

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Blindern

0-76/76

RESIPIENTVURDERING AV HØLLEFJORDEN
SØGNE KOMMUNE

Blindern, 18. august 1978

Saksbehandlere: *Knut Kvalvågnæs*
Ivar Haugen
Jan Magnusson

Medarbeidere: *Birger Bjerkeng*
Frank Kjellberg
Gotfred Nilsen

Instituttssjef *Kjell Baalsrud*
ISBN 82-577-0081-9

F O R O R D

Denne rapporten er utarbeidet etter forespørsel fra Søgne kommune (brev av 4.5.1977) til Norsk institutt for vannforskning.

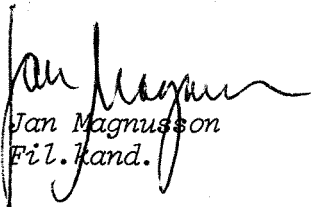
Det planlagte arbeidet ble bestemt til en biologisk befaring med kompletterende hydrografiske målinger som et ledd i å bedømme Høllefjordens tilstand og vurdere fjorden som resipient for utslipp av kommunalt avløpsvann fra et planlagt renseanlegg.

I møte med representanter fra kommunen samt siv.ing. Ivar Haaland (firma Sivilingeniør Lindboe A/S), som var koordinator mellom kommunen og NIVA, og representanter fra NIVA, ble måleprogrammet utvidet (ekkolodding og strømmålinger). Resultatene viste seg også i løpet av høsten og vinteren 77/78 å være av slik art at vi i stedet for et befaringsnotat kunne skrive en rapport med konkrete anbefalinger om utslippssted og rensegrad.

De hydrografiske målingene og strømmålingene er utført av landmåler Jan Aamodt (Hoem og Aamodt Oppmåling), som også utførte en opplodding av Høllefjorden. Vi vil takke landmåler Jan Aamodt og sivilingeniør Ivar Haaland samt firma Sivilingeniør Lindboe A/S for det arbeid som har vært nødvendig fra lokalt hold for å gjennomføre dette prosjektet.

10 eksemplarer av rapporten er utstyrt med fargefotografier.

Brekke, den 18 august 1978


Jan Magnusson
Fil. kand.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	1
1. INNLEDNING OG FORMÅL	6
2. UTSLIPPSMENGDER	7
3. TOPOGRAFI	9
4. HYDROGRAFI - VANNUTSKIFTNING OG OVERFLATESTRØMMER	11
4.1 Observasjoner og metoder	11
4.2 Vannutskiftning	11
4.3 Overflatelagets bevegelser	17
5. BIOLOGISKE UNDERSØKELSER - RESIPIENTENS TILSTAND	25
5.1 Fastsittende alger	25
5.2 Observasjoner av dyr	27
5.3 Samlet vurdering	29
6. VIRKNINGER AV DET PLANLAGTE UTSLIPPET	39
6.1 Avløpsvannets innlagring og spredning	39
6.2 Oksygenforhold	43
6.3 Biologiske effekter	44
7. ANBEFALINGER	48
REFERANSER	50
APPENDIX I	
Overvåking av dyputslipp	51
APPENDIX II	
Salinotermdata fra Høllefjorden	55

	TABELLFORTEGNELSE	Side:
Tabell 1	UTSLIPPSMENGDER AV URENSET KLOAKK	7
Tabell 2	UTSLIPPSMENGDER (kg/døgn) TIL HØLLEFJORDEN VED FORSKJEL- LIGE RENSEALTERNATIVER	8
Tabell 3	AREALER OG VOLUM I HØLLEFJORDEN BEREGNET UT FRA EN AVGRENSNING SOM FREMGÅR AV FIG 1	9
Tabell 4	VANNUTSKIFTNING I HØLLEFJORDEN MAI-SEPTEMBER 1977	16
Tabell 5	VANNUTSKIFTNING MAI-SEPTEMBER 1977. Beregnet for hel måned	16
Tabell 6	BEREGNINGER AV INNLAGRINGS-DYP OG PRIMÆRFORTYNNING FOR DYPUTSLIPP PÅ ca 35 METERS DYP VED TRE SJIKTNINGS- SITUASJONER	40

	FIGURFORTEGNELSE	
Fig. 1	Høllefjorden (fra sjøkart 9)	10
Fig. 2	Vindens øst-vest komponent ved Oksøy fyr (døgnmiddel av 4 observasjoner), (data fra Meteorologisk institutt), samt saltholdighetsvariasjoner ved stasjon K 23 Hølle- fjorden	12
Fig. 3	Temperaturvariasjoner (°C) i Høllefjorden mai-oktober 1977. Stasjon K 23	13
Fig. 4	Sirkulasjonsmønster ved vind fra syd-vest til vest (upwelling)	14
Fig. 5	Sirkulasjonsmønster ved vind fra øst til sydøst	14
Fig. 6	Overflatesalinitet (0 m) 13 mai 1977, samt resultat av utslipp av driftmerker ved lignende vindforhold 12 oktober 1977	18
Fig. 7	Overflatesalinitet (1 m dyp) og strøm (0-1 m dyp) 13 mai 1977, samt resultat av utslipp av driftmerker ved lignende vindforhold 12 oktober 1977	19
Fig. 8	Overflatesalinitet (0 m) 18.5.1977	20

forts. Figurfortegnelse

Fig. 9	Overflatesalinitet (1 m dyp) og strøm (0-1 m dyp) 18 mai 1977, samt resultat av utslipp av driftmerker ved lignende vindforhold 6 juli 1977	21
Fig. 10	Omtrentlig bilde av overflatestrømmer i Høllefjorden ved vestlige til sydvestlige vinder	23
Fig. 11	Omtrentlig bilde av overflatestrømmer i Høllefjorden ved sydøstlige vinder	24
Fig. 12	Kart med stasjonsnummer for hydrografi samt for den biologiske befaringen 6/7 1977	26
Fig. 13	Sagtang og tare sterkt bevakst med epifytter (St 8 AMFENES)	30
Fig. 14	Forkrøplet grisetang bevakst med epifytter, særlig grønnalgen tarmgrønske (St 7 Åros)	30
Fig. 15	Skulpetang bevakst med brunalgen <i>Spacelaria bipinnata</i> til høyre. Til venstre røde- og brunalger sterkt bevakst med epifytter og delvis neslammet (St 8 AMFENES)	31
Fig. 16	Grønnalge av en type som er svært vanlig i næringsbelastede, rolige resipienter (St 6 SALTHOLMEN)	31
Fig. 17	Ålegress med svarte skuddspisser og delvis svarte partier nedover stengelen (St 4 ÅROS CAMPING)	32
Fig. 18	Ålegress med svarte skuddspisser og delvis svarte partier nedover stengelen (St 4 ÅROS CAMPING)	32
Fig. 19	Hvite flekker på sandbunnen ved Åroselvas utløp. Bunnen er råttent under flekkene og lukter H_2S (St 6 ÅROS)	33
Fig. 20	Tare nedslammet med organiske og andre partikler og bevakst med epifytter (St 7 Grunnholmen)	33
Fig. 21	Stortare nedslammet i det vesentlige med organisk stoff og bevakst med epifytter (St 7 Grunnholmen)	34
Fig. 22	Nedslammete alger sterkt bevakst med epifytter (St 8 AMFENES)	34
Fig. 23	Tare nedslammet med organisk stoff og bevakst med epifytter (St 8 AMFENES)	35

forts. Figurfortegnelse	Side:
Fig. 24 Tare nedslammet med organisk stoff og bevokst med epifytter (St 8 AMFENES)	35
Fig. 25 Stortare og sagtang nedslammet med organisk stoff og bevokst med epifytter (St 8 AMFENES)	36
Fig. 26 Grønnalgen <i>Enteromorpha</i> sp. (St 8 AMFENES)	36
Fig. 27 Grønnalgevegetasjon på sørsiden av Skarpøy (St 13 Skarpøy)	37
Fig. 28 Stortare nedslammet med organisk stoff (St 8 AMFENES)	37
Fig. 29 Stortare og sagtang nedslammet med organisk stoff og bevokst med epifytter (St 8 AMFENES)	38
Fig. 30 Sagtang <i>Fucus serratus</i> ikke nedslammet og i god vekst (St 10 MIDTRE KJEHOLMEN)	38
Fig. 31 Spredning av kloakkvann fra dyputslipp	40
Fig. 32 Vertikal fordeling av næringssaltene totalfosfor og nitrat-nitrogen, samt oksygen-metning (%) og saltinnhold (o/oo) ved stasjon K 23 21.8.1968	46
Fig. 33 Vertikal fordeling av næringssaltene totalfosfor og nitrat-nitrogen samt oksygenmetning (%) og saltinnhold (o/oo) ved stasjon K 23 24.6.1969. (Måleverdier av nitrat på 20 og 30 m er fra nærliggende stasjon)	46

1. INNLEDNING OG FORMÅL

Søgne og Sogndalen kommuner planlegger å sanere flere små utslipp til Søgneelva for å beskytte selve elva og dens utløpsområde ved Høllen fra forurensning. I dag medfører utslipp til elva blant annet bakterielle problemer ved en del badeplasser.

Kommunene planlegger å slippe ut det kommunale avløpsvannet i Høllefjorden ved Saltholmen på 37 meters dyp. I denne sammenheng ønsker kommunene en vurdering av dette utslippsstedet og effekten av utslippet på Høllefjorden, samt anbefalinger om rensegrad på avløpsvannet.

Det er to faktorer som må klarlegges for å kunne vurdere disse problemene, nemlig Høllefjordens tilstand i dag, under nåværende utslippsforhold (belastning), og Høllefjordens transportkapasitet, dvs oppholdstiden på vannmassene i fjorden. Med kjennskap til disse faktorene kan man siden gjøre en bedømmelse av effekten av det nye utslippet og graden av rensning ved uforandret bruksverdi på området.

Denne rapporten beskriver først de fysiske transportforholdene i fjorden og deretter resultatet fra den biologiske befaringen rundt fjordens og elvas strender. Rapporten avsluttes med anbefalinger om utslippssted og rensegrad.

2. UTSLIPPSMENGDER

Det planlagte renseanlegget vil i første byggetrinn ta imot kloakkvann tilsvarende 8 000 p.e. med en vannføring på 50 l/s. Fullt utbygget vil anlegget bli dimensjonert for 16 000 p.e. og ha en vannføring på 100 l/s. Rensegraden vil være lav, med kun et silanlegg.

Tabell 1 gir de mengder fosfor og nitrogen som vil tilføres fjorden, samt mengden organisk stoff regnet som BOF_7 .¹⁾ En p.e.²⁾ tilsvarer omtrent følgende belastning:

Organisk stoff v/ BOF_7	75.0 g O/person . døgn
Total fosfor	2.5 g P/person . døgn
Total nitrogen	12.0 g N/person . døgn

Videre er det angitt den mengde som teoretisk tilføres fjorden i dag via utslipp i Søgneelva. Dette er anslagsvis over 6 000 p.e., men elvas selvrensningsevne vil sannsynligvis bety noe lavere tilførsler til Høllefjorden av organisk stoff.

Tabell 1. UTSLIPPSMENGDER AV URENSET KLOAKK

Tilførsler fra:	6 000 p.e.	8 000 p.e.	16 000 p.e.
Belastning:	kg/døgn	kg/døgn	kg/døgn
BOF_7	450	600	1200
Tot-P	15	20	40
Tot-N	72	96	192

1) = BOF_7 , Mål for mengde nedbrytbart organisk stoff, målt som biokjemisk oksygenfor bruk (BOF) over 7 døgn ved standard laboratoriebetingelser

2) = personekvivalent.

Effekten av forskjellige rensetiltak ved de ulike tilførslene fremgår av tabell 2. Renseeffekten er satt til følgende:

Mekanisk rensing:	BOF ₇ = 30%,	Tot-P = 10%,	Tot-N = 10%
Mekanisk-biologisk rensing:	BOF ₇ = 80%,	Tot-P = 20%,	Tot-N = 20%
Simultanfelling:	BOF ₇ = 80%,	Tot-P = 80%,	Tot-N = 20%
Mekanisk kjemisk rensing:	BOF ₇ = 60%,	Tot-P = 85%,	Tot-N = 20%
Mekanisk kjemisk rensing + denitrifikasjonstrinn:	BOF ₇ = 60%,	Tot-P = 85%,	Tot-N = 80%

Det bør påpekes at renseseffekter og beregninger er omtrentlige.

Tabell 2. UTSLIPPSMENGDER (kg/døgn) TIL HØLLEFJORDEN VED FORSKJELLIGE RENSEALTERNATIVER

Parameter	BOF ₇ (kg/døgn)			Tot-P (kg/døgn)			Tot-N (kg/døgn)		
	6x10 ³	8x10 ³	16x10 ³	6x10 ³	8x10 ³	16x10 ³	6x10 ³	8x10 ³	16x10 ³
RENSEMETODE:									
Mekanisk rensing	315	420	840	14	18	36	65	86	173
Mekanisk-biologisk rensing	90	120	240	12	16	32	58	76	154
Simultanfelling	90	120	240	3	4	8	58	76	154
Mekanisk-kjemisk rensing	180	240	480	2	3	6	58	76	154
Mekanisk-kjemisk + denitrifikasjonstrinn	180	240	480	2	3	6	14	19	38

3. TOPOGRAFI

Høllefjorden ligger relativt beskyttet av øyer og grunnområder fra Songvaarfjorden og Skagerrak (Fig. 1). Ferskvannstilførsel skjer gjennom Søgneelva som transporterer i gjennomsnitt vel $7 \text{ m}^3/\text{s}$, og største årlige vannføring $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Den absolutt minste lavvannsføringen er $0.1 - 0.2 \text{ m}^3/\text{s}$, mens den gjennomsnittlig minste lavvannsføringen er $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ (Avløpsplan for Søgne kommune av 1967). Den øvrige ferskvannstilførselen skjer fra Lundeelva, som renner ut i Torvefjorden vest for Høllefjorden, samt fra Otra i Kristiansand.

Høllefjorden ble oppmålt i løpet av 1977 (Hoem og Aamodt Oppmåling). Det ble kjørt 50 profiler med ekkolodd og deretter opptegnet dybdekoter. Oppmålingene viste dybder over 60 meter i Høllefjorden. Høllefjorden har et areal på omtrent 3.5 km^2 og et beregnet volum på $81 \times 10^6 \text{ m}^3$, (volumet beregnet etter ekkoloddningene). 50% av volumet ligger i dyp over 15 meter og ca 80% av volumet dekker dypintervallet 0 - 25 meter. Tabell 3 viser areal og volumfordelinger i fjorden.

Høllefjorden har de dypeste forbindelser med Songvaarfjorden i sør med terskler på omkring 25 - 30 meter. En viss vanntransport kan også skje via sundet mellom Skarpøy og Monsøy (terskeldyp ca 20 m) og i sundet mellom Monsøy og Årosveden (terskeldyp ca 10 meter).

Tabell 3. AREALER OG VOLUM I HØLLEFJORDEN BEREGNET UT FRA EN AVGRENSNING SOM FREMGÅR AV FIGUR 1

DYP (m)	AREAL $\times 10^4 \text{ m}^2$	DYP (m)	VOLUM $\times 10^4 \text{ m}^3$
0	346	0 - 5	1603
5	295	5 - 10	1409
10	268	10 - 15	1259
15	235	15 - 20	1094
20	202	20 - 25	933
25	170	25 - 30	772
30	138	30 - 35	567
35	89	35 - 40	323
40	41	40 - 45	133
45	13	45 - 50	42
50	4	50 - 55	15
55	2	55 - bunn	5
60		Totalt	8113

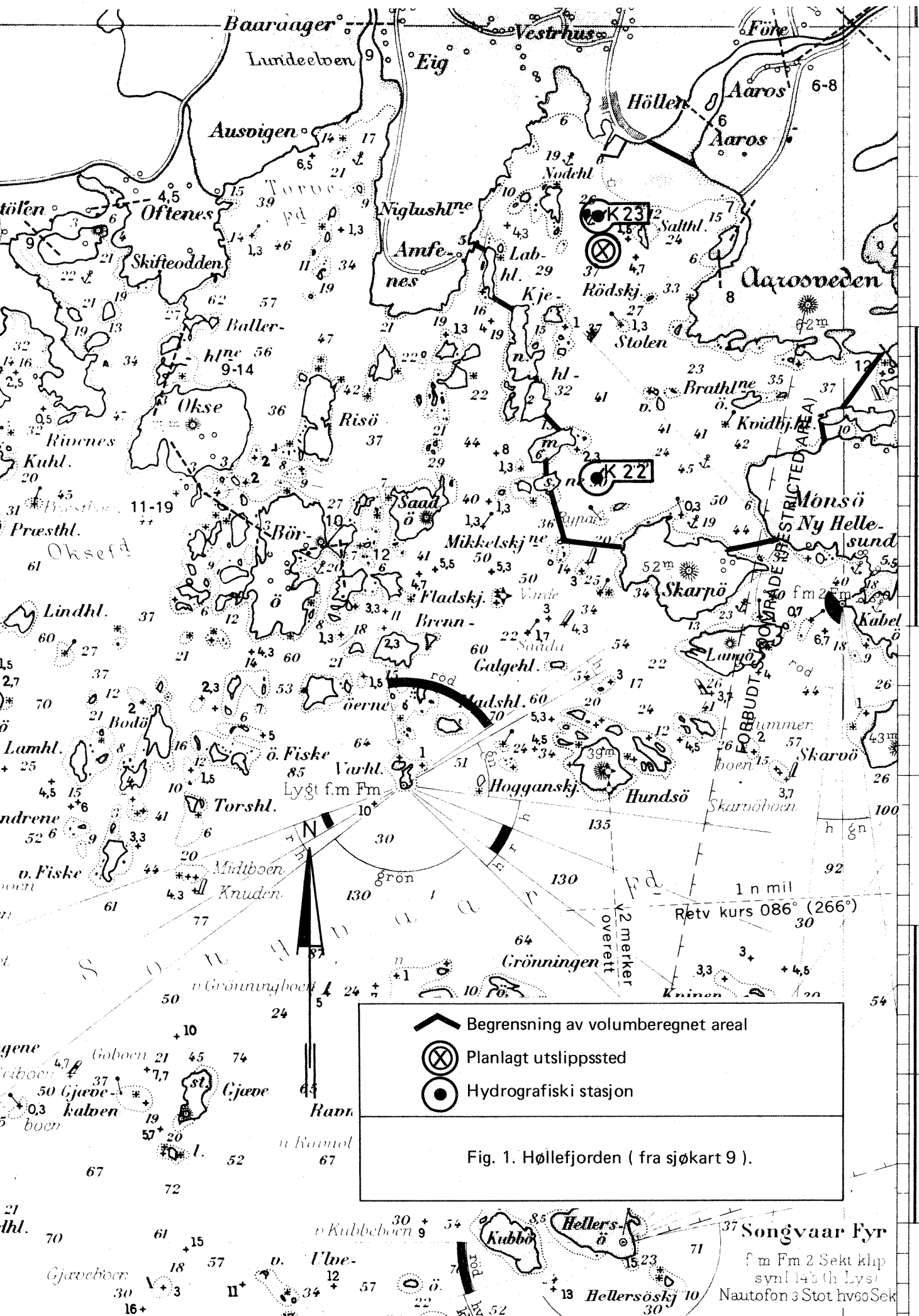


Fig. 1. Høllefjorden (fra sjøkart 9).

Songvaar Fyr
 f m Fm 2 Sekt klip
 synl 145 th Lys/
 Nautofon 3 Stot hv60 Sek

4. HYDROGRAFI - VANNUTSKIFTNING OG OVERFLATESTRØMMER

4.1 Observasjoner og metoder

De hydrografiske observasjonene ble utført med omtrent en ukes intervall i mai - oktober 1977. Observasjonsdato var i

Mai	13, 18, 20, 26
Juni	7, 14, 21, 29
Juli	6, 16, 23, 29
August	3, 11, 20, 30
September	8, 16, 22 og
Oktober	11.

Det ble foretatt målinger av temperatur og saltinnhold med en salinoterm (Electronic Switchgear) på hver meter til 10 meters dyp, og deretter annen- hver meter til 20 meters dyp. Fra 20 meters dyp og nedover ble det målt hver 5. meter. Observasjoner ble utført på to steder, merket stasjon K 23 og K 22 på Fig. 1.

Den 13. mai og den 18. mai 1977 ble saltinnhold og strøm observert på 20 stasjoner i Høllefjorden i 0 - 1 meters dyp. Strømmen ble målt med strømkors. Den 6. juli og 12. oktober ble det foretatt utslipp av 100 drift - merker over det planlagte dyputslippsstedet. Dessuten ble det utført strømkorsmålinger på forskjellige dyp ved det planlagte utslippsstedet den 14. juni 1977. Målingene ble utført av ing. Aamodt etter instruks fra NIVA.

4.2 Vannutskiftning

Fig. 2 og Fig. 3 viser saltinnholdsvariasjoner og temperaturvariasjoner i Høllefjorden ved Saltholmen (stasjon K 23). Parallell observerte ved stasjon K 22 innenfor Skarpøy viste ingen betydelige forskjeller fra stasjon K 23 (for dyp under 4 m), og stasjon K 23 vil derfor representere Høllefjorden i den videre utredning. (Dette gjelder ikke overflatevannet (0-4 m), se kap. 4.3).

Saltinnholdsvariasjonene varierte kraftig over kort tid i de øverste

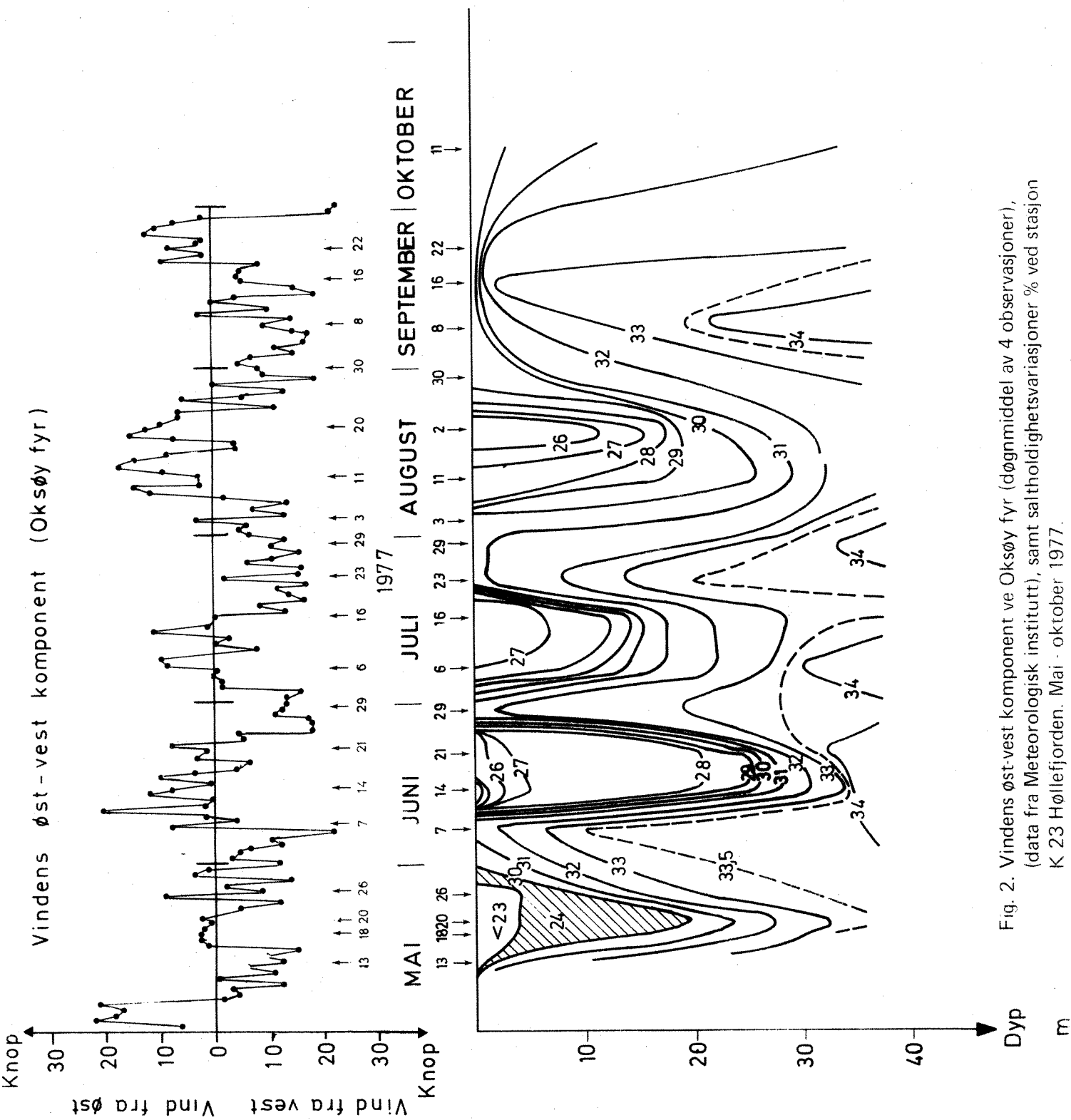


Fig. 2. Vindens øst-vest komponent ve Oksøy fyr (døgnmiddel av 4 observasjoner), (data fra Meteorologisk institutt), samt saltholdighetsvariasjoner % ved stasjon K 23 Høllefjorden. Mai - oktober 1977.

HÖLLEFJORDEN 1977.

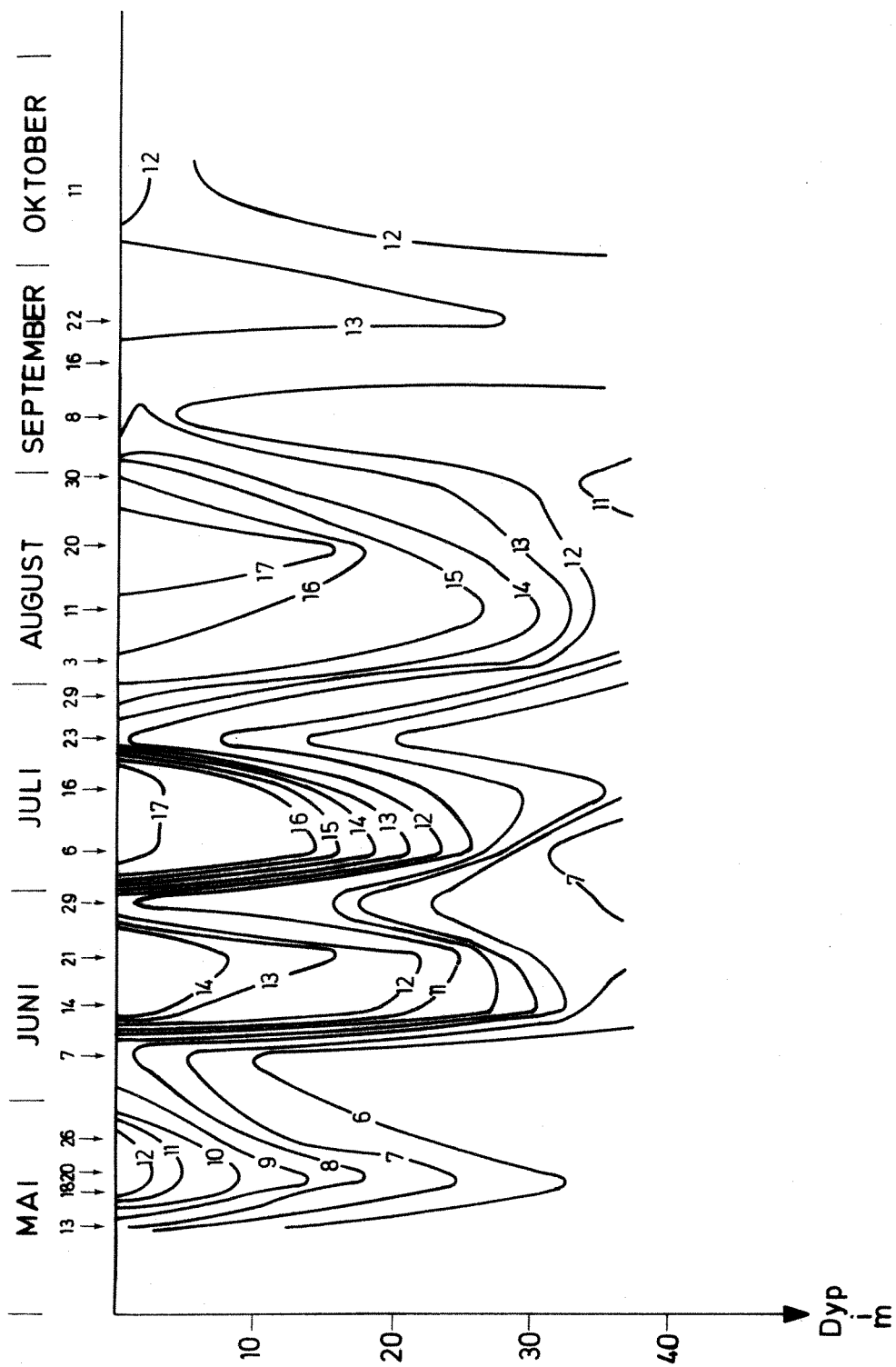


Fig. 3. Temperaturvariasjoner (°C) i Höllefjorden mai - oktober 1977. Stasjon K 23.

Syd

Nord

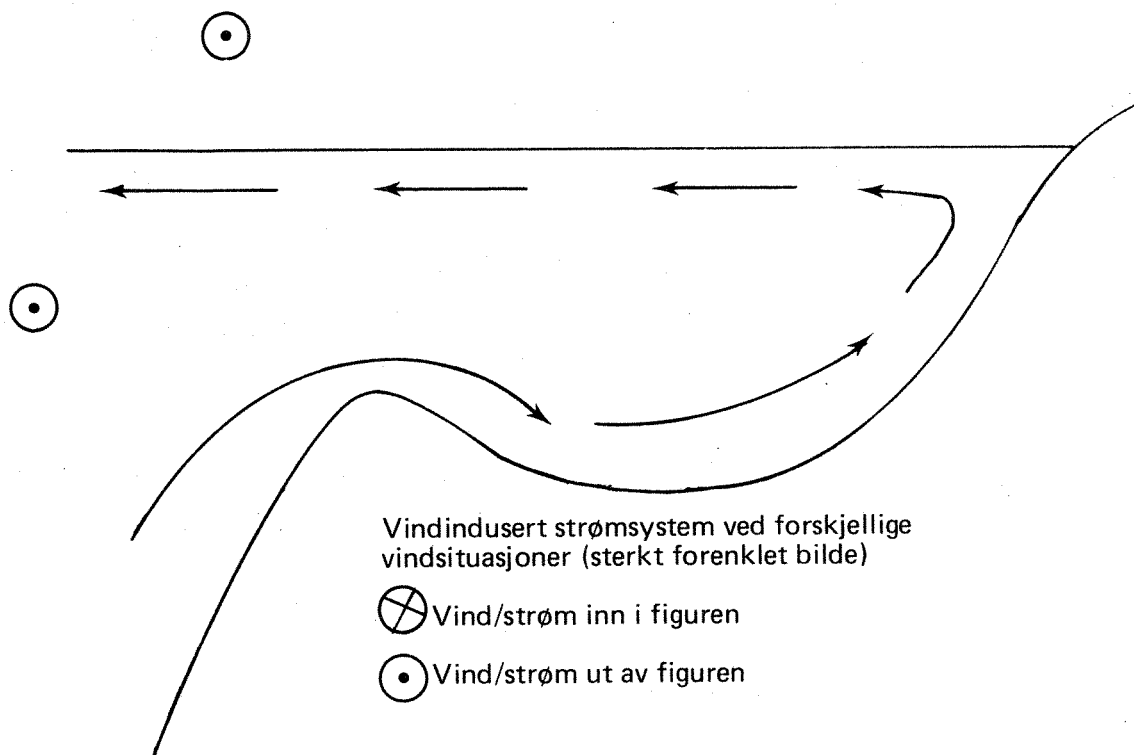


Fig. 4. Sirkulasjonsmønster ved vind fra syd - vest til vest (Upwelling)

Syd

Nord

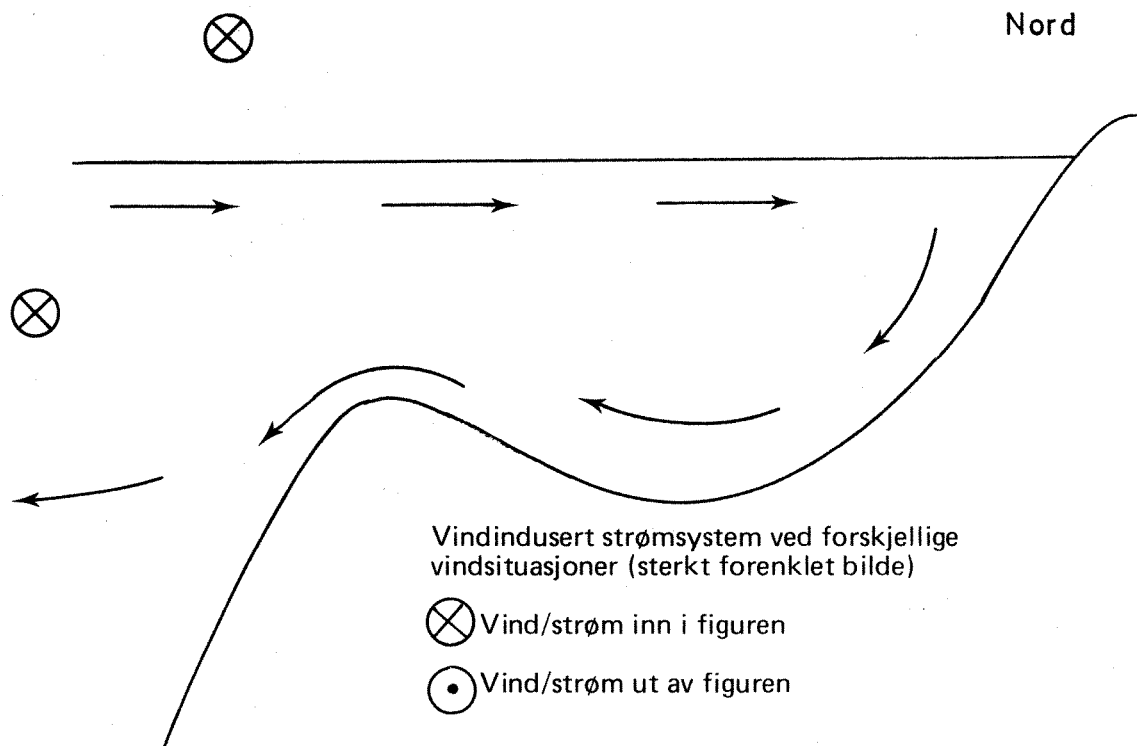


Fig. 5. Sirkulasjonsmønster ved vind fra øst til sydøst

35 meter, og variasjonene var spesielt kraftige over 20 - 25 meters nivå, hvilket først og fremst kommer av at terskelen mellom Songvaarfjorden og Høllefjorden filtrerer bort en del av de ytre genererte bevegelsene under terskelnivået. Figurene viser også en klar sammenheng mellom høyt saltinnhold og kaldt vann fra mai til september, noe som viser at dypere vannmasser fra Songvaarfjorden og kysten strømmet opp mot Høllefjorden og innover tersklene. Utover høsten ble temperaturforskjellen mindre, som følge av at overflatevannet ble avkjølt og de dypere lagene i kystvannet og Skagerrak nå er blitt oppvarmet under sommerhalvåret.

Den kraftige utskiftningen er en direkte følge av hydrografiske variasjoner i vannmassene utenfor Høllefjorden, som i seg selv er vinddominerte (NIVA 1976).

Dominerende under sommerhalvåret er østlige og vestlige vinder (Johannessen 1960). På figur 2 er vindens øst-vestkomponenter ved Oksøy fyr sammenholdt med saltholdighetsvariasjoner i Høllefjorden. Det er en meget god overensstemmelse mellom sydvestlige vinder og en økning av saltholdigheten i Høllefjorden samt østlige vinder og en lavere saltholdighet. De vestlige vindene gir en transport av vann fra kysten (Ekmantransport) slik at det dypere liggende saltere og kaldere vannet trenger opp mot kysten (fig. 4). Ved østlige vinder presses vannet på tilsvarende måte mot land og det mindre salte og varmere kystvannet "blir igjen" i fjordene (fig. 5). Størrelsen og frekvensen av vannutskiftningen er således avhengig av vindforholdene ved kysten.

Ut fra de hydrografiske observasjonene kan vannutskiftningen anslås. Saltinnholds-isolinjenes* vertikale variasjoner gir informasjon om på hvilke dypintervall utskiftningen har skjedd. Dette kan beregnes eksakt (se f.eks. NIVA 1976), men i denne rapporten er det kun skjedd en bedømmelse etter fig. 2. Tabell 4 viser resultatene fra denne bedømmelse.

* Isolinjer : Linjer trukket gjennom punkter med samme verdi for saltinnhold, temperatur etc.

Tabell 4. VANNUTSKIFTNING I HØLLEFJORDEN MAI - SEPTEMBER 1977

DATO	VOLUM $\times 10^6 \text{ m}^3$	TRANSPORT m^3/s	DATO	VOLUM $\times 10^6 \text{ m}^3$	TRANSPORT m^3/s
13-18.5	32.8	75	6-16.7	27	31
18-20.5	6.6	38	16-23.7	53.5	88
20-26.5	27.0	52	23-29.7	23.1	38
26.5-7.6	54.6	52	29.7-3.8	46.7	108
7-14.6	81.6	134	3-11.8	15.7	23
14-21.6	5.5	9	11-20.8	59	76
21-29.6	81.6	118	20-30.8	53.6	62
29.6-6.7	57.7	95	30.8-8.9	35	45
			8-16.9	56.8	82
			16-22.9	70.7	136

Tabell 5 VANNUTSKIFTNING MAI - SEPTEMBER 1977
Beregnet for hel måned

MÅNED	VOLUM (m^3)	TRANSPORT (m^3/s)
Mai	121×10^6	56
Juni	226×10^6	90
Juli	150×10^6	62
August	128×10^6	55
September	162×10^6	82
Totalt	787×10^6	70

Den midlere transporten beregnet etter tallene i tabell 4 gir $70 \text{ m}^3/\text{s}$ med et avvik (standard avvik) på $37 \text{ m}^3/\text{s}$, gjelder for perioder på omtrent 7 døgn. For beregninger på månedsbasis (tabell 5) blir avviket ca $16 \text{ m}^3/\text{s}$, dvs det er ingen større forskjell i vannutskiftningen mellom de forskjellige månedene i sommerhalvåret 1977. Den midlere vannutskiftningen tilsvarer en total utskiftning av vannet i Høllefjorden hvert 14. døgn.

4.3 Overflatelagets bevegelser

Det ble foretatt to observasjoner av strøm og saltholdighet i 0 - 1 meters dyp ved dels sydvestlige - vestlige vinder, dels sydlige til sydøstlige vinder. Den 13.5 var vinden sydvestlig til vestlig. Figurene 6 og 7 viser saltholdigheten på 0 og 1 meters dyp, samt strømmen i overflaten innlagt på figur 7. Søgneelvas ferskvann strømmet delvis mot vest innenfor Høllen og delvis langs Årosveden. Den videre transporten skjedde ved innblanding av saltere vann, hovedsaklig mellom Årosveden og Monsøy.

Sirkulasjonen i området, som følge av vinden, førte vann fra Torvefjorden inn i Høllefjorden, hvor det støtte mot ellevannet fra Søgneelva. Deretter skjedde en blanding av saltvannet med ferskvann og en videre transport ut av Høllefjorden på begge sider av Skarpøy og innenfor Monsøy. Strømhastighetene indikerer at den største transporten skjedde vest for Skarpøy, men saltinnholdsobservasjonene ga de største transportene av ferskvann i sundet innenfor Monsøy, og muligens mellom Monsøy og Skarpøy.

Den 12.10.1977 ble det sluppet ut ca 100 driftmerker over det planlagte utslippsstedet ved Saltholmen. Vinden var vest-sydvest lett bris. Driftmerkene drev via Rauskjæret ut mot sundet mellom Monsøy og Skarpøy, hvor de ble plukket opp (97 stk). Drifttiden var ca 1.5 time.

Den 18.5.1977 ble den andre registreringen av saltinnhold i overflaten og saltinnhold og strøm på 1 meters dyp utført (Fig. 8 og 9). Vinden var nå syd til sydøst lett bris. Fortsatt dominerte påvirkningen av ferskvann fra Søgneelva indre del av Høllefjorden. Denne gangen strømmet ferskvannet hovedsaklig mot Amfenes, men ellevannet ble raskt oppblandet med sjøvann. Brakkvann (saltholdighet under 21 o/oo) strømmet nå inn til Høllefjorden gjennom området innenfor Monsøy og mellom Monsøy og Skarpøy. Transporten gikk inn mot indre delen av Høllefjorden og Torvefjorden. Ved vestsiden av Årosveden var vannet saltere enn på de øvrige stedene, og dette indikerer en viss oppstrømming av dypere vann som følge av fralandsvinden.

Det ble foretatt utslipp av driftmerker under østlige til sydøstlige vinder i Høllefjorden den 6.7.1977. Utslippsstedet var ved Saltholmen, over det planlagte utslippsstedet. Merkene drev først opp mot Søgneelva, men etter som de nærmet seg grensen mellom ferskvann og sjøvann, drev de vestover og ble liggende "stille" på nordspissen av Nodeholmen (Fig. 9).

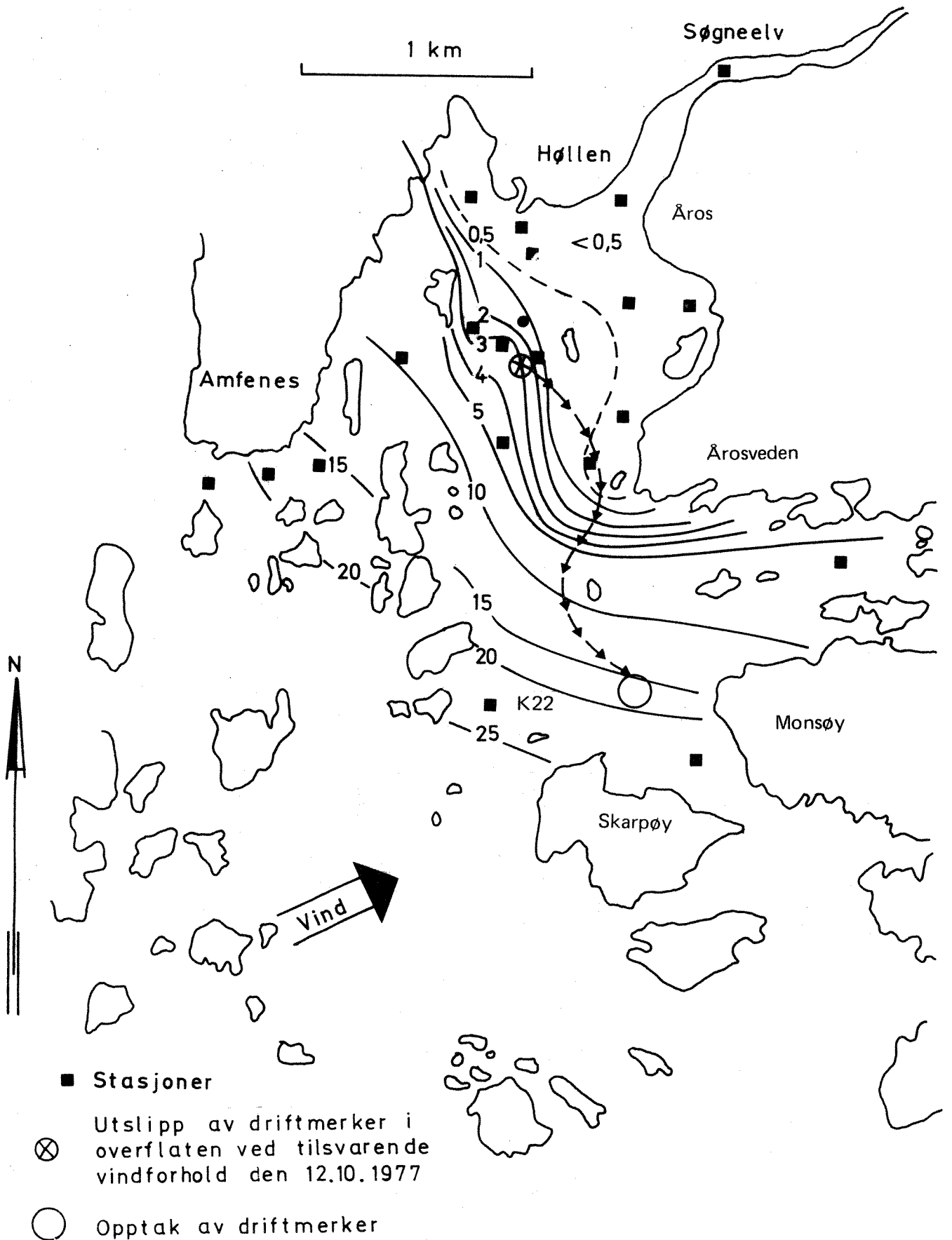


Fig. 6 Overflatesalinitet (0 m) 13. mai 1977, samt resultat av utslipp av driftmerker ved lignende vindforhold 12. oktober 1977

Vind: v-sv laber - frisk bris

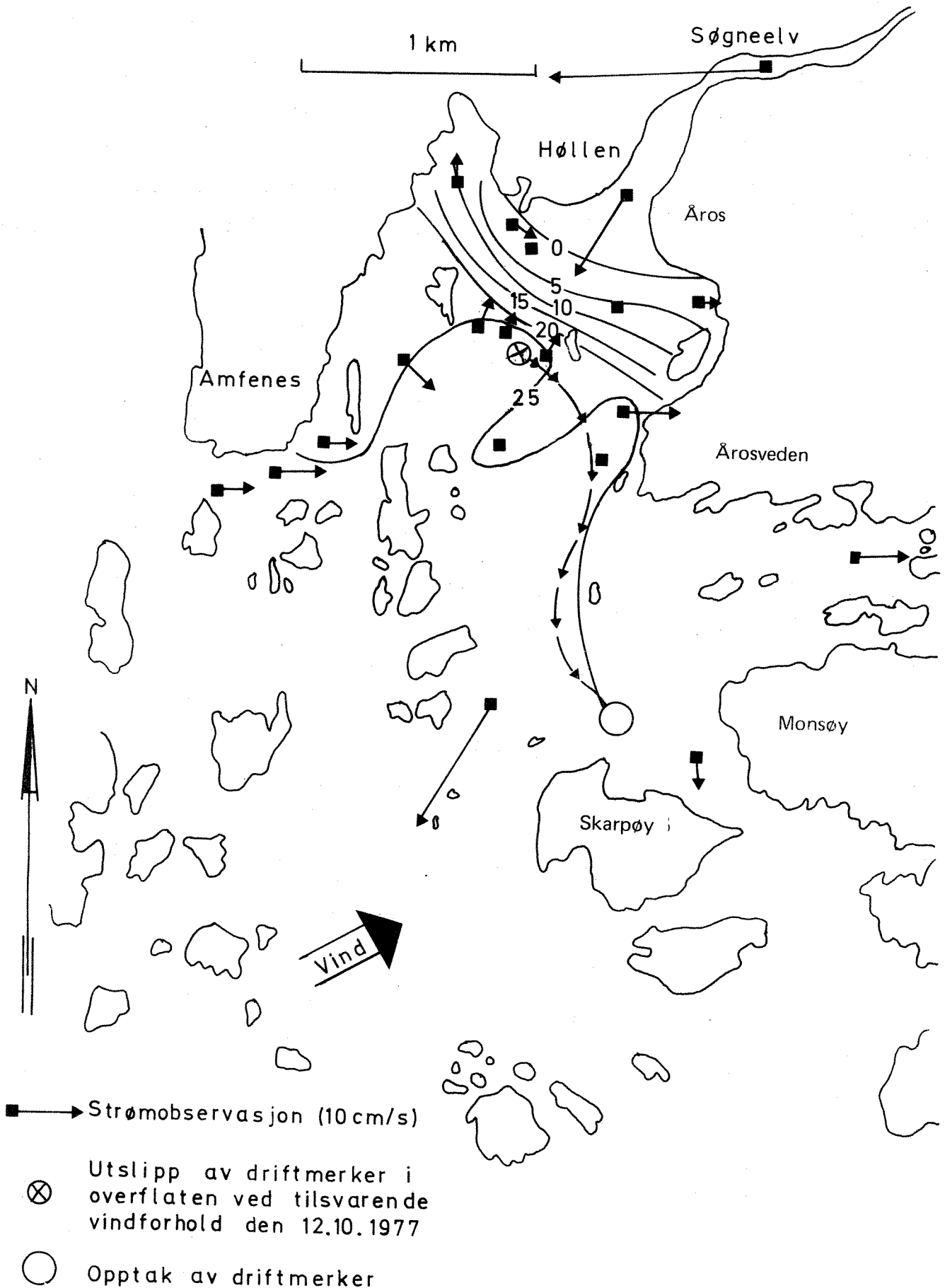


Fig. 7 Overflatesalinitet (1 m dyp) og strøm (0 – 1 m dyp) 13. mai 1977, samt resultat av utslipp av driftmerker ved lignende vindforhold 12. oktober 1977
Vind: v-sv laber - frisk bris

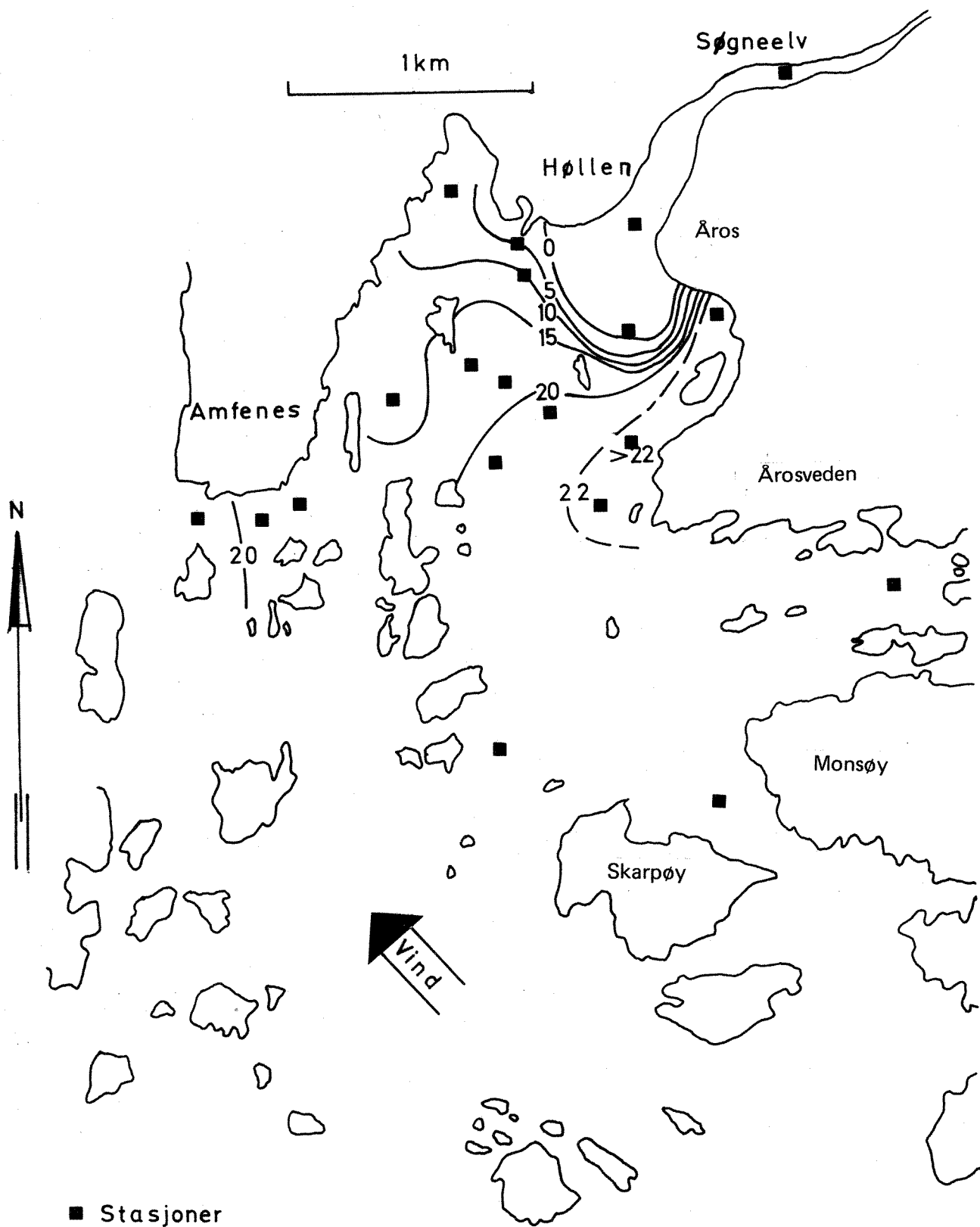


Fig. 8 Overflatesalinitet (‰) (0 m) 18. 5. 1977

Vind: s-sø lett bris

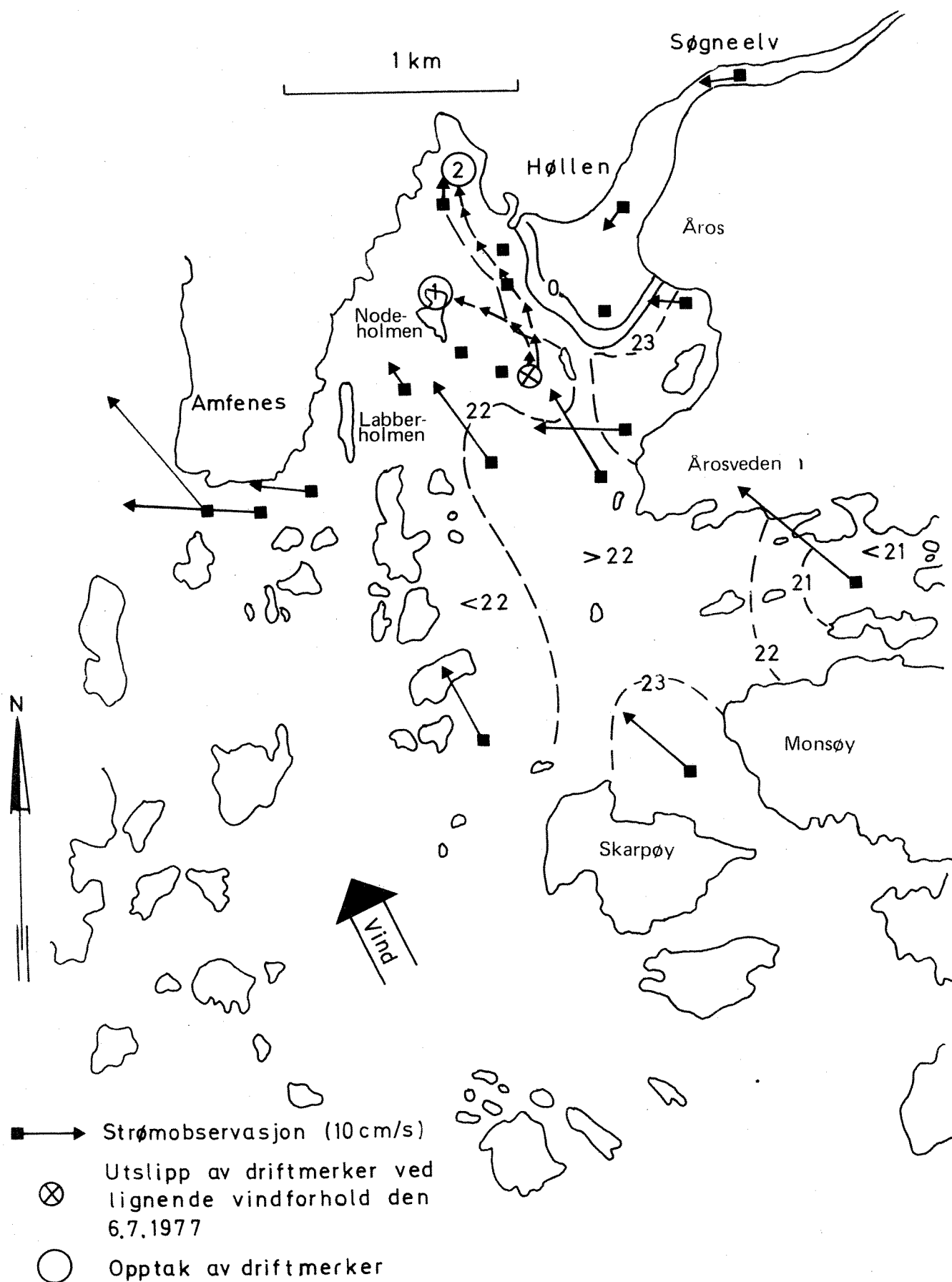


Fig. 9 Overflatesalinitet (1 m dyp) og strøm (0 – 1 m dyp) 18. mai 1977, samt resultat av utslipp av driftmerker ved lignende vindforhold 6. juli 1977

Vind: s-sø lett bris

Et annet utslipp samme dag førte driftmerkene i samme bane som det første utslippet frem til konvergens-sonen, hvoretter de drev inn i viken vest for Høllen. Her ble de liggende i en lokal virvel.

Den 14.6.1977 ble det utført strømkors-målinger på 1, 5, 10 og 20 meters dyp over utslippsstedet under sydøstlig lett bris. Strømkorset på 1 meters dyp drev mot sydspissen av Nodeholmen, - de øvrige korsene drev mot sydvest mot Labberholmen.

Strømbildet i Høllefjorden er klart vindavhengig. Ferskvannet fra Søgneelva har kun betydning for strømretninger i selve elvas utløpsområde i Høllen. Vanntransportene i Høllefjorden vil stort sett således være bestemt av vindens retning og styrke. Sydvestlige til vestlige vinder (Fig. 10) gir hovedsaklig strømmen fra Torvefjorden gjennom Høllefjorden og ut innenfor Monsøy, i området mellom Monsøy og Skarpøy og vest for Skarpøy. Hovedtransporten av ferskvann fra Søgneelva går ut mellom Saltholmen og Årosveden og videre ut mellom Årosveden og Monsøy, eller mellom Monsøy og Skarpøy. I tillegg presses en del vann fra Søgneelva rett inn i viken vest for Høllen.

Ved østlig-sydøstlige vinder (Fig. 11) presses utenforliggende kystvann inn gjennom sundet mellom Årosveden - Monsøy og Monsøy - Skarpøy. Vannet strømmen videre gjennom Høllefjorden og ut i Torvefjorden. Ellevannet fra Søgneelva presses opp mot Amfenes-landet og Høllen. Strømmene varierer lokalt kraftig med vindforholdene, og små forandringer i vindretningen gir direkte utslag i de lokale strømforholdene. På vestsiden av Årosveden er det registrert lokal oppstrømming av saltere sjøvann ved østlige til sydøstlige vinder, som ved mer sydlige vinder ikke vil forekomme.

De to ovenfor beskrevne situasjonene representerer vel 65% av vindretningene i mai - september, - derav er de sydvestlige til vestlige vindene klart dominerende (44% av tiden) (Johannessen 1960). De ovenfor beskrevne strømforhold skulle altså gi et relativt bra bilde av strømforholdene i overflatelaget i Høllefjorden.



Fig. 10 Omtrentlig bilde av overflatestrømmer i Høllefjorden ved vestlige til sydvestlige vinder

← STRØM



Fig. 11 Omtrentlig bilde av overflatestrømmer i Høllefjorden ved sydøstlige vinder

← STRØM

5. BIOLOGISKE UNDERSØKELSER - RESIPIENTENS TILSTAND

Det ble utført en befarings i Høllefjorden den 6.7.77. Innenfor et område begrenset av Kvitbjørnholmen, Skarpøy og Amfenes ble strandfaunaen og de fastsittende algers tilstand og sammensetning studert. Stasjonsnettets fremgang av fig. 12. Den foretatte befarings gir ikke tilstrekkelig underlag til en fullstendig forståelse av områdets tilstand, men sett i sammenheng med tilsvarende undersøkelser andre steder og generell biologisk kunnskap, kan man likevel trekke enkelte konklusjoner.

5.1 Fastsittende alger

Befaringen viste at tangartene stort sett var dårlig utviklet, delvis forkrøplet og ofte meget sterkt bevokst med epifytter, fig. 13, 14 og 15. Enkelte steder, som f eks på nordsiden av Saltholmen, var grønnalgene kraftig utviklet, fig. 16. Blomsterplanten ålegress (*Zostera marina*) forekom flere steder innenfor det undersøkte området, blant annet utenfor campingplassen. I samtlige bestander var mange av plantene preget av svarte og døde skuddspisser, fig. 17 og 18. Årsaksforholdet er ikke klarlagt, men det trenger ikke nødvendigvis være en forurensningseffekt.

Sandbunnen i elveutløpet og utenfor campingplassen var helt ut til marbakken preget av felter med blåhvitt belegg (fig. 19). Feltene var skarpt avgrenset mot sandbunnen ellers. Under belegget var sanden svart og rått. Ved omrøring ble det en markert rått lukt av hydrogensulfid (H_2S).

Algene, særlig *Laminaria*-artene (taren) var i mesteparten av det undersøkte området dekket av slam, fig. 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28 og 29. Nedslammingen var sterkest nærmest Søgneelvas utløp, men den var markert helt ut til Skarpøy, som var den ytterste (sydligste) stasjonen. På Skarpøy var det bare på vestsiden at algene var nedslammet. Fra omtrent rett sør for staken på innsiden av Skarpøy og østover, rundt østspissen og vestover igjen til nord for staken på utsiden av Skarpøy var algene rene og friske og ikke nedslammet (fig. 27).

Dette har sannsynligvis sammenheng med påvirkningen av friskt vann utenfra og gjennom sundet vest av Monsøy (se kap. 4.3).

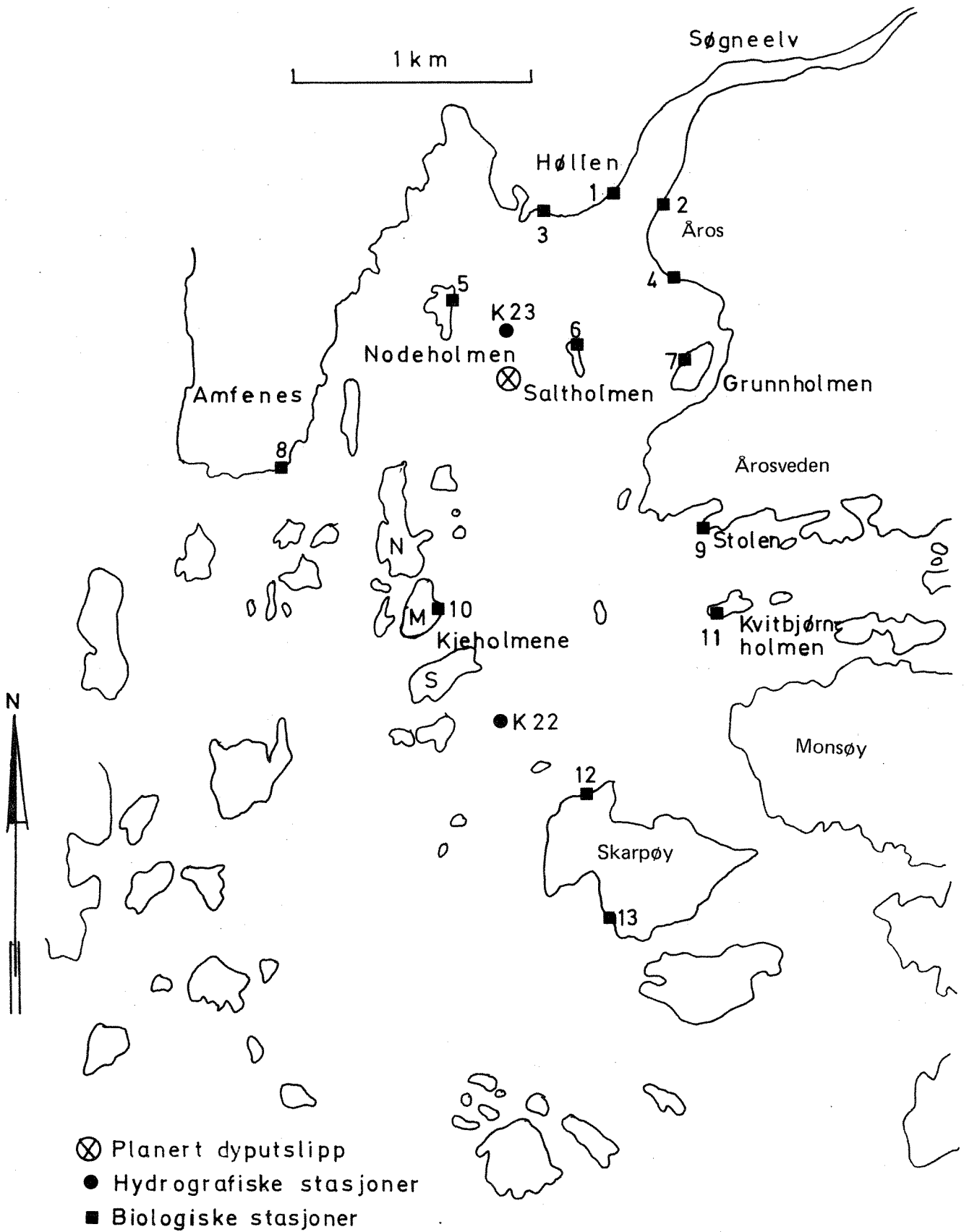


Fig. 12. Kart med stasjonsnummer for hydrografi samt for den biologiske befaringen 6/7-1977

Denne påvirkningen gjenspeiler seg også lenger inn på Kvitbjørnholmen. Her var det bare på nordsiden og vestspissen at algene var nedslammet.

Også algene rundt den innerste av Kjeholmene, Nodeholmen og på østsiden av Amfenes var sterkt bevokst med epifytter og nedslammet, fig. 28 og 29. På midtre Kjeholmen var algene derimot renere og mindre nedslammet (fig. 30). Resultatene fra befaringen indikerer at Høllen er relativt kraftig påvirket av tilførsler fra Søgne-elva. Påvirkningen markerer seg som organiske avleiringer på algene og på sandbunnen ved elvas utløp. På sandbunnen resulterer det i bakteriell nedbrytning med flekkvis utvikling av H₂S. Det ble ikke tatt noen bakteriologiske prøver.

5.2 Observasjoner av dyr.

Stasjonsnett for disse observasjoner fremgår av fig. 12.

St. 1 og 2 Åroselva: Oppover elva fantes brennmaneter og glassmaneter. Brennmanetene var i alle stadier av forråtnelse mens alle glassmanetene var levende. I elvemunningen er det dannet en grunn øyr. Levende brennmaneter ble funnet nær øyra på oversiden. I øyras ytre del ble observert et større antall små skrubbeflyndrer (5 - 10 cm) på grunt vann. Over hele øyra ble det funnet gråhvite flekker over råttent bunn.

St. 3 Høllen: Her foregikk mudringsarbeider, og slamholdig råttent vann (lukt av hydrogensulfid) ble pumpet ut på stranden. Inne i båthavnen fløt rusk og søppel (melkekartonger, plastposer o.a.).

St. 4 Åros camping: Også utenfor campingplassen ble det funnet flere flekker med gråhvitt belegg over råttent bunn. I sanden utenom disse flekkene ble det funnet levende hjertemuslinger (*Cardium edule*) og sandhauger etter fjæremark (*Arenicola marina*). På skjæret utenfor campingplassen fantes skipsrur (*Balanus improvisus*) og strandsnegl (*Littorina littorea*).

St. 5 Nodeholmen: Svaberget var dominert av fjærerur (*Balanus balanoides*). Ellers fantes blåskjell og små strandsnegler. En strandreke (*Crangon crangon*) ble funnet blandt algene i nedre del av fjæra.

St. 6 Saltholmen: Svaberget var dominert av fjærerur. Straks nedenfor vannlinjen gikk bunnen over i sand og leire og her fantes store banker med blåskjell.

St. 7 Grunnholmen: Enkelte fjærerur ble funnet, ellers besto rurbeltet vesentlig av skipsrur. Av andre dyr ble det kun funnet enkelte store strandsnegler. Dette viser ferskvannsinflytelsen fra Søgneelva på stasjonens overflatelag. Algevegetasjonen, som for en stor del besto av tarmgrønnske (*Enteromorpha* sp.p.) støtter også dette.

I stranden lå sammendrevet en tett konsentrasjon av glassmanter (*Aurelia aurita*).

St. 8 Amfenes: I fjæra ble det funnet fjærerur, blåskjell og strandsnegler. Noe lengre ned ble det observert korstroll (*Asterias rubens*), sjøpinnsvin (*Echinus esculentus*) og noen små stingsild.

St. 9 Stolen: I fjæra fantes noe fjærerur, de fleste unge og enkelte (relativt få) blåskjell. Ellers fantes vanlig strandsnegl (*Littorina littorea*) og noen få buttskallede strandsnegler (*Littorina obtusata*) i gul fargevariant, enkelte blåskjell, noen strandreker og en strandkrabbe (*Carcinus maenas*). Flere glassmaneter hadde drevet i land i fjæra, men ikke tilnærmelesvis så mange som på st. 7.

St. 10 Midtre Kjøholmen: I fjæra fantes foruten store strandsnegler bare noen få fjærerur.

St. 11 Kvitbjørnholmen: I fjæra fantes et kraftig rurbelte med fjærerur. Nedenfor fantes enkelte små blåskjell og noen korstroll. En skjærgårds-sjøstjerne (*Martasterias glacialis*) ble observert på 20 cm vann. I algevegetasjonen, som besto av tette matter med grisetang, fantes flere buttskallede strandsnegler i gul variant.

St. 12 Skarpø nord: Tre arter av strandsnegler (*Littorina littorea*, *Littorina obtusata* og *Littorina saxatilis*) ble funnet. Videre fantes på taren sneglen *Gibbula cinerea* og posthornmark (*Spirorbis* sp.). I stranden ble det funnet mye ilanddrevne glassmaneter.

St. 13 Skarpø syd: Dette var en relativt eksponert lokalitet, noe som vistest tydelig på faunaen, som besto av mye fjærerur og purpursnegl (*Thais lapillus*) og albuskjell (*Patella vulgata*).

5.3 Samlet vurdering

Bortsett fra St 13 ligger stasjonene beskyttet til. Stasjonene 1, 2, 3, 4, 6 og 7 var tydeligst påvirket av ferskvannstilførselen fra Søgneelva. Også stasjon 9 var noe påvirket, mens derimot stasjon 5 ut fra faunaens sammensetning ikke viste særlige tegn på ferskvanns- eller annen påvirkning. Dette er påfallende, stasjonens nærhet til Søgneelvas utløp tatt i betraktning. Det var forventet at rurbeltet skulle bestå av skipsrur, som er tolerant for ferskvannspåvirkning. I stedet besto rurbeltet av store mengder fjærrerur. Skipsrur ble ikke funnet på denne stasjonen. Dette kan forklares av at ferskvannet fra Søgneelva hovedsaklig strømmet ut langs Årosveden og i en viss utstrekning nordvest ved Høllen (se kap. 4.3). Dette vil i så fall også forklare den ferskvannspåvirkningen som ble funnet så tydelig på stasjon 7 og fortsatt var merkbar på stasjon 9. Observasjonene av fastsittende dyr viste at disse forholdene var gjennomgående stabile, og ikke et øyeblikksbilde. Observasjoner av ilanddrevne glassmaneter styrket dette bildet. (Masseforekomst av glassmaneter i seg selv var ikke enestående for området. Hele Skagerrakområdet opplevde dette fenomenet sommeren/høsten 1977).

Konklusjonen blir at Søgneelva har stor betydning for utviklingen av flora og fauna i Høllenfjorden. Virkningene av forurensninger som føres ut med elva vil delvis skjules av ferskvannspåvirkningen, og en enkelt befaringsgir ikke tilstrekkelige data til å kunne vurdere dette. Nedslammingen av algene og flekkene med råttne bunn i øyra ved Søgneelvas utløp har imidlertid sammenheng med tilførsler av organisk stoff fra elva.



St '8 AMFENES

Fig. 13 Sagtang og tare sterkt bevokst med epifytter.



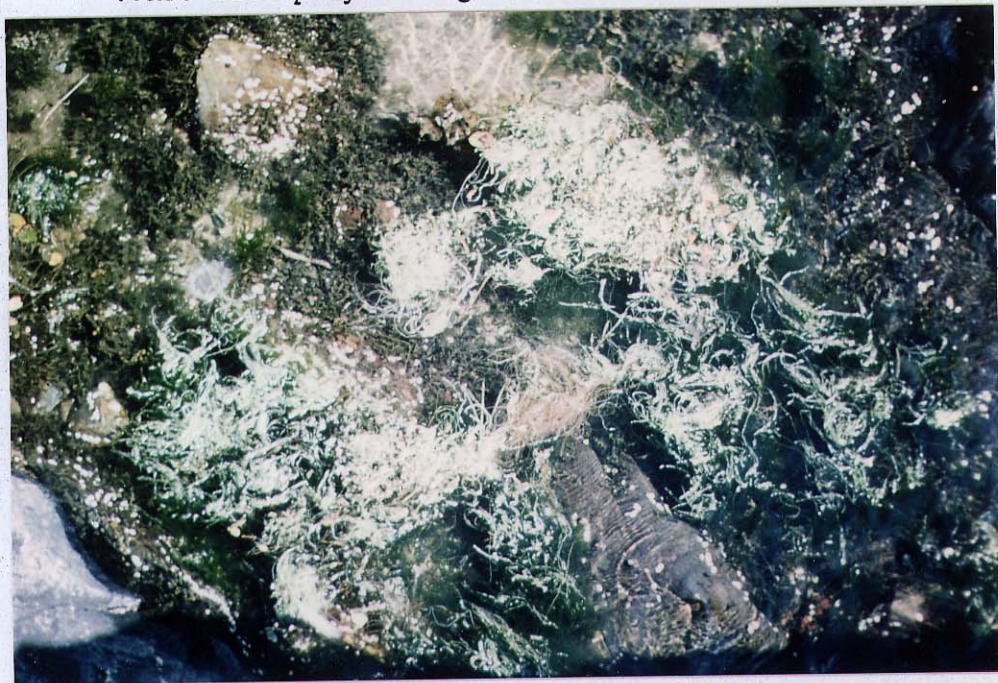
St 7 ÅROS

Fig. 14 Forkrøplet grisetang bevokst med epifytter, særlig grønnaigen tarmgrønske



St 8 AMFENES

Fig. 15 Skulptetang bevakst med brunalgen *Spacelaria bipinnata* til høyre. Til venstre røde- og brunalger sterkt bevakst med epifytter og delvis nedslammet.



St 6 SALTHOLMEN

Fig. 16 Grønnalge av en type som er svært vanlig i næringsbelastede, rolige resipienter.



St. 4 ÅROS CAMPING

Fig. 17 Ålegress med svarte skuddspisser og delvis svarte partier nedover stengelen.



St 4 ÅROS CAMPING

Fig. 18 Ålegress med svarte skuddspisser og delvis svarte partier nedover stengelen.



St 6 ÅROS

Fig. 19 Hvite flekker på sandbunnen ved Åroselvas utløp. Bunnen er råttan under flekkene og lukter H_2S .



St 7 GRUNNHOLMEN

Fig. 20 Tare nedslammet med organiske og andre partikler og bevokst med epifytter.



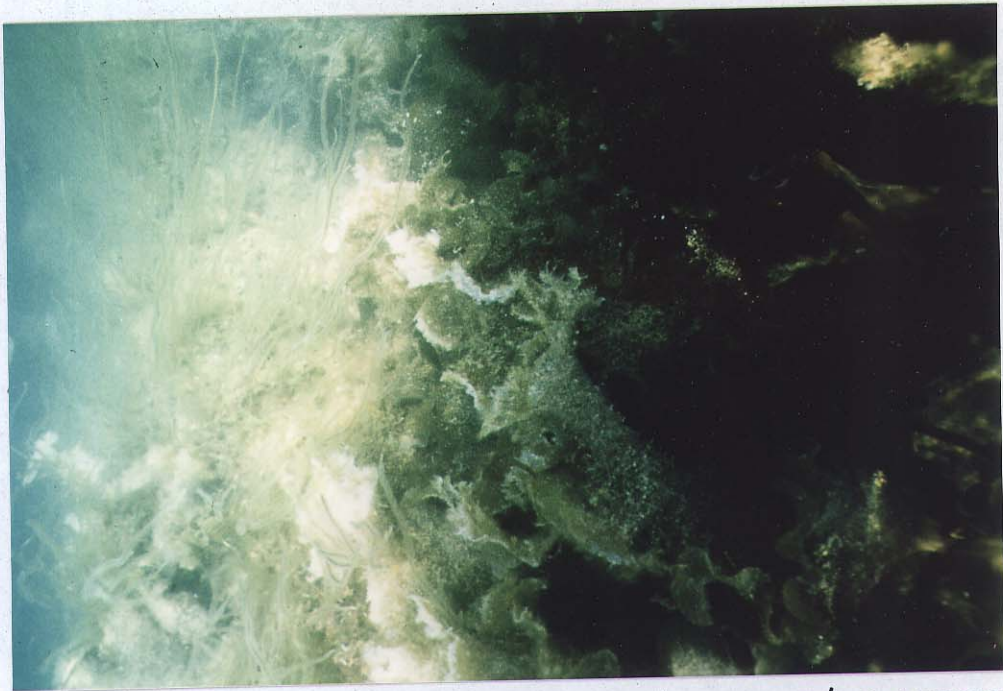
St 7 GRUNNHOLMEN

Fig. 21 Stortare nedslammet i det vesentlige med organisk stoff og bevokst med epifytter



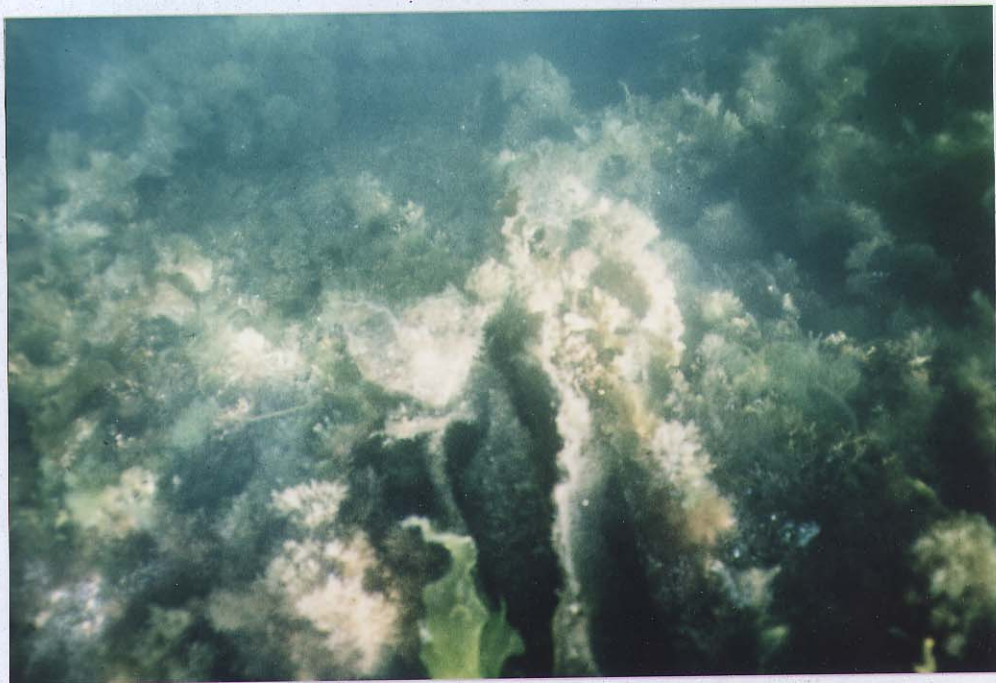
St 8 AMFENES

Fig. 22 Nedslammete alger sterkt bevokst med epifytter.



St 8 AMFENES

Fig. 23 Tare nedslammet med organisk stoff og bevokst med epifytter.



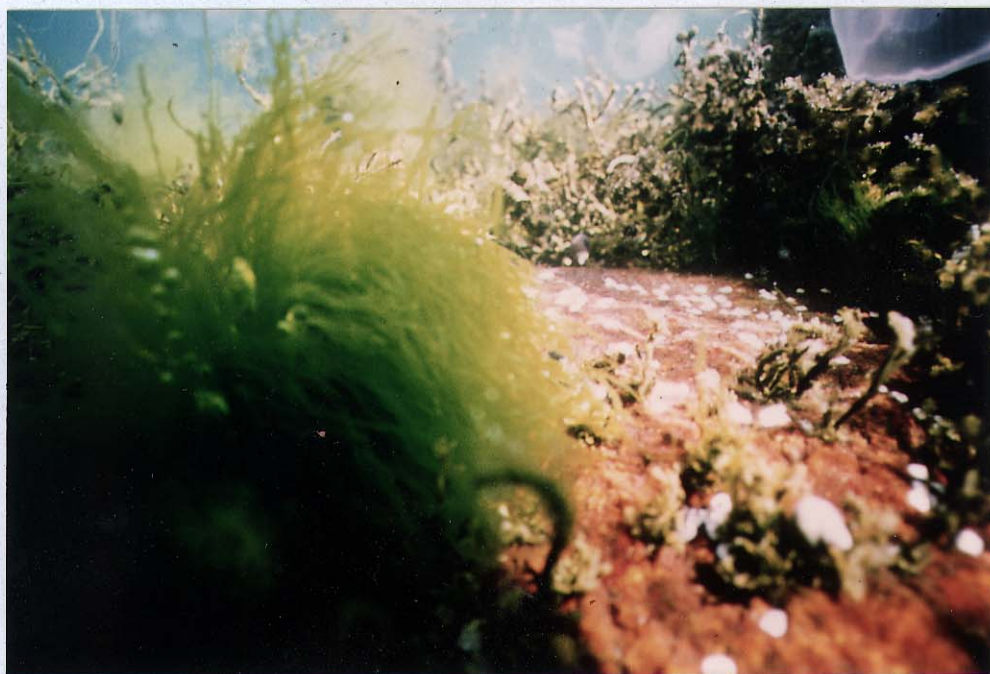
St 8 AMFENES

Fig. 24 Tare nedslammet med organisk stoff og bevokst med epifytter.



St 8 AMFENES

Fig. 25 Stortare og sagtang nedslammet med organisk stoff og bevokst med epifytter.



St 8 AMFENES

Fig. 26 Grønnalgen *Enteromorpha* sp.



St 13 SKARPØY

Fig. 27 Grønnalgevegetasjon på sørsiden av Skarpøy.



St 8 AMFENES

Fig. 28 Stortare nedslammet med organisk stoff.



St 8 AMFENES

Fig. 29 Stortare og sagtang nedslammet med organisk stoff og beyokst med epifytter.



St 10 MIDTRE KJEHOLMEN

Fig. 30 Sagtang *Fucus serratus* ikke nedslammet og i god vekst.

6. VIRKNINGER AV DET PLANLAGTE UTSLIPPET

6.1 Avløpsvannets innlagring og spredning

Det planlagte utslippet av avløpsvann til Høllefjorden vil skje på 37 meters dyp ved Saltholmen (se fig. 1). Når avløpsvann slippes ut på dypet i sjøvann, vil det stige mot overflaten, som følge av avløpsvannets lavere egenvekt i forhold til sjøvannet rundt utslippet. Turbulensen i strålen av stigende avløpsvann vil forplante seg til det omkringliggende sjøvannet, som vil rives med og blandes inn i strålen. Avløpsvannet fortynnes med sjøvann og strålen øker i volum og tetthet, ettersom den stiger mot overflaten. Tettheten i Høllefjorden avtar mot overflaten (lavere saltinnhold, se fig. 2), og strålen blir til slutt like tung eller noe tyngre enn de omkringliggende vannmasser. Strålen bremses opp, og det fortynnede avløpsvannet innlagres i et sjikt rundt det dyp hvor dens tetthet sammenfaller med det omliggende sjøvannet. (Se fig. 31) Hvis tetthetsgradienten er liten, dvs sjiktningen svak, eller hvis utslippet ligger nær overflaten, vil det fortynnede avløpsvannet kunne bryte igjennom til overflaten.

Tabell 6 viser beregninger av innlagringsdyp og primærfortynning for dyp-utslipp på ca 35 meters dyp ved tre målte sjiktningssituasjoner, markert under profil-nummer i tabellen. Profil 1 er fra den 7 juni 1977, nr 2 fra den 14 juni 1977 og nr 3 fra den 6 juli 1977. Profilene 1 og 2 er ekstremt svak, respektive sterk sjiktning, mens profil 3 representerer en mellomting. For hver profil er det beregnet lav, respektive høy vannføring (50 l/s og 100 l/s). Det er også beregnet utslipp fra diffusor med 12 hull, 3 hull og 1 hull. Hulldiametrene er varierte. Resultatene vises i høyre del av tabellen, hvor "senterfortynning" gir primærfortynningen i den sentrale strålen, som multiplisert med 1.75 gir omtrentlig primærfortynning (Fan and Broks 1975). Videre angis midlere innlagringsdyp samt øvre grense for innlagringer av deler av avløpsvannet.

En hulldiameter på 15 cm gir innlagring mellom 10 og 30 meter, varierende etter sjiktningssforhold og vannføring. Normalt innlagringsnivå bør sannsynligvis være mellom 20 og 30 meter, antakelig nærmere 30 meters dyp. Primærfortynningen vil variere mellom 190 - 20 ggr med normalverdier ved omtrent 40 ggr.

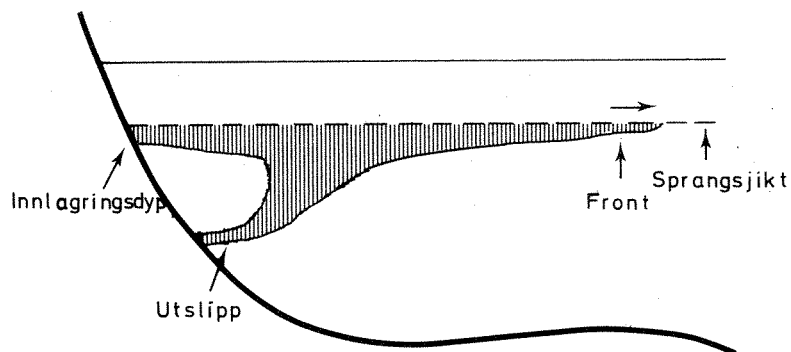


Fig. 31. SPREDNING AV KLOAKKVANN FRA DYPUTSLIPP

Tabell 6 BEREGNINGER AV INNLAGRINGSDYP OG PRIMÆRFORTYNNING FOR DYPUTSLIPP PÅ CA 35 METERS DYP VED TRE SJIKTNINGSSITUASJONER

Vannføring l/s	Utslippsdyp (m)	Antall hull i diffusor	hulldiameter (M)	Utløpshastighet (m/S)	Tetthetsprofil	RESULTAT			
						Strålebredde (m)	Senterfortynning	Innlagringsdyp (m)	Øvre grense for innlagring
50	35	12	0.05	2.10	1	1.7	180	22	8
					2	0.5	24	33	32
					3	0.8	53	30	29.0
100	35	12	0.05	4.20	1	2.0	155	22	19
					2	0.7	26	33	32
					3	1.0	50	31	29
50	35	3	0.10	2.10	1	2.4	129	17	14
					2	0.7	17	32	30
					3	1.0	30	29	28
100	35	3	0.10	4.20	1	2.8	107	17	13
					2	1.0	18	33	31
					3	1.3	31	30	28
50	35	1	0.15	2.80	1	2.9	88	14	13
					2	1.0	14	32	30
					3	1.2	22	29	26
100	35	1	0.15	5.60	1	3.5	78	14	10
					2	1.4	16	32	31
					3	1.8	25	29	27
50	35	1	0.25	1.01	1	2.8	85	12	11
					2	0.9	11	30	26
					3	1.0	17	28	25
100	35	1	0.25	2.04	1	3.6	76	8	5
					2	1.1	10	30	27
					3	1.3	15	28	25

Den videre spredningen av det fortynnede avløpsvannet vil skje blant annet som følge av inhomogenitet i innlagringssjiktet. Denne spredningen kalles det fortynnede avløpsvannets egenspredning, som drives gravitasjonelt. Utslipet resulterer i et nytt strømsystem, hvor sjøvann suges inn mot utslippet som fortynningsvann mellom utslippsdyp og innlagringsnivå, samt fortynnet avløpsvann, som strømmer ut fra utslippsområdet på innlagringsnivå. Denne prosess er studert blant annet ved å dosere fargestoff til et dyputslipp i Oslofjorden, og deretter fulgte man fargestoffets (avløpsvannets) spredning i fjorden (NIVA, 1978). Applisert på utslippet i Høllefjorden vil det fortynnede avløpsvannet ha spredt seg over hele fjorden omkring innlagringsdyp i løpet av 5 - 18 døgn ved utslipp på $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$, avhengig av sjiktningen. Ved utslipp på $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ vil det fortynnede avløpsvannet ha spredt seg over hele fjorden på 4 - 11 døgn, avhengig av sjiktningen.

Sannsynlige snittverdier vil være ca 9 døgn ved $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ og ca 6 døgn ved $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$. Det er her regnet med innlagringsnivå ved vel 25 meters dyp.

Foruten det foran beskrevne strømsystem, generert av dyputslippet selv, vil de naturlige strømmer generert av vind også påvirke det fortynnede avløpsvannets spredning. De varierende sjiktningforholdene (figur 2) i Høllefjorden, som følge av vannutskiftningen (se kap. 4), vil innebære en stadig forandring av avløpsvannets innlagringsdyp. Således vil en svak sjiktning, som den 7. juli 1977, innebære at avløpsvannet innlagres høyt oppe i vannmassene, kanskje på 5 - 10 meters dyp, mens en sjiktning tilsvarende den målte den 14. juli 1977 betyr en innlagring på omtrent 30 meters dyp. Det innlagrede avløpsvannet kan også løftes opp til overflaten i en utskiftningssituasjon. En innlagring av avløpsvannet 20. juni (figur 2) på 25 meters dyp vil bringe avløpsvannet opp til overflaten sammen med sjøvannet fra samme dyp i perioden frem til den 7. juli. Avløpsvannet vil da være ytterligere fortynnet utover primærfortynningen ved den kraftige turbulensen som følger slike utskiftnings-episoder.

Ved de tilfeller avløpsvannet på denne måten stiger til overflaten, vil vindforholdene som regel være sydvestlige til vestlige. Overflatestrømmene (kap. 4.3) vil da være avgjørende for den videre spredningen. Som det fremgår av kap. 4.3 og figurene 6 og 7, vil Søgneelvas vann virke beskyttende mot at fortynnet avløpsvann skal kunne komme inn til land i nordøst i

større konsentrasjoner. I stedet vil det hovedsaklig spres med strømmene mot syd-sydøst ut mot Skarphøy og ut av Høllefjorden, enten i syd eller mellom Monsøy og fastlandet. Imidlertid kan en del fortynnet avløpsvann føres inn i Søgneelva under den utgående ferskvannstransporten, når denne er lav. Som regel er de grunne sandbankene i elvas utløpsområde tilstrekkelige for å hindre en kontinuerlig transport av sjøvann inn i Søgneelva, hvilket støttes av saltinnholdsdataene i utløpsområdet (kap. 4.3).

Ved sydøstlige til østlige vinder vil det innlagrede avløpsvannet bli presset ned mot utslippsdypet og videre ned mot bunnen og ut fjorden, hvis vindfeltet er tilstrekkelig stabilt, dvs motsatt de bevegelser som ble registrert ved sydvestlige og vestlige vinder. Det er således en meget liten sannsynlighet for at fortynnet avløpsvann kan forekomme i overflaten ved disse vindforhold.

Allikevel vil det på grunn av hurtige variasjoner i vindretningen også kunne inntreffe situasjoner med østlige vinder og fortynnet avløpsvann i overflaten (øverste 5 metre).

Som det er redegjort for i kap. 4.3, vil da Søgneelva fortsatt hindre det fortynnede avløpsvannet fra å påvirke Høllenområdet, men nå foreligger en stor risiko for å få avløpsvann opp langs Årosveden og inn mot Åros Campingplass. Oppholdstiden blir ikke lang, da dette overflatevann vil føres over mot utslippsstedet ved Saltholmen og videre mot Amfenes eller mot området vest for Høllen (se fig. 8 og 9). En slik situasjon med fortynnet avløpsvann i overflaten vil være lite gunstig for områder som ikke beskyttes av Søgneelvas ferskvann. Den reelle risikoen for slike situasjoner kan ikke bedømmes sikkert ut fra tilgjengelig materiale. Muligens kan en si at situasjonen ikke vil opptre spesielt ofte.

Det fortynnede avløpsvannets innlagringsdyp vil variere med de hydrografiske forhold, men som regel vil det innlagres under 20 meters dyp, og deretter bli utskiftet ved de naturlige utskiftningsprosessene. Oppholdstiden på dette vannet er beregnet til omtrent 14 dager (kap. 4). Ved et utslipp på 16 000 p.e., dvs 100 l/s vil fjorden ha mottatt ca $12 \times 10^4 \text{ m}^3$ avløpsvann på 14 døgn, som fortynnet utgjør $1200 \times 10^4 \text{ m}^3$ vann, dvs omtrent vannvolumet mellom 25 - 35 meters dyp, ca 50% av vannvolumet mellom 20 - 35 meters dyp, og ca 35% av vannvolumet mellom utslippsdyp og 15 meters dyp.

Avhengig av innlagringsdyp i en periode kan altså fortynnet avløpsvann fylle hele fjorden på en slik måte at det vil bli resirkulert, dvs fortynnet avløpsvann blir på ny fortynningsvann fra nytt tilført avløpsvann. Dette forutsetter imidlertid meget stabile perioder, som ikke ble registrert i 1977.

Sammenfatningsvis betyr den vindgenererte vannutskiftningen i Høllefjorden at det relativt sjelden vil være en samlet avløpsvann-mengde som overstiger 14 døgnns utslipp, men normalt betydelig mindre mengder. For eventuelt å kontrollere ovenstående beregninger, må imidlertid ytterligere målinger foretas. (Se Appendix, punkt A).

6.2 Oksygenforhold

De utslippsmengder av lett nedbrytbart organisk stoff som vil belaste Høllefjorden (kap. 2) er fra 315 til 840 kg/døgn, beregnet som BOF_7 ved mekanisk rensning. For en måned vil dette bety et oksygenbehov på ca 9 000 - 25 000 kg oksygen. Oksygeninnholdet er bra i Høllefjorden ut fra de målinger som er foretatt, dvs nær metningsgraden. Hvis vi regner med 8 mg/l som midlere oksygeninnhold i kystvannet, innebærer dette et oksygeninnhold i Høllefjorden på 650 tonn, det vil si én måneds utslipp av kun mekanisk rensset avløpsvann utgjør et potensielt oksygenforbruk tilsvarende 3% av det totale oksygeninnholdet i fjorden. I tillegg vil det i denne perioden ha blitt tilført vel det dobbelte med kystvann utenfra, eller nesten 50 tonn oksygen pr døgn. For fjorden sett under ett vil oksygenforbruket som følge av en direkte belastning fra organisk stoff i avløpsvannet ikke være noe problem. Derimot kan lokale effekter tenkes. I selve utslippsstrålen vil oksygeninnholdet synke kraftig. Hvis vi regner med et oksygeninnhold på 8 mg/l i sjøvann og et utslipp av mekanisk rensset avløpsvann i stillestående resipient, vil primærfortynningsfasen kunne innebære en reduksjon av oksygeninnholdet fra 8 mg/l til 4,5 mg/l, hvilket er under normalverdier for tilfredsstillende oksygenforhold i sjøvann. På den annen side, - hvis dette vannet også innlagres i den eufotiske sone, vil en økt primærproduksjon også bety noe tilførsel av oksygen til vannmassene.

Mest utsatt blir vannmassene under terskeldyp og under den eufotiske sonen. I disse vannmassene vil nedbrytningen av organisk stoff både fra utslippet og fra primærproduksjonen i de øvre vannlagene medføre forbruk av oksygen.

Vannmassenes volum under 30 meters dyp er ca $10 \times 10^6 \text{ m}^3$, og har et oksygeninnhold på ca 80 tonn. Et utslipp av mekanisk rensset avløpsvann fra 16 000 p.e. vil tilføre organisk stoff tilsvarende 25 tonn BOF_7 pr måned, hvilket vil senke oksygeninnholdet fra 8 mg/l til 5.5 mg/l, hvis utskiftningen skjer én gang pr måned. Hvis vi i stedet bruker 14 døgn som midlere oppholdstid på vannmassene, innebærer det en oksygenkonsentrasjon i dette vannvolum på omtrent 6.5 mg/l. Den totale mengde oksygen i dette vannvolum tilsvarer 3 ggr det oksygenbehov avløpsvannet har ved en beregnet utskiftning én gang pr måned, og 6 ggr ved en beregnet utskiftning én gang hver 14. dag.

6.3 Biologiske effekter

Utslipp av kommunalt avløpsvann i en sjøvannsresipient vil generelt innebære at resipientens økosystem kan forandres på en rekke punkter. Nærings-saltene i avløpsvannet vil, hvis de tilføres fjordens produksjonssone, gi en økt planteplankton-produksjon (gjødseleffekt). Denne produksjonen kan gi en sekundær belastning av organisk stoff i fjorden i størrelsesorden 5 - 10 ganger så stor som mengden organisk stoff i avløpsvannet. Hvis vi ser bort fra flom-perioder, så er det denne algeproduksjon som misfarger vannet i sterkt belastede områder. I tillegg til å gjøre vannet ugjennomsiktig og lite tiltalende for bading, belastes til slutt dypvannet med døde planteplankton, som nedbrytes til næringssalter samtidig som oksygen blir forbrukt. Oksygenforbruket kan bli så stort at oksygeninnholdet synker betydelig under normalnivå, og dette kan medføre oksygenmangel og råttent bunn i de dypeste deler av fjorden. Den økede tilførsel av næringssalter til overflatelaget vil også "gjødsele" nærliggende strandområder, med en mulig forskyvning av algefloraens sammensetning mot større dominans av trådformede, ettårige arter ("grønnske" o.a.) på bekostning av de vanlige arter av brunalger (tang). Dette kan gjøre strendene mindre attraktive som rekreasjonsområder.

Med avløpsvannet transporteres også bakterier og virus. Dette medfører infeksjonsrisiko ved bading nær utslippet og ved bruk av skjell og muslinger fra området. Denne risiko vil minske betydelig ved dyputslipp og også reduseres ved behandling av avløpsvannet utover siling eller andre mekaniske arrangementer.

De beskrevne generelle effekter gjelder i noen grad for deler av Høllefjorden i dag, idet urensset avløpsvann tilføres via Søgneelva (se kap. 5). Ved å lede avløpsvannet bort fra Søgneelva gjennom et renseanlegg og ut på dypt vann, vil en oppnå en generell forbedring i de områder som influeres av Søgneelva. Den totale effekten er vanskelig å bedømme, da blant annet Søgneelvas selvrensningsevne er ukjent.

For å unngå de negative effekter ved utslippet i form av økt algeproduksjon, kan avløpsvannet innlagres under, eventuelt langt nede i produksjonssonen. I Høllefjorden er det mulig å oppnå dette til visse tider. Siktedyp i mai-juni (3-5 m) og tidligere observasjoner av næringssaltene nitrat og total fosfor samt oksygen (NIVA 1968) (Fig. 32 og 33) vil, sammenliknet med parametre fra en større undersøkelse i Korsviksfjorden (NIVA 1976), kunne indikere at fotosyntesen i området hovedsaklig er begrenset til de øverste 20 meter. Det tilfeller hvor en kan regne med økt tilførsel av nærings-salter med avløpsvannet til overflatelaget er dessuten hovedsaklig ved vinder som genererer en sirkulasjon i Høllefjorden, hvor de dypere vannmassene løftes opp mot overflaten. Disse vannmasser er i seg selv næringsrike og vil gi et tilskudd av nærings-salter til overflatelaget, og derved økt algeproduksjon.

Normalt vil avløpsvannet innlagres dypere enn 20 meter, og den eventuelle primærproduksjonen vil ikke ha noen direkte innvirkning på overflatevannet. Derimot kan den ha en viss betydning for belastning av organisk stoff i dypet, sammen med det organiske stoff som tilføres direkte. Konsekvensen av oksygenforbruket i dypet kan ikke avgjøres med eksisterende data-materiale. Dypvannets "kapasitet" har tidligere blitt beregnet til 3-6 ggr den organiske belastningen av avløpsvannet, avhengig av utskiftningsforholdene. Hvis vi kun tolererer en halvering av oksygeninnholdet under 30 meters dyp, tilsvarer dette en sekundær produksjon av organisk stoff som er 2 - 4 ganger mengden av organisk stoff i avløpsvannet. Dette kan også regnes som et maksimalanslag når det regelmessig oppnås innlagring langt nede i sonen med primærproduksjon (og periodisk under denne). Disse eventuelle effekter må dessuten veies mot en minsket produksjon i overflatelaget, som følge av minskede tilførsler fra Søgneelva og derved muligens økende siktedyp, men da også økende dyp for effektiv fotosyntese.

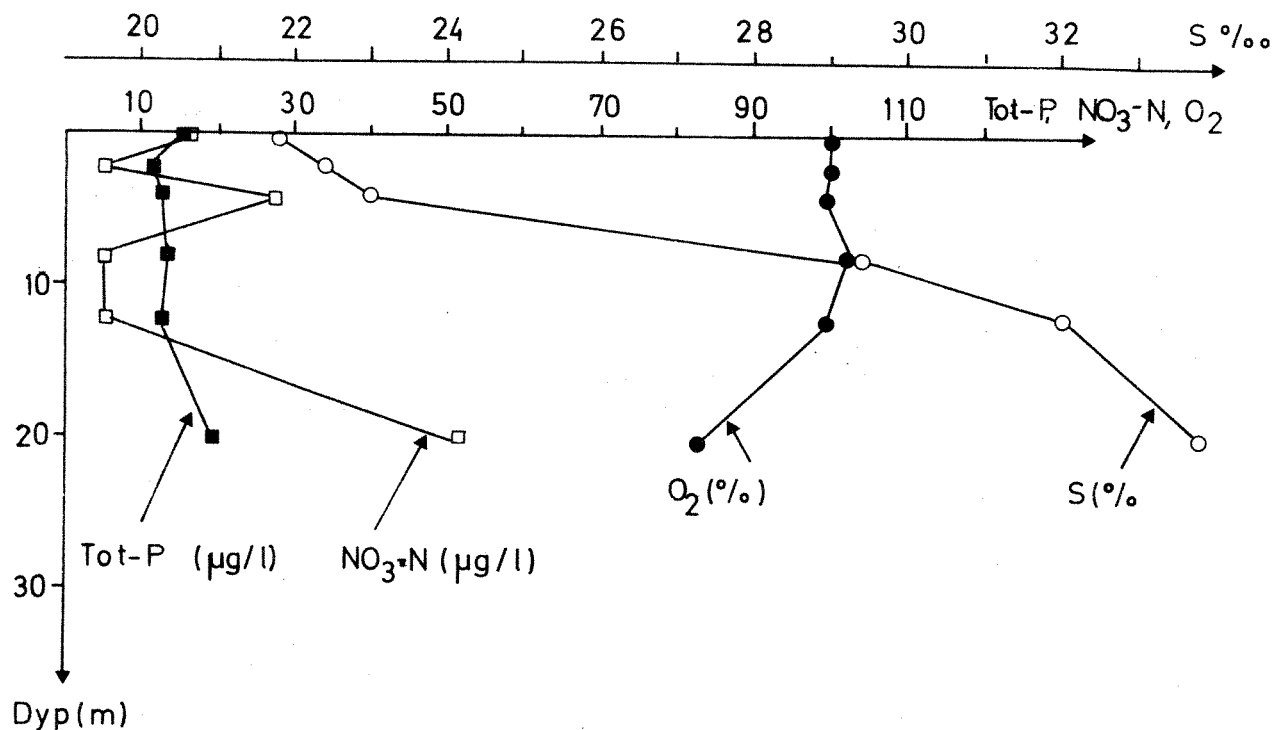


Fig. 32 Vertikal fordeling av nærings saltene totalfosfor og nitrat-nitrogen, samt oksygen-metning (%) og saltinnhold (‰) ved stasjon K 23 21.8.1968.

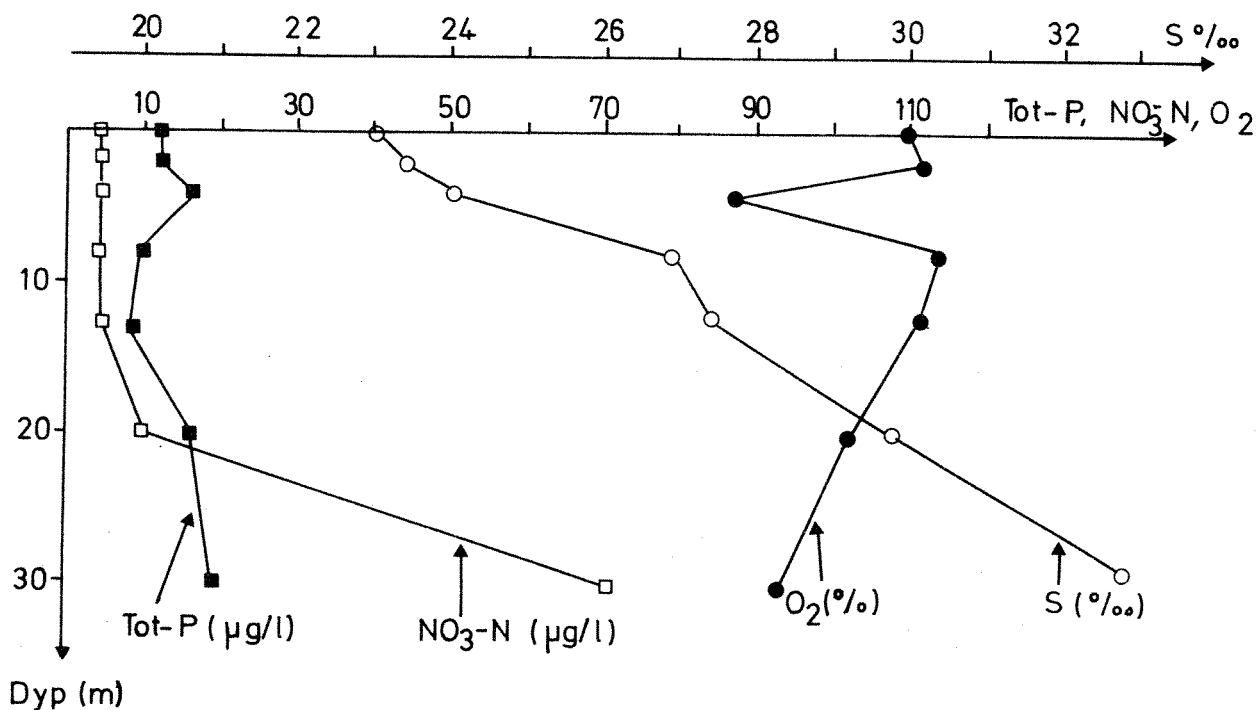


Fig. 33 Vertikal fordeling av nærings saltene totalfosfor og nitrat-nitrogen samt oksygenmetning (%) og saltinnhold (‰) ved stasjon K 23 24.6.1969. (Måleverdier av nitrat på 20 og 30 m er fra nærliggende stasjon).

De to prosesser som sammenlignes er begge ukjente i størrelse, - nåværende selvrensning i Søgneelva og indre del av fjorden vs. fremtidig tilførsel av næring til overflatelaget fra dypet. Denne usikkerhet medfører at det ikke er sikkert at konvensjonell mekanisk rensning og dyp-utslipp vil være en tilstrekkelig løsning for fjorden, spesielt ikke hvis utslippsmengden (antall p.e.) skulle øke.

7. ANBEFALINGER

A. Utslippssted

Den raske spredningen av avløpsvannet etter primærfortynning og innlagring innebærer at en har vanskelig for å bedømme effekten ved et alternativt utslippssted lenger ut i Høllefjorden. Bedømt ut fra den informasjon en har i dag, vil vi altså anbefale utslippssted ved Saltholmen på 35-40 meters dyp. Utslippet kan skje via en diffusor med kun ett hull.

B. Rensegrad

I dag mottar Søgneelva organisk stoff på ca 450 kg BOD₇/døgn og 15 kg total fosfor pr døgn, samt 72 kg nitrogen pr døgn. Søgneelvas selvrensningsevne minker belastningen på Høllefjorden noe i forhold til dette. Allikevel har tilførselene en negativ effekt i områdene som grenser til Søgneelvas utløp. Ved en samling av kloakken og en forandring av utslippssted (se ovenfor) vil dette forholdet unngås. Ut fra dagens forhold i fjorden er den direkte belastningen av organisk stoff ikke noe større problem. En økt belastning til opp mot 16 000 p.e. vil imidlertid kunne gi negative effekter.

Et minste krav på et utslipp i Høllefjorden er konvensjonell mekanisk rensing av avløpsvannet fra begynnelsen. Når utslippsmengden overstiger 8 000 p.e., vil ytterligere rensetiltak sannsynligvis kunne bli nødvendige. Imidlertid er grunnlaget for et slikt tiltak basert på de foreliggende observasjoner spinkelt, - dvs at det foreligger en mulighet for at det vil være tilstrekkelig med tradisjonell mekanisk rensing og dyputslipp. En så lav rensegrad bør følgelig følges opp med en nøye overvåkning av resipienten, dels av oksygenforholdene i de dypere vannmasser, dels av en biologisk undersøkelse tilsvarende den beskrevne biologiske befaringen i området (se Appendix I).

I alle tilfeller bør nødvendige forberedelser gjøres slik at kjemisk rensing kan innføres dersom et overvåkningsprogram viser til et slikt behov.

Alternativet til en metode for fjerning av næringssalter kan være biologisk resirkulering. Dette innebærer at næringssalter i avløpsvannet resirkuleres gjennom styrte biologiske systemer, f eks fastsittende alger av taretyper (NIVA 1978). Slike systemer er imidlertid ennå ikke utprøvd i Norge.

Et valg av biologisk resirkulering innebærer i praksis at kommunen må ha støtte fra Miljøverndepartementet i et forsøksopplegg. Størrelsen av utslippene (6 000 - 16 000 p.e.) til Høllefjorden gjør området velegnet til et slikt forsøk.

Ovenstående anbefalinger baserer seg på at en vil unngå direkte nærsoneeffekter ved valg av dyputslipp, og at Høllefjorden med unntak av Søgneelvas utløpsområde i dag er tilfredsstillende for brukerinteressen i området. Det bør påpekes at anbefalingene baserer seg på én dags befaring og et spinkelt strømmålingsprogram. En videre forståelse av fjordens resipientkapasitet vil medføre en grundigere spredningsstudie av avløpsvannet fra det anbefalte utslippsdypet. Forøvrig vil en biologisk, bakteriell og kjemisk overvåkning kunne gi den informasjon som fordres for å kunne gi mer konkrete og sikre anbefalinger. Vi anbefaler derfor en videre studie av avløpsvannets innlagring og spredning etter at det planlagte anlegget er kommet i drift (Appendix, punkt A), samt fremfor alt at biologiske kontrollundersøkelser i området blir igangsatt. (Appendix, punkt B).

IMA/EDA

18/8 1978.

REFERANSER

Fan and Brooks (1969) Numerical solutions of turbulent buoyant jet problems. Report XO.ICH-R-18. Jan. 1969, *California Institute of Technology*

Johannessen, T W (1960) Monthly frequencies of concurrent wind forces and wind directions in Norway. Climatological Summaries for Norway. *Det norske meteorologiske institutt, Oslo.*

NIVA-rapporter:

1971 0-110/64 Undersøkelser av sjøresipienter i Kristiansandsregionen. Stene-Johansen, S.

1976 0-110/74 Resipientundersøkelse i Korsviksfjorden, Kristiansand. Magnusson, Jan.

1977 XB-21 Hygieniske forhold i vann og sedimenter på badeplasser. Ormerod, K.

1978 0-132/76 Undersøkelse av alternative utslippssteder for avløpsvann fra Sentralrenseanlegg Vest. Bjerkgeng, B., Göransson, C.-G., Magnusson, Jan.

1978 0-28/76 Biologisk resirkulering i vann. Haugen, I, Skulberg, Olav.

A P P E N D I X I

OVERVÅKNING AV HØLLEFJORDEN

OVERVÅKNING AV DYPUTSLIPP

Det planlagte dyputslippet kan kontrolleres dels ved å undersøke det reelle spredningsbildet av det fortynnede avløpsvannet i Høllefjorden, dels ved å overvåke effektene av utslippet på fjorden.

Nedenfor blir et par overvåkingsprogram skissert. I tillegg til disse forutsettes det at analyser av coliforme bakterier utføres lokalt, dels over utslippsstedet og dels ved aktuelle badesteder. Det er i denne sammenheng viktig med vindobservasjoner samt saltholdighetsanalyser på det vann fra hvilket bakterieprøvene innsamles. En bør også vurdere innsamlingsmetodikken (se NIVA, 1977).

A. Spredning av avløpsvann fra etablert dyputslipp i Høllefjorden.

For å studere den reelle spredningen av fortynnet avløpsvann fra etablert dyputslipp i Høllefjorden og derved kontrollere de beregninger og anslag som anbefalingene i denne rapport bygger på, foreslås at det blir foretatt en undersøkelse med sporstoff tilsatt avløpsvannet. Sporstoffet kan doseres i utslippsledningen på land ved kontrollert vannføring ut fra anlegget. Sporstoffet kan siden følges i fjorden ved in situ målinger med fluorimeter. Ved å dosere sporstoff kontinuerlig i flere døgn, eventuelt en hel uke og samtidig utføre observasjoner i Høllefjorden, f.eks. hver 3. dag, vil en få et godt bilde av avløpsvannets innlagring og spredning. Ved samtidig å utføre hydrografiske observasjoner og innsamling av vinddata kan måleperiodens representativitet senere relateres til tidligere målinger. Den interessante perioden for et slikt forsøk vil være under sommeren.

B. Biologisk overvåking.

Den biologiske overvåkingen kan deles opp i to deler - en del som bør utføres av faglærte marinbiologer, og en annen del som kan utføres lokalt etter nødvendig opplæring. Resultatene må i begge tilfeller vurderes av fagfolk.

Høllefjordens verdi som rekreasjons- og friluftsområde vil ha nær sammenheng med overflatelagets vannkvalitet. Et siktemål for kloakkeringsplanen må være blant annet å hindre en øket gjødsling av overflatelaget. En slik gjødsling vil gi seg utslag i minsket siktedyp. Dette bør derfor registreres hyppig gjennom sommersesongen (minimum en gang pr uke på en stasjon, f.eks. ved det planlagte utslippssted. Registreringen av siktedyp kan eventuelt ledsages av klorofyllregistreringen (som mål på mengden av planktonalger).

En metode for å overvåke vannets siktbarhet er registrering av nedre grense for fastsittende alger. Alle alger er avhengig av tilstrekkelig lys for å kunne bygge opp forbindelser ved fotosyntese-aktivitet. De fastsittende algenes vertikale utbredelse vil derfor være avhengig av hvor langt ned i vannmassene sollyset går, og i hvilken grad algene er i stand til å utnytte dette lyset. Vanligvis er det arter innenfor rødalgene som går lengst ned. Lysgjennomgangen i vannet er avhengig av vannets partikkel- eller sestoninnhold. Eutrofe (næringsrike) områder er karakterisert ved stor primærproduksjon og stor tetthet av plankton i overflatelaget. Partikkelkonsentrasjonen vil også være høy i nærheten av elveutløp. I slike områder reduseres lysgjennomgangen, og de fastsittende algenes vertikalutbredelse blir tilsvarende mindre. Ved å benytte de benthiske algene som indikatororganismer vil man få et mål for lysgjennomgangen over lengre tid.

Andre forhold enn vannets gjennomskinnlighet kan være med på å begrense algenes dybdeutbredelse, som underlagets hellningsvinkel og orientering, beite-effekter og underlagets generelle egenskaper. Disse forhold kan imidlertid i allmennhet elimineres ved iakttagelser og valg av stasjonsnett. I Høllefjorden vil det være tilstrekkelig med 8 - 10 stasjoner som registreres vår og høst. Arbeidet kan utføres lokalt av en dykker etter opplæring. Stasjonsnettet må uttas av biologer. Et alternativ til å observere algenes nedre grense er en årlig biologisk befaring av omtrent samme type som er blitt beskrevet i denne rapporten. Eventuelt kan en slik befaring komplettere et lokalt utført arbeide annet hvert år.

Det foreligger også en mulighet for å overvåke dypvannets oksygeninnhold. Den hyppige vannutskiftningen medfører at en kan velge en relativt hyppig prøvetaking under en kort periode. For Høllefjorden er det tilstrekkelig med en observasjon i uken i løpet av august måned. Programmet vil omfatte oksygenmålinger på dypene 5, 10, 15, 20, 30, 35 ved stasjon K 23 samt dypene 5, 10, 20, 30, 40 og 50 ved stasjon K 22.

Oksygeninnholdet bestemmes fra vannprøver etter Winkler-metoden. Samtidig må saltinnhold og temperatur måles med salinoterm. Dette arbeidet kan utføres av f eks Agder Distriktshøgskole i Kristiansand.

De foran skisserte overvåkingsmetodene bør forandres hvis kommunen velger biologisk resirkulering som rensem metode.

A P P E N D I X II

SALINOTERMDATA FRA HØLLEFJORDEN

SALINITERM-DATA FRA HØLLEFJORDEN-SØNGE LAGRET PÅ FIL:SCR:SD - UTSKRIFT PRODUSERT 12 JULY78 11:52:50

	TOKT NR.1	TOKT NR.2	TOKT NR.3	TOKT NR.4	TOKT NR.5	TOKT NR.6
STASJON :	K-23	K-23	K-23	K-23	K-23	K-23
DATE,KL :	13/05-77 14:20	18/05-77 14:45	20/05-77 18:45	26/05-77 21:45	07/06-77 10	14/06-77 13:30
SIKTEDYPP :	2.0M	5.0M	6.0M	3.0M	3.0M	3.0M
VIND :	SYDVEST	SYDLIG N.STILLE	STILLE	SYDLIG	SYDLIG LETT BRIS	SYDØST LETT BRIS
ØYP :	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA
(M) :	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00
0.0 :	8.50 3.00 2.34	12.40 19.00 14.20	14.10 18.00 13.15	13.20 18.50 13.69	8.20 31.40 24.47	16.30 23.50 16.91
1.0 :	7.90 28.00 21.85	11.10 21.70 16.49	12.80 21.50 16.06	11.60 25.00 18.96	8.10 31.60 24.64	15.40 25.40 18.56
2.0 :	7.10 30.40 23.83	10.70 22.20 16.94	12.60 21.70 16.25	11.40 25.50 19.38	7.60 32.60 25.49	14.80 25.60 18.83
3.0 :	6.90 31.00 24.33	10.90 22.50 17.14	12.10 22.00 16.56	11.40 25.80 19.61	7.20 32.70 25.62	14.30 25.70 19.01
4.0 :	6.80 31.10 24.42	10.60 23.40 17.88	11.50 22.70 17.20	10.40 26.50 20.32	7.00 32.80 25.73	14.00 26.20 19.45
5.0 :	6.60 31.50 24.76	10.50 23.90 18.29	10.80 24.00 18.32	10.10 26.60 20.44	7.00 32.95 25.85	13.00 27.30 20.49
6.0 :	6.40 31.70 24.94	10.20 24.50 18.80	10.50 24.40 18.67	9.60 27.00 20.83	6.90 32.95 25.86	12.90 27.00 20.45
7.0 :	6.40 31.70 24.94	10.00 24.50 18.83	10.40 24.50 18.77	9.20 27.50 21.28	6.20 33.40 26.31	12.70 27.30 20.54
8.0 :	6.40 31.70 24.94	9.70 25.20 19.41	10.20 24.80 19.03	8.50 28.50 22.16	6.10 33.50 26.40	12.60 27.30 20.56
9.0 :	6.30 31.90 25.11	9.50 25.50 19.68	10.00 25.00 19.21	8.40 28.80 22.40	6.10 33.55 26.44	12.50 27.30 20.58
10.0 :	6.00 32.30 25.46	9.40 26.30 20.31	9.80 25.10 19.32	7.80 30.00 23.43	6.00 33.55 26.45	12.40 27.40 20.68
12.0 :	5.90 32.55 25.67	8.70 27.90 21.66	9.60 25.80 19.89	7.00 31.70 24.87	6.00 33.55 26.45	12.40 27.50 20.75
14.0 :	5.80 32.70 25.80	7.80 30.00 23.43	9.00 27.40 21.23	6.60 32.40 25.47	6.00 33.60 26.49	12.30 27.60 20.85
16.0 :		7.50 30.20 23.62	8.30 28.60 22.26	6.40 32.65 25.69	6.00 33.65 26.53	12.30 28.00 21.16
18.0 :		7.20 30.80 24.13	8.10 29.20 22.76	6.20 32.90 25.91	6.00 33.75 26.61	11.40 28.70 21.86
20.0 :		7.00 30.90 24.24	7.70 30.10 23.52	6.10 33.10 26.08	6.00 33.75 26.61	10.40 29.50 22.65
25.0 :		6.60 31.70 24.92	7.00 31.40 24.63	6.00 33.40 26.33	6.00 33.85 26.69	9.30 31.80 24.61
30.0 :		6.00 33.05 26.06	6.20 32.65 25.72	5.80 33.50 26.43	6.00 33.95 26.76	6.20 34.40 27.09
35.0 :		5.60 33.30 26.69	5.80 33.40 26.36	5.80 33.70 26.59	5.90 34.00 26.82	

SIGMA: TETHET-1000 (KG/M3) ** USTABIL LAGDELING, (MALEFEIL?)

SALINOTERM-DATA FRA HØLLEFJORDEN-SØGNE LAGRET PÅ FIL:SCR:D

	TOKT NR.7	TOKT NR.8	TOKT NR.9	TOKT NR.10	TOKT NR.11	TOKT NR.12
STASJON :	K-23	K-23	K-23	K-23	K-23	K-23
DATAI, KL :	21/06-77 13:45	29/06-77 21:10	06/07-77 16:45	16/07-77 16:45	23/07-77 17:30	29/07-77 09
SIKTEDYP :	3.0M	3.0M				
VIND :	SYDLIG LETT BRIS	SYDVEST LETT BRIS		SYDVEST FRISK BRIS	STILLE	STILLE
DYP :	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA
(M) :	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00
0.0 :	16.40 25.70 18.57	11.40 31.50 24.03	17.50 26.50 18.94	17.90 26.20 18.61	12.40 30.80 23.30	14.40 23.00 16.92
1.0 :	16.30 25.70 18.59	11.30 31.50 24.04	17.20 26.60 19.08	17.90 26.20 18.61	12.00 31.70 24.07	14.00 31.20 23.29
2.0 :	15.30 26.60 19.40	10.90 32.00 24.50	17.10 26.80 19.26	17.90 26.20 18.61	11.80 31.90 24.26	13.80 31.40 23.49
3.0 :	14.40 27.00 19.99	10.80 32.00 24.52	17.00 27.00 19.43	17.90 26.20 18.61	11.60 32.15 24.49	13.60 31.40 23.53
4.0 :	14.30 27.20 20.16	10.80 32.00 24.52	17.00 27.10 19.51	17.10 26.60 19.10	11.40 32.25 24.61	13.20 31.60 23.76
5.0 :	14.30 27.40 20.31	10.70 32.00 24.54	17.00 27.10 19.51	17.10 26.80 19.26	11.20 32.35 24.72	12.90 31.80 23.98
6.0 :	14.30 27.40 20.31	10.70 32.00 24.54	16.90 27.10 19.53	17.00 26.80 19.28	11.10 32.40 24.78	12.70 31.90 24.09
7.0 :	14.20 27.40 20.33	10.60 32.00 24.55	16.90 27.10 19.53	16.80 27.00 19.48	11.00 32.50 24.87	12.60 31.00 24.11
8.0 :	14.00 27.40 20.37	10.60 32.00 24.55	16.80 27.40 19.78	16.60 27.20 19.67	10.80 32.60 24.99	12.40 32.00 24.23
9.0 :	14.00 27.40 20.37	10.60 32.00 24.55	16.80 27.40 19.78	16.60 27.20 19.67	10.60 32.65 25.06	12.30 32.00 24.25
10.0 :	13.90 27.40 20.39	10.60 32.00 24.55	16.80 27.50 19.86	16.40 27.30 19.79	10.50 32.70 25.12	12.20 32.10 24.34
12.0 :	13.60 27.50 20.53	10.50 32.00 24.57	16.20 28.50 20.79	15.60 28.00 20.50	10.30 32.80 25.23	12.00 32.30 24.54
14.0 :	13.40 27.50 20.57	10.30 32.20 24.76	16.00 28.70 20.95	14.60 28.80 21.33	9.80 33.10 25.54	11.70 32.35 24.63
16.0 :	13.00 27.80 20.87	10.00 32.30 24.89	15.00 29.10 21.47	12.90 30.40 22.90	9.50 33.20 25.67	11.30 32.55 24.86
18.0 :	12.60 27.90 21.02	8.90 32.60 25.30	14.40 29.60 21.98	12.00 31.20 23.68	9.30 33.40 25.86	11.20 32.60 24.92
20.0 :	12.50 27.90 21.04	8.30 33.20 25.86	13.30 30.90 22.90	11.50 31.60 24.09	9.00 33.50 25.99	10.90 32.75 25.09
25.0 :	11.10 29.00 22.14	7.60 33.30 26.04	11.20 32.06 24.50	10.10 32.60 25.11	8.90 33.65 26.12	10.20 33.10 25.48
30.0 :	8.10 33.50 26.12	7.20 33.70 26.41	7.40 34.19 26.77	9.10 33.15 25.70	8.60 33.80 26.28	9.20 33.80 26.19
35.0 :	7.20 34.60 27.12	7.00 33.90 26.60	6.70 34.50 27.11	8.60 33.40 25.97	8.60 33.80 26.28	8.80 34.15 26.53

SIGMA: TEITHEI-1000 (KG/M3)

	TOKT NR.13	TOKT NR.14	TOKT NR.15	TOKT NR.16	TOKT NR.17	TOKT NR.18
STASJON :	K-23	K-23	K-23	K-23	K-23	K-23
DATA, KL :	03/08-77 15	11/08-77 18:30	20/08-77 19:45	30/08-77 14:30	08/09-77 09:30	16/09-77 10:45
SIKTEDYP :						
VIND :	STILLE	STILLE	SYDØST LETT BRIS	SYDLIG LETT BRIS	STILLE	NORDVEST LETT BRIS
DYP :	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA	TEMP. SAL. SIGMA
(M) :	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00	CELS. 0/00
0.0 :	15.70 30.20 22.17	16.60 27.30 19.75	17.40 25.20 17.97	16.00 29.50 21.56	12.80 27.00 20.29	12.50 29.70 22.43
1.0 :	15.70 30.20 22.17	16.40 27.50 19.95	17.40 25.30 18.04	15.90 29.50 21.59	13.30 30.80 23.13	12.60 32.40 24.50
2.0 :	15.60 30.20 22.19	16.30 27.70 20.12	17.40 25.30 18.04	15.80 29.70 21.76	13.20 31.10 23.36	12.60 33.05 25.00
3.0 :	15.60 30.20 22.19	16.30 27.70 20.12	17.40 25.30 18.04	15.70 29.80 21.86	12.80 31.40 23.69	12.60 33.10 25.04
4.0 :	15.60 30.20 22.19	16.20 27.80 20.22	17.40 25.30 18.04	15.60 29.80 21.88	12.00 32.15 24.42	12.60 33.10 25.04
5.0 :	15.60 30.20 22.19	16.20 27.80 20.22	17.40 25.30 18.04	14.70 30.80 22.84	12.00 32.40 24.61	12.70 33.10 25.02*
6.0 :	15.60 30.30 22.26	16.20 27.80 20.22	17.40 25.30 18.04	14.60 31.00 23.02	11.90 32.50 24.71	12.70 33.15 25.06
7.0 :	15.50 30.30 22.29	16.20 27.90 20.30	17.30 25.40 18.14	14.40 31.10 23.13	11.80 32.50 24.73	13.00 33.25 25.08
8.0 :	15.40 30.30 22.31	16.20 27.90 20.30	17.30 25.50 18.22	14.30 31.20 23.23	11.80 32.50 24.73	13.00 33.30 25.12
9.0 :	15.30 30.40 22.41	16.10 28.00 20.39	17.30 25.50 18.22	14.20 31.40 23.41	11.50 32.70 24.94	12.90 33.30 25.14
10.0 :	15.20 30.40 22.43	16.00 28.00 20.42	17.30 25.80 18.45	14.10 31.40 23.43	11.50 32.75 24.96	12.90 33.30 25.14
12.0 :	15.10 30.40 22.45	16.00 28.20 20.57	17.30 26.00 18.60	13.80 31.60 23.64	11.30 32.90 25.13	12.90 33.35 25.17
14.0 :	14.80 30.50 22.59	15.60 28.50 20.69	17.30 26.20 18.75	13.50 31.80 23.86	11.00 33.10 25.34	13.00 33.45 25.23
16.0 :	14.50 30.70 22.81	15.40 28.70 21.08	17.00 27.00 19.43	13.50 31.80 23.86	11.00 33.10 25.34	12.90 33.45 25.25
18.0 :	14.30 30.80 22.92	15.40 29.10 21.39	16.00 28.40 20.72	13.30 32.00 24.05	10.60 33.20 25.49	12.90 33.45 25.25
20.0 :	14.30 31.00 23.03	15.40 29.20 21.46	15.10 29.40 21.68	13.10 32.10 24.17	10.00 33.65 25.94	12.70 33.40 25.25
25.0 :	13.60 31.50 23.61	15.20 29.70 21.89	14.00 30.80 22.99	12.60 32.40 24.50	8.80 34.45 26.76	12.60 33.45 25.31
30.0 :	12.40 32.15 24.34	14.20 31.30 23.33	12.60 32.00 24.19	12.00 32.90 25.00	8.60 34.55 26.87	12.40 33.50 25.39
35.0 :	9.50 33.50 25.91	11.70 32.80 24.98	11.50 32.80 25.02	10.70 33.30 25.55	8.30 34.65 27.00	12.20 33.60 25.50

SIGMA: TETTHET-1000 (KG/M3) * : USTABIL LAGDELING, (WALEFEIL?)

SALINITERM-DATA FRA HØLLEFJORDEN-SØGNE LAGRET PA FIL:SCR*Ø

TOKT NR.19 TOKT NR.20

```

.....
STASJON : K-23 : K-23
.....
DATO,KL : 22/09-77 09 : 11/10-77 09:30
.....
SIKTEDYP : LEIT NORDLIG BRIS : LEIT SØRVEST BRIS
VIND :
.....
DYP : TEMP. SAL. SIGMA : TEMP. SAL. SIGMA
(M) : CELS. 0/00 : CELS. 0/00

```

0.0	: 13.60	28.70	21.45	: 10.30	18.70	14.29
1.0	: 13.90	29.40	21.93	: 11.40	28.00	21.32
2.0	: 13.90	29.50	22.01	: 12.00	29.00	21.98
3.0	: 13.70	29.70	22.20	: 12.10	29.70	22.51
4.0	: 13.60	30.20	22.61	: 12.00	30.30	22.99
5.0	: 13.70	30.30	22.66	: 12.00	30.40	23.07
6.0	: 13.70	30.40	22.74	: 12.00	30.50	23.14
7.0	: 13.70	30.50	22.82	: 11.90	30.60	23.24
8.0	: 13.70	30.50	22.82	: 11.90	30.70	23.32
9.0	: 13.70	30.60	22.89	: 11.80	30.80	23.41
10.0	: 13.80	30.60	22.87*	: 11.80	30.80	23.41
12.0	: 13.70	30.60	22.89	: 11.80	31.00	23.57
14.0	: 13.70	30.80	23.05	: 11.70	31.00	23.58
16.0	: 13.70	30.80	23.05	: 11.60	31.10	23.68
18.0	: 13.40	31.00	23.26	: 11.60	31.10	23.68
20.0	: 13.40	31.20	23.42	: 11.60	31.20	23.76
25.0	: 13.10	32.25	24.29	: 11.60	31.20	23.76
30.0	: 12.90	32.75	24.71	: 11.60	31.40	23.91
35.0	: 12.50	33.30	25.21	: 11.40	32.85	25.07

SIGMA: TEITHTET-1000 (KG/M3) *: USTABIL LAGDELING, (MALEFEIL?)