer maksimums- og minimumsverdier på hver stasjon ).

#### pH, turbiditet, farge, suspendert stoff og fosfat

Sjøvannets pH-verdi er vanligvis nokså konstant omkring 7.8-8.2 på grunn av gode bufferegenskaper. I Iddefjorden i 1979 var pH-variasjonene mellom 5.4-7.2 i overflatevannet med hyppige observasjoner av verdier omkring 6. Dette bekrefter tidligere observasjoner av pH (4-5) (Danielsson & Dyrssen 1975). Man kan ikke se bort fra at effekten av surt avløpsvann kan være skadelig overfor marine organismer. Imidlertid vil effekten av varierende saltholdighet i deler av fjordens overflatelag i større grad forhindre etableringen av marine organismer.

Turbiditet, farge, suspendert stoff og fosfat viser varierende resultater uten enkle entydige sammenhenger mellom utslipp og målte verdier. En nærmere behandling av disse data vil eventuelt bli gitt i senere rapporter.

#### 4.4 Bakteriologiske undersøkelser

Bakteriologiske undersøkelser ble foretatt i perioden 19. juni til 20. november 1979, med størst prøvetakingsfrekvens i perioden 19. juni - 3. september.

Prøvene ble analysert (ved Næringsmiddelaboratoriet) i Halden kommune, for følgende parametre: Totalantall bakterier, såkalt "kimtall", bestemt på Difco Nutrient Agar, 30°C i 2 døgn. Termostabile coliforme bakterier (tarmbakterier) ble bestemt ved membranfiltermetode, med dyrkning på Difco-Eudo Agar ved 44°C i 1 døgn.

Resultatene er presentert i tabell 5 og 6.

Bakteriekonsentrasjonene varierer mye både på hver enkelt prøvetakingsstasjon i løpet av perioden og på de forskjellige stasjoner på en og samme prøvetakingsdato. For å få en oversikt over prøvestedene som hyppigst har de høyeste bakteriekonsentrasjoner, er prøvetakingsstasjonene for hver prøvetakingsdato rangert slik at den av de 7 stasjoner med høyest konsentrasjon får 7 poeng, den med lavest 1 poeng. Gjennomsnitt for perioden ble beregnet for hvert prøvested og justert tilbake til 7 poeng for prøvestedet med høyeste snittverdi, og poengene for de øvrige prøvesteder justert i forhold til dette.

I perioden 16.7 - 5.8 var det driftsstans ved Saugbrugsforeningens fabriker, som har utslipp til elven Tista oppstrøms prøvested 10. Poengene for

denne perioden med fellesferie ved fabrikkene, og for undersøkelsesperioden utenom fellesferien ble summert separat.

Resultatene for begge parametrene er vist i tabell 7. Tabellen viser at parametrene kimtall og termostabile coliforme bakterier stort sett oppfører seg likt, de største avvik finnes ytterst i fjorden, prøvested 9, i perioden utenom fellesferien. Utenom ferien hadde prøvested 4 hyppigst den høyeste bakteriekonsentrasjon, mens den høyeste konsentrasjon i fellesferien var mer likt fordelt mellom prøvestedene 10, 4 og 5. Utenom fellesferien var det hyppig høye bakteriekonsentrasjoner i indre del av fjorden (stasjon 1), mens dette ble merkbart forbedret under ferien. Hvis man går ut fra at den vesentlige delen av forurensningen tilføres fjorden ved stasjon 10, ser det ut til at bakteriene i fellesferien hadde større tendens til å spre seg i området utover enn innover fjorden.

I denne bedømmelsen er det ikke tatt hensyn til den konsentrasjonsverdi som ble funnet på hvert prøvested. Ved bedømmelse av vannkvalitet må også dette vurderes. Data fra sommerperioden 19. juni - 3. september er delt med 3 datasett for fellesferien og 6-7 datasett for perioden utenom ferien. Aritmetisk middel og 95% variasjonsområde rundt dette (2 ganger standardavvik) ble beregnet for hver periode. Resultatene er oppført i tabell 8 og presentert som stolpediagram på figur 14 (Kimtall) og figur 15 (coliforme).

I fellesferien varierte ikke konsentrasjonene så mye som ellers i perioden, slik at verdien for standardavviket kan benyttes selv om antall observasjoner bare er tre.

I figurene er konsentrasjonen av bakterier angitt i logaritmisk skala, og konsentrasjonsområdet opp til middelveier skravert med striper. Variasjonsområdet oppover er ikke skravert, og i de tilfeller der variasjonsområdet nedover ligger over abscissen er området opp til nedre variasjonsgrense igjenfylt.

Kimtall er en analyse for heterotrof kim, dvs. mikroorganismer som nedbryter lett nedbrytbart organisk stoff. Disse mikroorganismene vil som oftest være bakterier, men også sopp fra vannet kan bli registrert som kim i denne metoden.

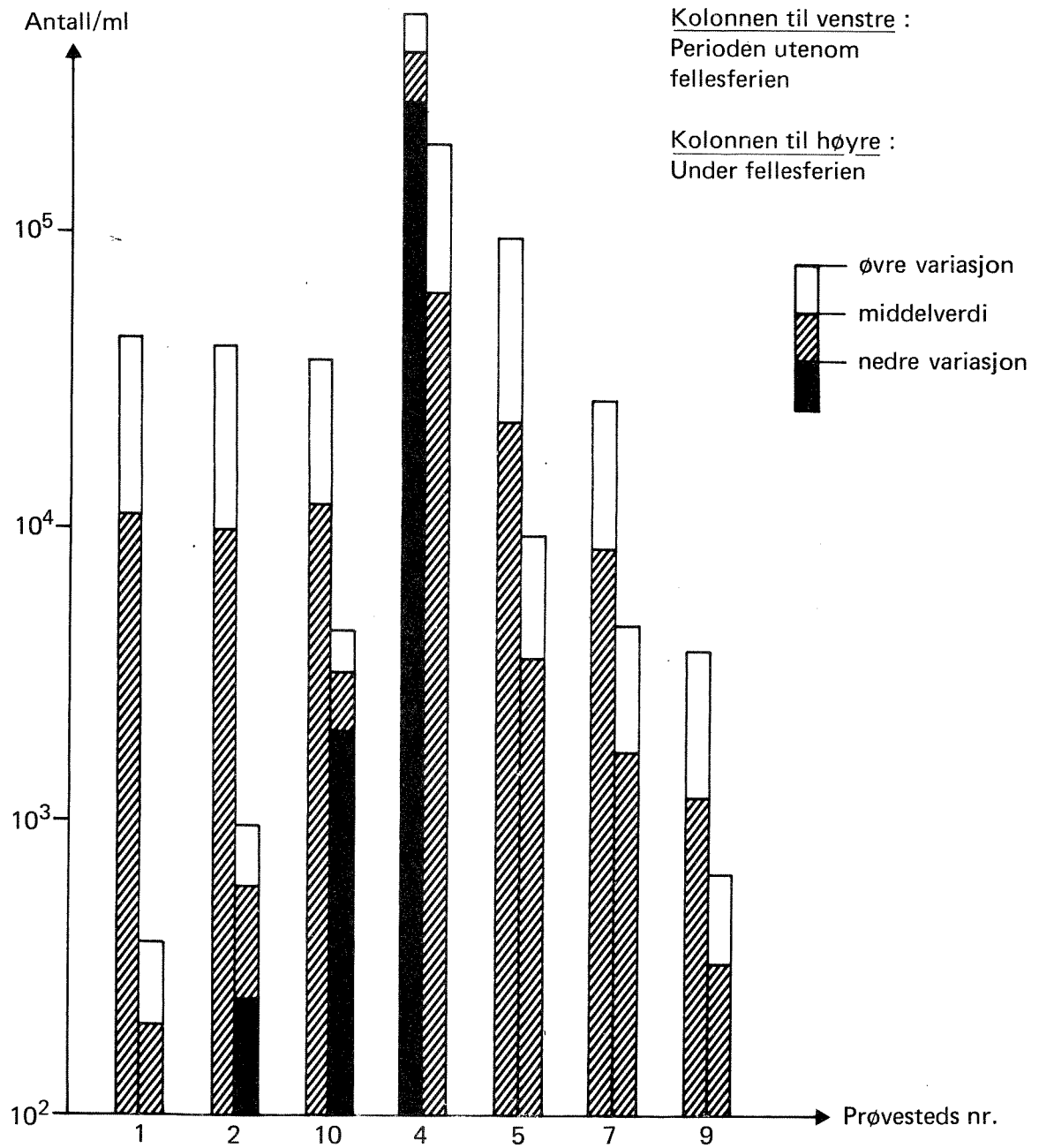


Fig. 14 Middelerdier og variasjonsområder for konsentrasjoner av kimtall i Iddefjorden i perioden 19 juni til 3 september 1979.

I motsetning til de coliforme bakterier som kommer fra feces, vil en stor del av kimtallene kunne komme fra bakterier som hører hjemme i vannet, og som formerer seg på grunn av utslipp av lett nedbrytbart organisk stoff. Bakteriene kan også komme fra avløpsvann hvor slik nedbrytning allerede foregår, f.eks. boligkloakkvann og bekker eller elver som har mottatt industriutslipp. Prøvested 4 hadde jevnlig meget høye kimtall utenom fellesferien. I fellesferien viste dette prøvested også høyest middelvei, men denne sank til ca. 1/70 av verdien for perioden utenom fellesferien. Ved prøvested 10 og 2 var vannkvaliteten mindre variabel under fellesferien enn ellers i perioden, men gjennomsnittsverdiene sank til henholdsvis 1/4 og 1/17 av verdiene utenom fellesferien.

Hvis hovedtilførselen av forurensninger ligger ved prøvested 10, skulle man forvente at dette prøvested også hadde høyest kimtall. Siden dette ikke var tilfelle, er det mest sannsynlig at en vesentlig del av bakteriene produseres i vannmassene, og at de beste vekstbetingelser for bakteriene foreligger i nærheten av prøvested 4. Siden det ble en drastisk reduksjon i kimtall da belastningen med organisk stoff fra Saugbrugsforeningens fabrikker opphørte i fellesferien, er det rimelig å anta at dette må ha vært en vesentlig kilde til produksjonen av bakterier ved prøvested 4.

Resultatene for tarmbakteriene er vist i figur 15. Denne figur er forsynt med to horisontale markeringer ved konsentrasjonene 100 og 1000 bakterier pr. 100 ml. Dette er grenseverdier som brukes i mange land for bedømmelse av vannkvalitet. I Sverige og i fellesmarkedslandene er grensen for hva som anses som godt badevann satt til 100 termostabile coliforme bakterier pr. 100 ml. I Norge er tilsvarende grenseverdi 50 bakt./100 ml (SIFF, 1976). I Sverige regner man at vann som inneholder mer enn 1000 slike bakterier pr. 100 ml er utjenelig som badevann, fellesmarkedslandene har satt tilsvarende grense til 2000 bakt./100 ml. Disse forskjellige grenseverdier behøver ikke bety at grensen går ved forskjellig vannkvalitet. Det kommer an på hvordan grenseverdiene benyttes i praksis; om det er middelveier i undersøkelsesperioden som skal ligge under grenseverdien, eller om det f.eks. er 95% av enkeltverdiene som skal ligge under.

I undersøkelsesperioden lå ingen av prøvestedenes middelveier innenfor området med godt badevann. I perioden utenom fellesferien lå alle middel-

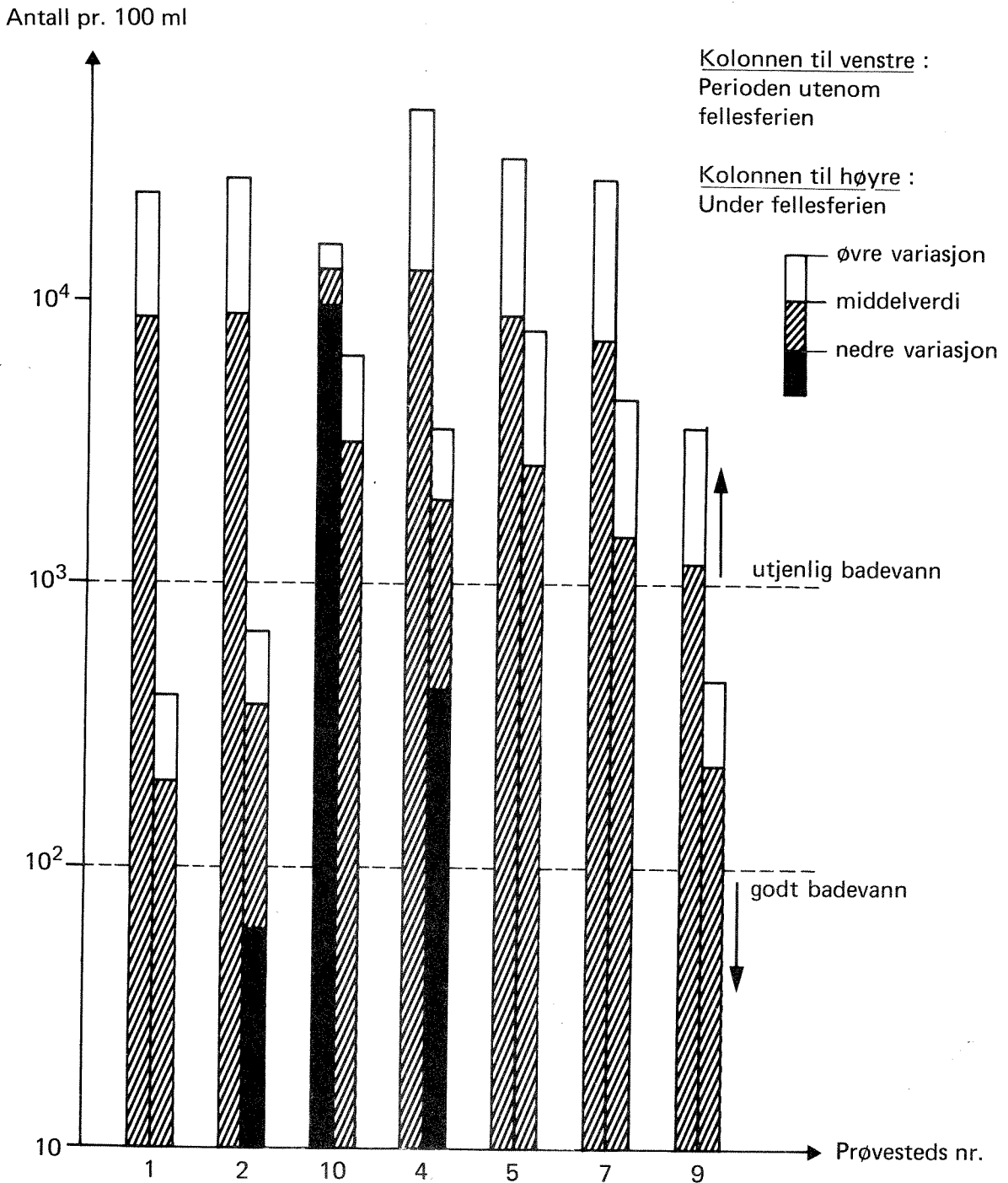


Fig. 15 Middelverdier og variasjonsområder for konsentrasjoner av termostabile coliforme bakterier i Iddefjorden i perioden 19 juni til 3 september 1979.



verdiene langt inn i området for uegnet badevann, bare ytterst i fjorden, ved prøvested 9, nærmet den gjennomsnittlige vannkvalitet seg grensen for egnet badevann. Under fellesferien var vannet ved stasjonene 10, 4, 5 og 7 fremdeles uegnet til badevann, mens stasjonene 1, 2 og 9 da viste en vannkvalitet som i Sverige bedømmes som under tvil egnet til badevann, men fortsatt uegnet etter norske kvalitetsnormer. Enkeltresultatene i tabell 6 viser at vannkvaliteten ved prøvetakingsstasjonene bare i ytterst få tilfeller kom under eller ned til grensen på 100 bakt. pr.100 ml. Innholdet av coliforme bakterier var størst ved prøvested 10, og det var her et stabilt, høyt innhold av slike bakterier i perioden utenom fellesferien. Hvis de coliforme bakterier vesentlig stammer fra utslipp av boligkloakk i Haldenområdet, burde ikke driftsstans ved Saugbrugsforeningen føre til en reduksjon til 1/4 av konsentrasjonen for resten av perioden.

Imidlertid er det kjent at bakterier av slekten *Klebsiella* kan vokse i produksjonssystemet for papirmasse og føre til slimproblemer der. Under slike forhold blir denne bakterietype istand til å vokse fort ved temperaturer på 44°C. Bakteriene er ellers meget lik de coliforme bakterier, og det er funnet at de vokser og blir tatt for positive kolonier i flere analysemetoder for termostabile coliforme bakterier. Eventuelt avløpsvann fra denne industri burde derfor undersøkes separat for innhold av termostabile coliforme bakterier etter den benyttede analysemetode. Inneholder avløpsvannet store mengder av termostabile coliforme bakterier bør det undersøkes om det dreier seg om termotolerant *Klebsiella*. Sistnevnte bakterie vil ikke være indikator på fekal forurensning, men den er selv en potensiell patogen bakterie for mennesker. Den påfører mennesker andre sykdommer enn det smittsomme tarmbakterier gjør, bl.a. luftveissykdommer. Det er ikke påvist at arbeidere i papirfabrikker er mer utsatt for luftveisinfeksjoner enn andre folk, så man vet ikke om de bakterier som formerer seg i papirproduksjonssystemet har beholdt sin patogenitet slik at de kan påføre mennesker slike sykdommer. Det er allikevel viktig å undersøke om en vesentlig del av de påviste termostabile coliforme bakterier i virkeligheten dreier seg om bakterier av genus *Klebsiella*.

Stasjonene 4 og 2 viste større variasjon i vannkvalitet og høyere middelverdier i perioden utenom enn innen fellesferien. Da middelverdiene sank i fellesferien, var det også mindre variasjon i verdiene slik at vannkvaliteten ved prøvested 4 holdt seg innen 1000 - 3000 colibakterier pr. 100 ml, og ved prøvested 2 innen 200 - 500 bakt./100 ml.

Alle de øvrige stasjoner viste sterk variasjon i vannkvalitet, og alle syntes å være påvirket av fellesferien. Denne påvirkning var størst i fjorden innenfor Halden, der sommergjennomsnittet for termostabile coliforme bakterier ble redusert til  $1/43$  av snittet for resten av året, mens det i ytre fjord bare varierte innen  $1/3 - 1/7$  av det vanlige. Totalantallet av termostabile coliforme bakterier ble redusert i hele fjorden i fellesferien, men den ujevne reduksjon kan skyldes at hovedkilden til utslippet ikke spredde seg så langt innover i fjorden i sommerperioden. Dette kan skyldes mer stabile strømningsforhold i sommermånedene med liten transport av vann fra Halden innover i fjorden.

LITTERATUR

- Carlberg, G.F. og Alfheim, I. 1981. Undersøkelse av organiske klorforbindelser i Iddefjorden. Sentralinstitutt for Industriell Forskning. Rapport nr. 800806-1.
- Danielsson, L.-G. and Dyrssen, D. 1975. Chemical investigation of Iddefjord in June 24. Report on the chemistry of seawater, XIV. Dep. og anal. chem. Univ. of Gothenburg. (Stensil).
- NIVA 1978. Pilotprosjekt Iddefjorden 1977. Nasjonalt program for overvåkning av vannressurser. Norsk institutt for vannforskning 0-38/75. Magnusson, J. og Skei, J.
- NIVA 1979. Utvikling og status i Iddefjordens biologi. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Norsk institutt for vannforskning 0-38/75. Afzelius, L.
- SIFF, 1976. Kvalitetskrav til vann. Drikkevann - Vann for omsetning - Badevann. Sosialdepartementet, Helsedirektoratet ved Statens Institutt for Folkehelse.

Tabell 5. Resultatene for parameteren kimtall i 1979.

Prøvetakings- dato	Kimtall pr. ml ved prøvestedene						
	9	7	5	4	10	2	1
790619	90	190	300	3000	>3000	2400	1500
790628	800	28000	98000	176000	25000	41000	43000
790705	1500	3300	>7100	>7100	7100	>7000	7100
790719	400	1300	3800	13800	3500	500	300
790725	400	500	600	1300	2500	500	110
790731	200	3400	6300	3100	3600	800	200
790809	400	7100	23500	19100	9400	3400	3900
790816	3700	3600	4600	74000	5700	4300	4200
790823	900	9300	2200	10500	34800	1200	6400
790903	-	-	-	2700	1400	100	-
791120	3300	4300	5300	3200	8500	5000	4000

Tabell 6. Resultatene for parameteren termostabile coliforme bakterier i 1979.

Prøvetakings- dato	Termostabile coliforme bakterier pr. ml ved prøvestedene						
	9	7	5	4	10	2	1
790619	27	350	>500	>500	>500	410	115
790628	500	26000	30000	50000	45000	20000	11000
790705	300	700	4000	2200	11000	19000	18000
790719	100	700	1700	2100	1600	200	100
790725	300	500	700	1200	3300	500	300
790731	300	3300	5600	2800	4800	400	200
790809	2100	2500	>2500	>2500	1980	1850	1960
790816	3100	7200	9800	17000	8600	9200	16000
790823	1000	6800	6500	7400	10800	400	4900
790903	-	-	-	12500	11300	100	-
791024	4300	9500	10500	7400	3100	900	300
791120	200	200	100	200	100	100	300

Tabell 7. Rangering av prøvestedene med hensyn til bakteriekonsentrasjon.

Prøvested	Gjennomsnittsrangering for prøvetakingsperioden													
	9		7		5		4		10		2		1	
Periode	Coli	Kim	Coli	Kim	Coli	Kim	Coli	Kim	Coli	Kim	Coli	Kim	Coli	Kim
Utenom ferien	2,9	1,6	4,3	3,6	5,9	6,1	7	7	5,6	6,5	3,6	4,9	4,3	4,3
I felles-ferien 19.-31. juli	2,0	2,1	4,9	4,9	7	7	6,7	6,7	7	7	3,7	3,7	1,5	1,4

Tabell 8. Middelværdier og variasjonsområder for bakteriekonsentrasjoner i Iddefjorden i perioden 19. juni til 3. september 1979.

Stasjon	Kimtall pr. ml				Termostabile coliforme bakterier pr. 100 ml			
	Utenom fellesferien		I fellesferien		Utenom fellesferien		I fellesferien	
	Middel	2 x $\sigma$	Middel	2 x $\sigma$	Middel	2 x $\sigma$	Middel	2 x $\sigma$
1	11000	31600	203	190	8660	14900	200	200
2	9900	30700	600	346	8480	18300	367	306
10	12300	25190	3200	1220	12700	2980	3230	3200
4	412000	129000	6070	13500	13200	34600	2030	1600
5	22600	75700	3570	5710	8880	21700	2670	5180
7	8580	20100	1730	3000	7260	19284	1500	3120
9	1231	2600	333	230	1170	2390	233	230