




0-94201

# Resipientundersøkelse i Sørvaeret

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undemr.:
O-94201	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3273	

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

<b>Rapportens tittel:</b> <b>Resipientundersøkelse i Sørværet</b>	<b>Dato:</b> Juni 95	<b>Trykket:</b> NIVA 1995
	<b>Faggruppe:</b> Akvakultur	
<b>Forfatter(e):</b> Evy R. Lømsland Lars G. Golmen Torbjørn M. Johnsen Eivind Oug	<b>Geografisk område:</b> Sogn og Fjordane	
	<b>Antall sider:</b> 45	<b>Opplag:</b>

<b>Oppdragsgiver:</b> Sandøy Fiskefarm A/S og Askvoll Kommune	<b>Oppdragsg. ref.:</b> Anne Karin H. Vasby
--	--

## Ekstrakt:

Undersøkelsen omfatter en generell undersøkelse av vannsøyle og bunn i Sørværet med hensyn på vurdering av resipientens kapasitet i forbindelse med en eventuell etablering av et oppdrettsanlegg. Bunntopografien er spesielt undersøkt og det er lagt stor vekt på undersøkelse av strømforholdene. Undersøkelsene viste at det går en dypål under den nordvestlige delen av det prosjekterte anlegget der bunnvannet bærer preg av en viss stagnasjon. Effekten på bunnvannet vil avhenge av anleggets plassering og driftens karakter. Vannmassene over 40 m er godt oksygenererte og har således god kapasitet med hensyn på oksydasjon av organisk materiale. For å unngå belastning på dypvannet, anbefales det at anlegget plasseres i retningen øst-vest og trekkes så langt sørøst at maksimaldypet under merdene ikke overstiger 46 m. En slik plassering vil sannsynligvis også gi bedre strømforhold i 12 m dyp og redusere faren for havari. Ved fornuftig plassering og drift av anlegget, jevnlig miljøovervåkning, spesielt av bunnvannet, og periodevis flytting til en reservelokalitet kan vi ikke se at matfiskproduksjon i området vil medføre en betydelig belastning på resipienten. En eventuell transport av organisk materiale videre inn reservatet vil være ubetydelig.

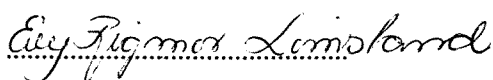
4 emneord, norske

1. Askvoll kommune
2. Sjøresipient
3. Miljøundersøkelse
4. Akvakultur

4 emneord, engelske

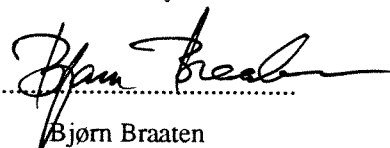
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder



Evy Rigmor Lømsland

For administrasjonen



Bjørn Braaten

ISBN 82-577-2788-1

O-94201

## **Resipientundersøkelse i Sørværet**

**Bergen juni 1995**

**Forfattere:** Evy R. Lømsland  
Lars G. Golmen  
Torbjørn M. Johnsen  
Eivind Oug

**Medarbeidere:** Inger Midttun  
Ingvild Sjong  
Tore Furevik

**Prosjektleder:** Evy R. Lømsland

**Oppdragsgiver:** Sandøy Fiskefarm A/S og Askvoll kommune

## Forord

*Den foreliggende rapporten er utarbeidet av NIVA på oppdrag fra Sandøy Fiskefarm A/S og Askvoll kommune. Rapporten inneholder en vurdering av miljøforholdene på en prosjektert oppdrettslokalitet like innenfor de nåværende grensene til Sørværet naturreservat.*

*Hos Sandøy Fiskefarm A/S har Bernt Hansen vært kontaktperson. De stilte båt til disposisjon og deltok i forbindelse med feltarbeidet. Sandøy Fiskefarm A/S har også sørget for at ekkoloddsnittene ble kjørt.*

*Hos NIVA har følgende personer vært involvert: Evy R. Lømsland har vært prosjektleder, har vært ansvarlig for vurdering og rapportering av de kjemiske analysene og har sammenfattet rapporten. Lars G. Golmen har vært ansvarlig for bearbeiding og rapportering av strømmålingene. Eivind Oug har bearbeidet og rapportert bunnfaunadelen. Torbjørn M. Johnsen har bearbeidet ekkoloddsnittene og vært ansvarlig for modellberegningene og rapportering av disse. Torbjørn M. Johnsen har i tillegg utført feltarbeidet i samarbeid med Tore Furevik. Inger Midttun har utført oksygenanalysene og redigert rapporten. Ingvild Sjong har sortert bunnprøvene.*

Bergen

juni 1995

Prosjektleder

Evy R. Lømsland

# Innhold

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>4</b>
<b>1. BAKGRUNN .....</b>	<b>5</b>
<b>2. MATERIALE OG METODER .....</b>	<b>5</b>
2.1. STRØMMÅLING .....	5
2.1.1. <i>Generelt</i> .....	5
2.1.2. <i>Måleprogrammet i Sørværet</i> .....	7
2.2. HYDROGRAFI OG VANNKJEMI.....	8
2.3. BUNNTOPOGRAFI.....	8
2.4. BUNNFAUNA OG SEDIMENTANALYSER.....	8
<b>3. RESULTATER OG VURDERINGER .....</b>	<b>8</b>
3.1. STRØMMÅLING .....	8
3.1.1. <i>Datagjenfangst</i> .....	8
3.1.2. <i>Statistiske resultater</i> .....	9
3.1.3. <i>Hovedstrømretning</i> .....	11
3.1.4. <i>Tidsserier av hydrografi</i> .....	11
3.1.5. <i>Statistiske verdier</i> .....	11
3.1.5. <i>Varighetsanalyse</i> .....	17
3.2. HYDROGRAFI OG VANNKJEMI.....	19
3.3. BUNNTOPOGRAFI.....	19
3.4. BUNNFAUNA OG SEDIMENT.....	24
3.4.1. <i>Kjemiske analyser</i> .....	24
3.4.2. <i>Bunndyr</i> .....	25
3.5. LOKALITETENS BÆREEVNE.....	27
<b>4. SAMMENFATTENDE DISKUSJON.....</b>	<b>27</b>
<b>5. KONKLUSJON.....</b>	<b>29</b>
<b>6. LITTERATUR.....</b>	<b>30</b>
<b>7. APPENDIKS.....</b>	<b>31</b>

## Sammendrag

I forbindelse med en anke til Miljøverndepartementet på avslag om etablering av et matfiskanlegg i Sørværet like innenfor grensene til Sørværet naturreservat, har Askvoll kommune bevilget midler til gjennomførelse av en resipientundersøkelse på den omdiskuterte lokaliteten.

Undersøkelsen omfatter en generell undersøkelse av vannsøyle og bunn i det aktuelle området med hensyn på vurdering av resipientens kapasitet i forbindelse med en eventuell etablering av et oppdrettsanlegg. Bunntopografiundersøkelsen er gjort for å kartlegge eventuelle terskler og dypåler som har betydning for vannutskiftningen. Videre er det lagt stor vekt på undersøkelse av strømforholdene i området for å se om fôrspill kan bli fraktet videre inn i reservatet.

De topografiske undersøkelsene viste at at det under den nordvestlige delen av det prosjekterte anlegget går en dypål der bunnvannet bærer preg av en viss stagnasjon. Fôrspill og fekalier fra deler av anlegget vil sedimentere i denne dypålen og således belaste bunnvannet ytterligere.

Effekten på bunnvannet vil avhenge av anleggets plassering og av driftens karakter med hensyn på fôrspill. Vannmassene over 40 meter er godt oksygenererte og har således god kapasitet med hensyn på oksydasjon av organisk materiale.

For å unngå belastning på dypvannet, anbefales det at anlegget plasseres i retningen øst-vest og trekkes så langt sørøst at maksimaldypet under anlegget ikke overstiger 46 m. En slik plassering vil sannsynligvis også gi bedre strømforhold i 12 m dyp, og gi anlegget bedre beskyttelse under ekstreme værforhold og dermed redusere faren for havari.

Strømstyrken varierte fra relativt sterk strøm til strømstille. I 3 m dyp var den gjennomsnittlige strømstyrke og strømretning omtrent lik på indre og ytre stasjon. Strømstyrken var i underkant av 7 cm/sek og strømretningen gikk i hovedsak mot NV. I 12 m dyp var strømmen sterkere på den innerste stasjonen med 8,9 cm/sek der strømretningen var netto sørgående, mens for den ytterste stasjonen der anlegget er tenkt lokalisert, var gjennomsnittlig strømstyrke i måleperioden 3,6 cm/sek og strømretningen varierte mellom øst og sørøst med øst som dominerende strømretning.

Sett i forhold til strømforhold og bunntopografi ansees muligheten for transport av oppløst og partikulært organisk materiale videre inn i reservatet å være helt marginal. En ny plassering av anlegget vil i liten grad endre dette forholdet.

Ved fornuftig plassering og drift av anlegget, jevnlig miljøovervåkning, spesielt av bunnvannet, og mulighet for periodevis flytting til en reservelokalitet kan vi ikke se at matfiskproduksjon i området vil medføre en betydelig belastning på resipienten.

# 1. Bakgrunn

Bakgrunnen for undersøkelsen er en søknad til miljøvernmyndighetene fra Sandøy Fiskefarm A/S om å etablere et anlegg for oppdrett av laks, ørret og regnbueørret ved Sørværet i Bulandet like innenfor grensen til Sørværet naturreservat (jfr. fig.1.1). Askvoll kommune har stilt seg positiv til en eventuell etablering. Fylkesmannen i Sogn og Fjordane har derimot motsatt seg en slik etablering og en klage på denne avgjørelsen ble ikke tatt til følge av Direktoratet for naturforvaltning. I forbindelse med at Direktoratets avgjørelse er anket inn for Miljøverndepartementet, har Askvoll kommune bevilget midler til gjennomførelse av en resipientundersøkelse for å få undersøkt miljøforholdene i det aktuelle området.

Undersøkelsen omfatter en generell undersøkelse av vannsøyle og bunn i det aktuelle området med hensyn på vurdering av resipientens kapasitet i forbindelse med en eventuell etablering av et oppdrettsanlegg. Bunntopografien er undersøkt med hensyn på kartlegging av eventuelle terskler, som har betydning for vannutskiftningen og eventuelle dypåler. Videre er det lagt stor vekt på undersøkelse av strømforholdene i området for å se om forspill kan bli fraktet videre inn i reservatet.

## 2. Materiale og metoder

Feltarbeidet med blant annet utplassering av strømrigger, innsamling av bunnsediment og vannprøver ble utført 03.11.94.

### 2.1. Strømmåling

#### 2.1.1. Generelt

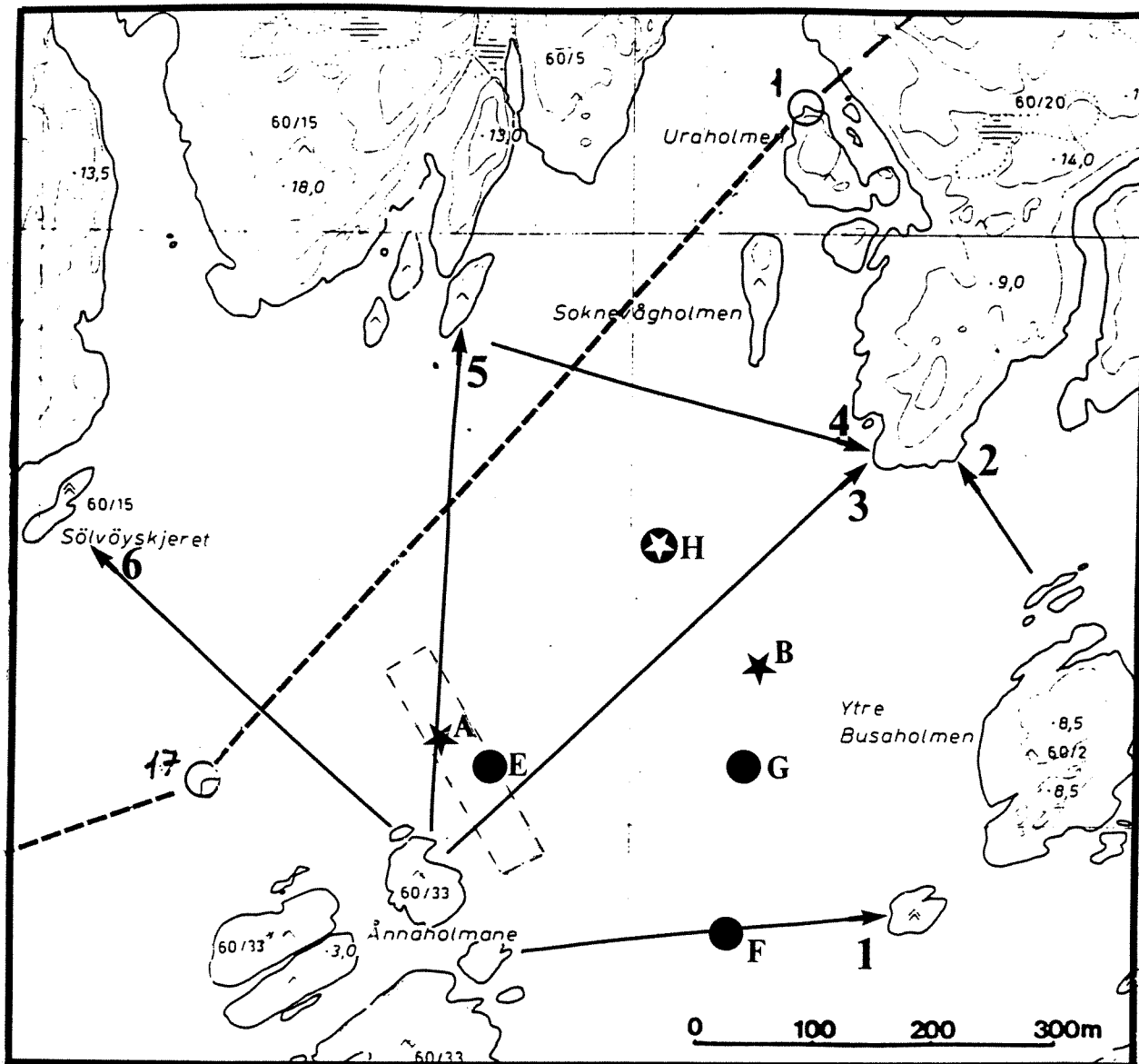
Strømforholdene utgjør en viktig faktor for både produksjonskapasitet og miljømessig bæreevne til en oppdrettslokalitet. Det må være en viss minimum ventilasjon eller utskifting i merdene, bl.a. for å kompensere for fiskens oksygenforbruk. Det er opplagt at i stagnerende vann vil fisken fort få problemer.

Minimumsgrensen for strøm avhenger av faktorer som biomasse, fisketetthet, vekst/respirasjon og anleggets utforming. Det er klart at minimumsgrensen dermed varierer over tid på en gitt lokalitet. Strømmen i seg selv varierer mye. Dette i tillegg til flere andre kompliserende faktorer gjør at det kan fortone seg vanskelig å forholde seg objektivt og kvantitativt til denne parameteren, men strømmålinger som er gjennomført på en forsvarlig måte, med tilstrekkelig instrumentdekning og varighet på seriene, samt tilstrekkelig dataanalyse, gir oppdretteren og myndighetene mange nyttige opplysninger.

I tillegg til å gi opplysning om rene driftsbetingelser, vil strømmålinger gi opplysninger om transportretning og forynningsbetingelser for avfallsproduktene fra merdene.

Strøm kan i dag kartlegges på flere måter. Metodene varierer fra enkle strømkorsmålinger til satellittmålinger. Førstnevnte kan gi opplysninger om lokal variasjon (bakevjer o.l.), men dette er en relativt ressurskrevende metode som vanligvis krever kontinuerlige manuelle observasjoner ved flere ulike situasjoner. Satellittmålinger med dagens teknologi egner seg best for åpent hav, og i liten grad for kyst og fjorder.

Metoden som er mest brukt i dag, er målinger i fast dyp med automatisk registrerende instrumenter. Vanligvis benyttes målere med en rotor som registrerer strømmens fart, og et større rør som sammen med innebygd kompass gir strømmens retning.



Figur 1.1. Kart over området med stasjoner og ekkosnitt inntegnet. Heltrukne linjer merket 1-6 markerer ekkosnittene og pilen markerer snittets retning. Grovstiplet linje er grensen til naturreservatet. Finstiplet firkant markerer posisjon for det prosjekterte anlegget.

★ Posisjon for strømrigger

A - ytre strømrigger

B - indre strømrigger

● Posisjon for grabbhugg

E og F - bomskudd

G - stasjon for sedimentanalyser

★ H - Hydrografistasjon



Det finnes instrumenter som benytter seg av ultralydssignaler ved å måle signalgangtid mellom to hydrofoner, eller dopplerskift på bakgrunn av refleksjoner fra partikler i vannet av utsendte lydimpulser. Førstnevnte egner seg spesielt godt til å måle i områder med svak strøm (lav deteksjons-grense). Sistnevnte har sine begrensinger når det gjelder å måle inne i eller ved/under merdene, siden merdene og fiskens egenbevegelser vil påvike måleresultatene.

### 2.1.2. Måleprogrammet i Sørværet

Det blei målt i to posisjoner, i vestre (ytre, "Rigg A") og østre (indre, "Rigg B") del av lokaliteten. Se fig. 1, der posisjonene er avmerka. I hver posisjon blei det målt i to dyp, h.h.v. 3 m og 12 m. Dette skulle omtrentlig representere et gjennomsnitt for evt. framtidige merder. Instrumentene hang i sine spesielle gaffeloppheeng i et tau mellom overflatebøyen og et bunnanker. Bunn-dypet var 55 m på ytre posisjon, og 34 m på indre.

Målingene pågikk i om lag 7 uker, i november/desember 1994. Tabell 2.1 og 2.2 gir en oversikt over tidspunkter og andre aktuelle måleparametere. Instrumentene var forhåndsprogrammert til å måle med 10 minutters mellomrom.

**Tabell 2.1.** Oversikt over NIVAs måleinstrumenter og måleperioder (lokal tid) for ytre (Rigg A) måleposisjon i Sørværet høsten 1994.

Måledyp	Instrument	START	SLUTT
3 m	AA 277	3/11 1505	21/12 1335
12 m	AA 9059	3/11 1452	21/12 1332

**Tabell 2.2.** Oversikt over NIVAs måleinstrumenter og måleperioder (lokal tid) for indre (Rigg B) måleposisjon i Sørværet høsten 1994.

Måledyp	Instrument	START	SLUTT
3 m	AA 9704	3/11 1523	21/12 1313
12 m	AA 11327	3/11 1524	21/12 1314

### Instrumentene

Alle instrumentene var norskproduserte, av type Aanderaa RCM, med rotor og stort rør (Aanderaa 1987). Instrument nr 277 hadde audiotape som lagringsmedium for dataene, mens de andre tre hadde elektronisk dataminne (DSU). Disse tre instrumentene var s.k. vektorintegrerende, d.v.s. at strømmen registreres "vektorielt" flere ganger i løpet av innstilt måleintervall (10 minutter), for deretter å bli vektormidlet til slutt. Dette gir et noe mer representativt bilde av strømmen, i forhold til momentan-avlesinger hvert 10. minutt.

Alle instrumentene registrerte også hydrografi, d.v.s. sjøens temperatur og konduktivitet (omregnes til salinitet). Dette gir et supplement til vanlige vertikallprofiler som vanligvis bare tas ukentlig eller sjeldnere, og dermed ikke forteller så mye om tidsvariasjonen. Lagringskapasiteten tilsvarte ca 2 måneder kontinuerlig måling med det innstilte måleintervallet.

## 2.2. Hydrografi og vannkjemi

Foruten at salinitet og temperatur ble målt på 3 og 12 m i forbindelse med strømmålingene, ble det også gjort hydrografiske målinger i den delen av området som var dypest st. H (fig. 1.1). Det ble tatt en vertikalprofil som omfattet hele vannsøylen, der temperatur og salinitet ble registrert med en selvregistrerende profilerende sonde. På samme stasjon ble det tatt prøver for oksygenanalyse på 1, 15, 35 og 55 m dyp.

## 2.3. Bunntopografi

For å kartlegge mer nøyaktig de bunntopografiske forholdene ble det kjørt 6 snitt med ekkolodd. Posisjon og retning for hvert enkelt snitt er markert i fig.1.1. Snittene ble kjørt av personell fra Steinvik fiskefarm A/S. Resultatene fra disse ekkoloddkjøringene er overført til datamaskin ved bruk av scanner og viderebearbeidet ved bruk av dataprogram slik at det relative forholdet mellom de ulike snittlengdene og dypene er riktige. Under denne bearbeidelsen er det forutsatt at båten har kjørt med jevn fart under ekkolodddoppmålingene og at ekkoloddregistreringene er blitt startet og avsluttet så nært land som mulig.

## 2.4 Bunnfauna og sedimentanalyser

Det ble gjort flere forsøk på å få bunnprøver nøyaktig i det området matfiskanlegget er tenkt anlagt, men på grunn av at bunnen i området i stor grad besto av rent berg måtte dette oppgis. Stasjon E, F, G markerer områder hvor det ble gjort forsøk på å ta bunnprøver med grabb. Etter en del bomskudd ble det tatt prøve på 35 meters dyp ca. 200 m øst for det aktuelle området, stasjon (fig. 1.1 st. G.).

Bunnprøvene ble tatt med en 0,1 m<sup>2</sup> van Veen bunngrabb. Denne grabbtypen arbeider godt i mudderholdige og sandige sedimenter og tar også tilfredsstillende prøver på skjellsand.

En liten delprøve av overflatesedimentet ble tatt av for analyse av tørrstoffinnhold og organisk materiale. Det organiske materialet ble analysert for glødetap, totalt organisk karbon, totalt organisk nitrogen og fosfor.

Faunaprøvene ble siktet på 1 mm sikt og konservert i 4 % formaldehydløsning. I laboratoriet ble alle dyrene sortert fra siktematerialet, identifisert og talt.

# 3. RESULTATER OG VURDERINGER

## 3.1. Strømmåling

Her presenteres et utsnitt av det omfattende datamaterialet fra målingene. Mer omfattende presentasjon finnes i appendiks.

### 3.1.1. Datagjenfangst

Datagjenfangsten var tilnærmet 100%. Alle fire måleinstrumenter hadde fungert tilfredsstillende hele tiden. Måledata blei avlest og lagt inn på datamaskin etter opptak. Deretter har måleseriene blitt gjenstand for kalibrering, statistiske analyser og grafisk presentasjon med NIVAs egne EDB-verktøy.

### Angivelse av strømretning

Strømretningen sier hvilken vei strømmen går mot (d.v.s. motsatt av konvensjon for vindretning). "Fluks" som angitt i påfølgende tabeller, viser nettostrømretningen eller hovedtransportretningen, der en også har tatt omsyn til strømfarten ved ulike retninger.

Fig. 3.1. viser eksempel på målt strømfart (cm/s), fra 12 m dyp i indre posisjon. Middelerdien for denne serien var 8.9 cm/s (tabell 3.2). Det var markert variasjon, både på døgnskala (spesielt tidevann) og på skala 5-7 døgn. Sistnevnte er sannsynligvis koblet til variasjoner i lavtrykksaktivitet og til fluktuasjoner i kyststrømmen. Strømretningen (fig. A4 i appendiks) vekslet mellom nord og sørgående strøm.

### 3.1.2. Statistiske resultater

#### Ytre måleposisjon, Rigg A.

Tabell 3.1 viser en del statistiske verdier for strømmålingene i ytre posisjon (A). Se figurene A5-A8 i appendiks.

**Tabell 3.1.** Noen statistiske verdier for NIVAs strømmålinger i Sørværet, ytre posisjon (Rigg A), 3/11 - 21/12 1994.

Dyp	STRØMFART, cm/s			STRØMRETNING	
	min	midd	max	hyppigst	fluks
3 m	1.1	6.9	21.6	NV	NV
12 m	1.1	3.6	25.5	Ø/SØ	Ø

#### Indre måleposisjon, Rigg B.

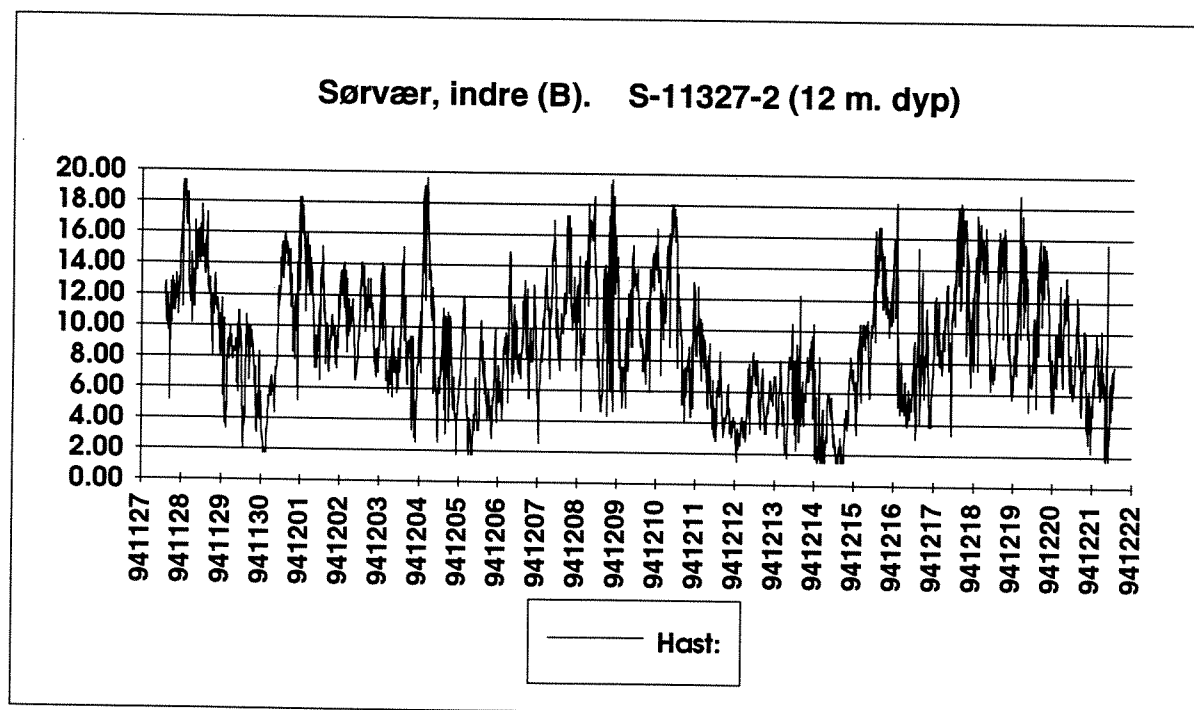
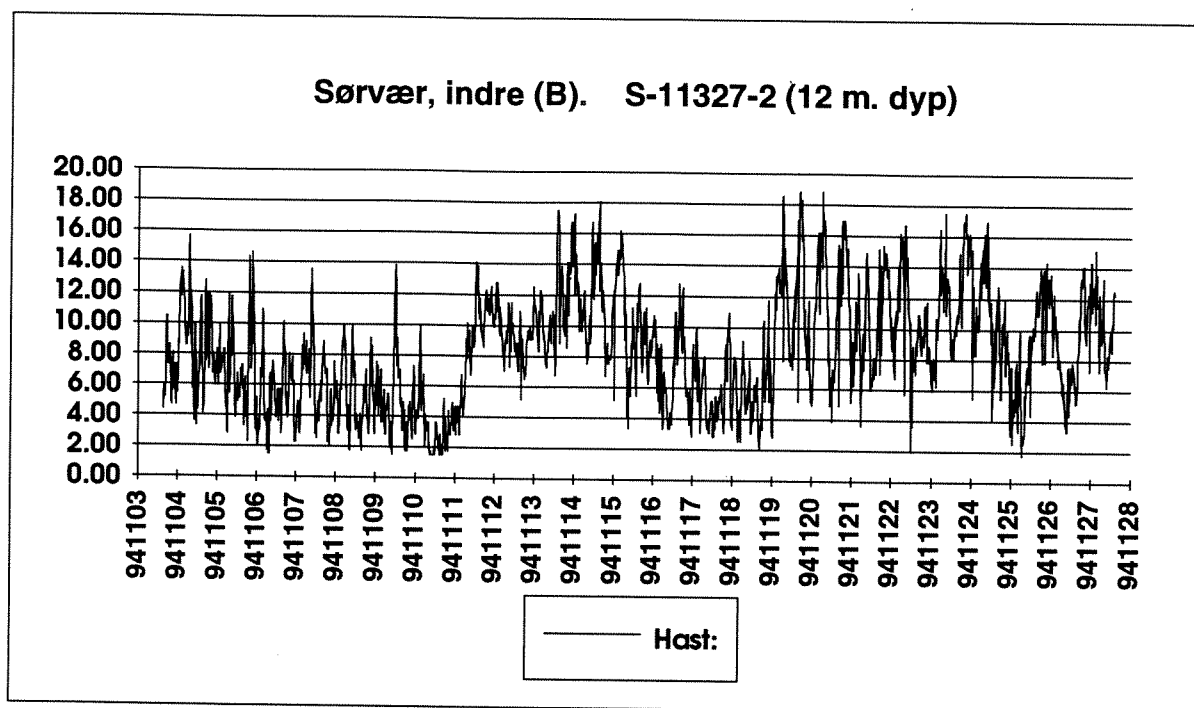
Tabell 3.2 viser en del statistiske verdier for strømmålingene i indre posisjon (B). Se figurene A1-A4 i appendiks.

**Tabell 3.2.** Noen statistiske verdier for NIVAs strømmålinger i Sørværet, indre posisjon, 3/11 - 21/12 1994.

Dyp	STRØMFART, cm/s			STRØMRETNING	
	min	midd	max	hyppigst	fluks
3 m	1.1	6.6	30.7	NV/N	NV
12 m	1.5	8.9	19.6	Ø/SØ	S

For begge måledyp sett under ett var strømmen sterkere i indre posisjon (B). Der var også strømmen i 12 m sterkere (i middel) enn i 3 m. Dette må henge sammen med land- og bunntopografi. Når dybden øker, minsker tilgjengelig gjennomstrømmingstverrsnitt i sundene. Vann som presses igjennom av sterke ytre krefter, får dermed større fart enn vann i øvre lag som kan fordele seg over et større areal.

Alle fire målepunktene hadde perioder med tilnærmet stillestående vann. D.v.s. svakere strøm enn 1.1, evt. 1.5 cm/s, som er nedre deteksjonsgrense for målerne. Dette gjalt i størst grad 12 m dyp i ytre posisjon, men også 3 m i indre hadde noen få perioder med noen timers varighet. Stagnasjonsperiodene på ytre posisjon, hvor anlegget skal plasseres, representerer neppe kritiske forhold for framtidig drift.



Figur 3.1. Målt strømfart (cm/s) i indre posisjon i Sørværet, 12 m dyp, i perioden 3/11 til 21/12 1994.

### 3.1.3. Hovedstrømretning

#### Indre posisjon (B)

Fig. 3.2 viser statistisk fluks-fordeling i 10-graders retningsintervaller. Det framgår at hovedstrømretningen varierte mellom NV og Ø-SØ i begge måledyp. I 3 m dyp var det en relativt brei fluks-sektor mot NV, mens den østgående komponenten begrenset seg til en 20-30 graders sektor. I 12 m dyp var det større innslag av strøm med sørlig komponent (fig. 3.2 nederste diagram).

Hovedstrømretningen (nettostrømmen) framkommer tydeligere i s.k. progressiv vektor diagram, der hver enkelt måling ("strømpil") er addert vektorielt til den foregående. Fig. 3.4 viser resultatet for målingene i indre posisjon. I 12 m dyp var det en netto sørgående strøm, som har variert mellom SV og SØ. Perioder med strøm mot NV (fig. 3.2) var ikke dominerende nok i styrke/varighet til å påvirke dette resultatet. I 3 m dyp var hovedstrømretningen mot NV mot slutten av måleperioden, mens den i begynnelsen var mer varierende, med liten netto forflytting.

Nettostrømmens størrelse i indre posisjon var ca 1.1 cm/s i 3 m dyp, og ca 1.9 cm/s i 12 m dyp.

#### Ytre posisjon (A)

Fig. 3.3 viser fluksfordelingen i de to måledypene i ytre posisjon. Strøm mot NV dominerte i 3 m dyp. I 12 m dyp var det overvekt av østgående strøm, men også stort innslag av strøm mot NV. Nettostrømmen (fig. 3.5) var tydelig rettet mot NV i 3 m, og i østlig retning i 12 m dyp.

Nettostrømmens størrelse i ytre posisjon (A) var ca 2.5 cm/s i 3 m dyp, og ca 0.4 cm/s i 12 m dyp.

### 3.1.4. Tidsserier av hydrografi

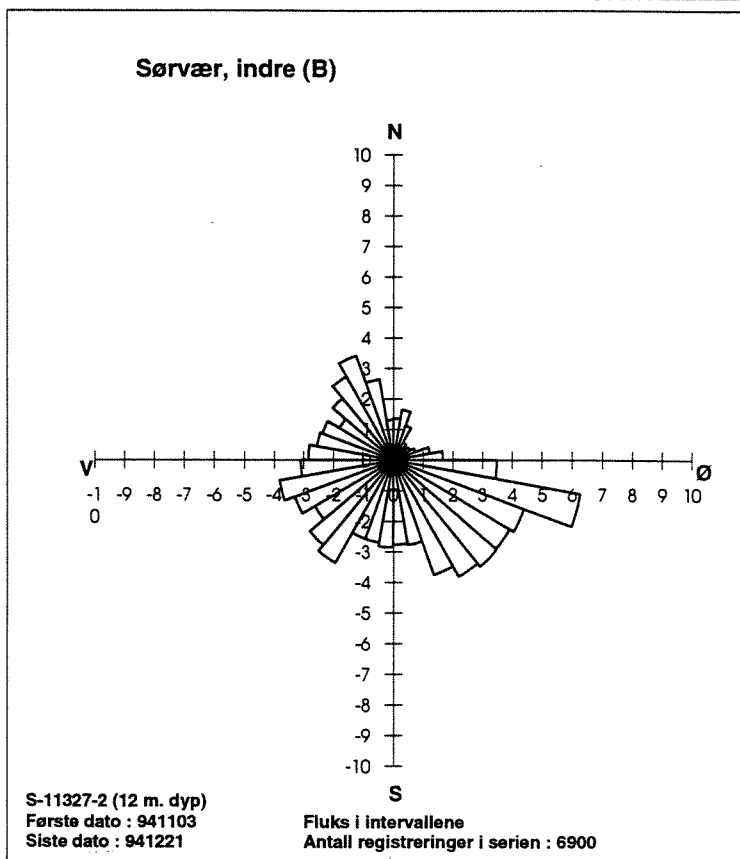
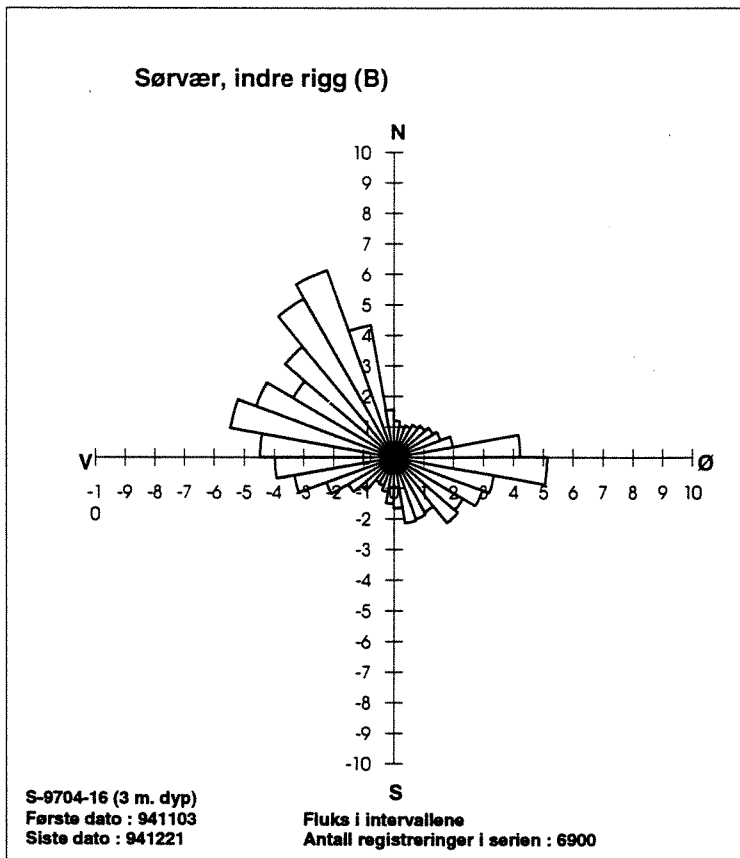
Siden det dreier seg om en kyst-lokalitet forventes det ikke vesentlige forskjeller i hydrografi mellom de to måleposisjonene. Evt. mindre forskjeller kan skrive seg fra at måledypene (d.v.s. avstand fra overflaten) ikke var 100% likt justert ved utsetting av målebøyene. Tidsseriene forventes imidlertid å kunne avdekke dels tidsvariasjoner, og dels variasjon/forskjell mellom 3 m dyp og 12 m dyp (p.g.a. vertikal-gradient).

Måleresultat for sjøtemperatur og salinitet, samt beregnet densitet er gjengitt i appendiks, fig. A9-A14, for 3 m og 12 m dyp i indre posisjon. Fig. 3.6 viser som eksempel temperaturutviklingen i 3 m dyp i ytre posisjon. Det framgår som tidligere omtalt, at verdier og variasjoner var tilnærmet lik 3 m dyp på indre stasjon (fig. A9). Det var liten døgn-variasjon, med generelt sett fallende tendens utover i desember. Også saliniteten viste små variasjoner (fig. A10 og A13), med innslag av tidevannsfrekvens i 12 m dyp.

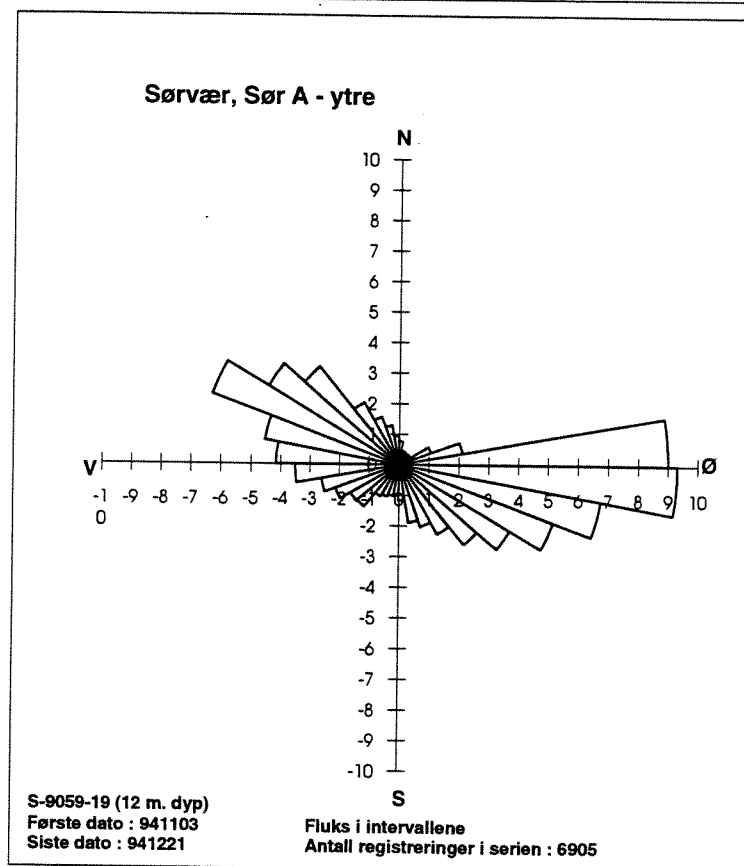
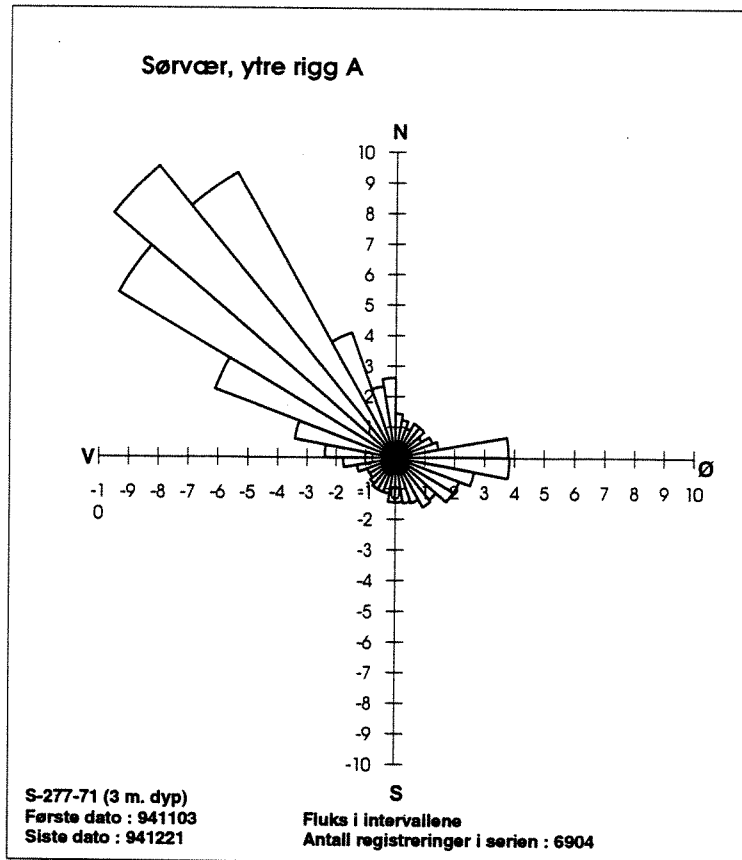
### 3.1.5. Statistiske verdier

Tabel 3.3 viser en del statistiske verdier for måleseriene for hydrografi. Det var moderat forskjell mellom verdiene i 3 m og 12 m dyp. Denne forskjellen er nok større i sommerhalvåret, med mer sjikting.

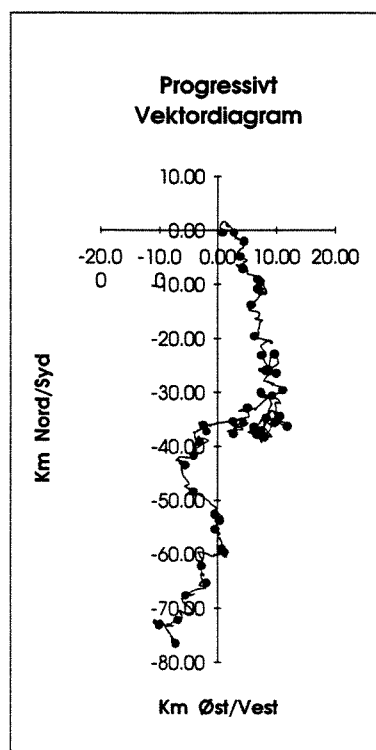
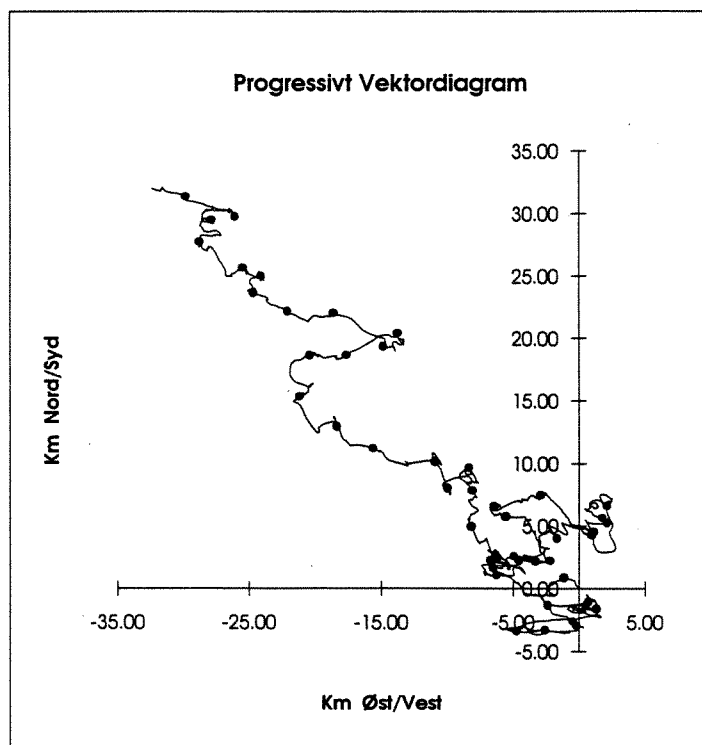
Verdiene kan relateres til Havforskningsinstituttets statistikk for stasjon Sognesjøen (Aure og Østensen 1993). For 10 m dyp viser denne middelverdier på h.h.v. 9.5 og 7.4 grader i november og desember. I november 1994 lå temperaturen rundt 8.4 grader, altså ca 1 grad under normalen. (Desember-verdiene for 1994 er ikke direkte sammenliknbare med normalen, siden vi ikke dekket hele måneden med målinger). Saliniteten i lå litt (0.5-1 ppt) i overkant av normalen for november.



Figur 3.2. Fluksfordeling for målingene i 3 m dyp (øverst) og 12 m dyp i indre posisjon (B).

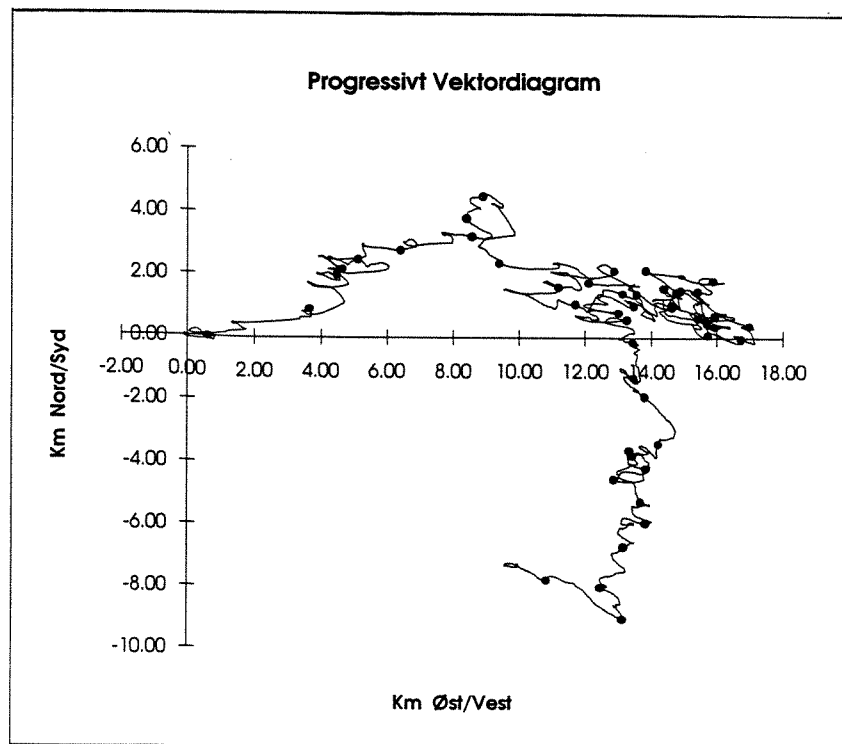
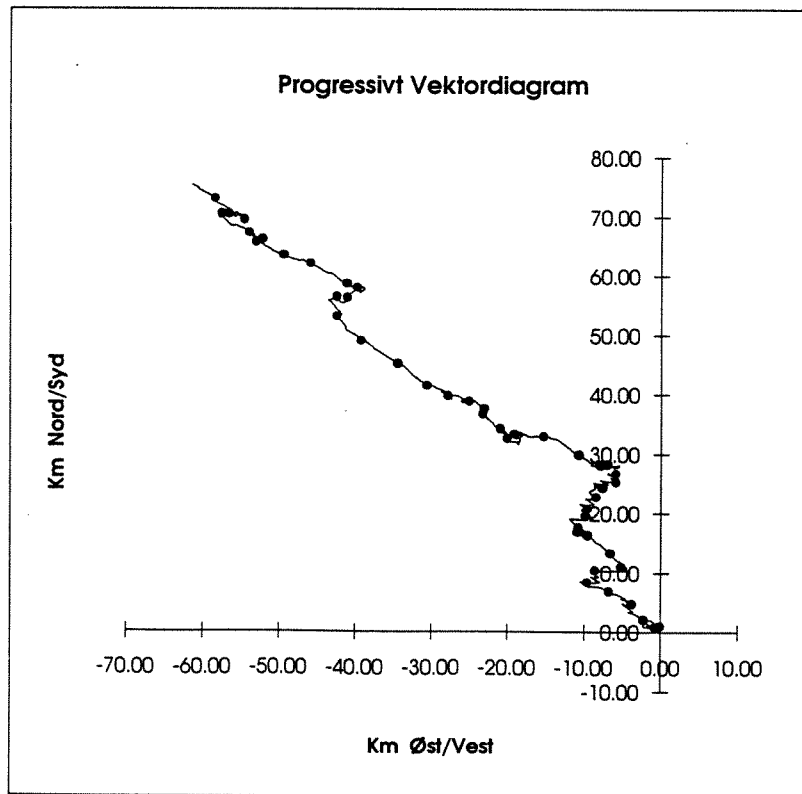


**Figur 3.3.** Fluksfordeling for målingene i 3 m dyp (øverst) og 12 m dyp i ytre posisjon (A).

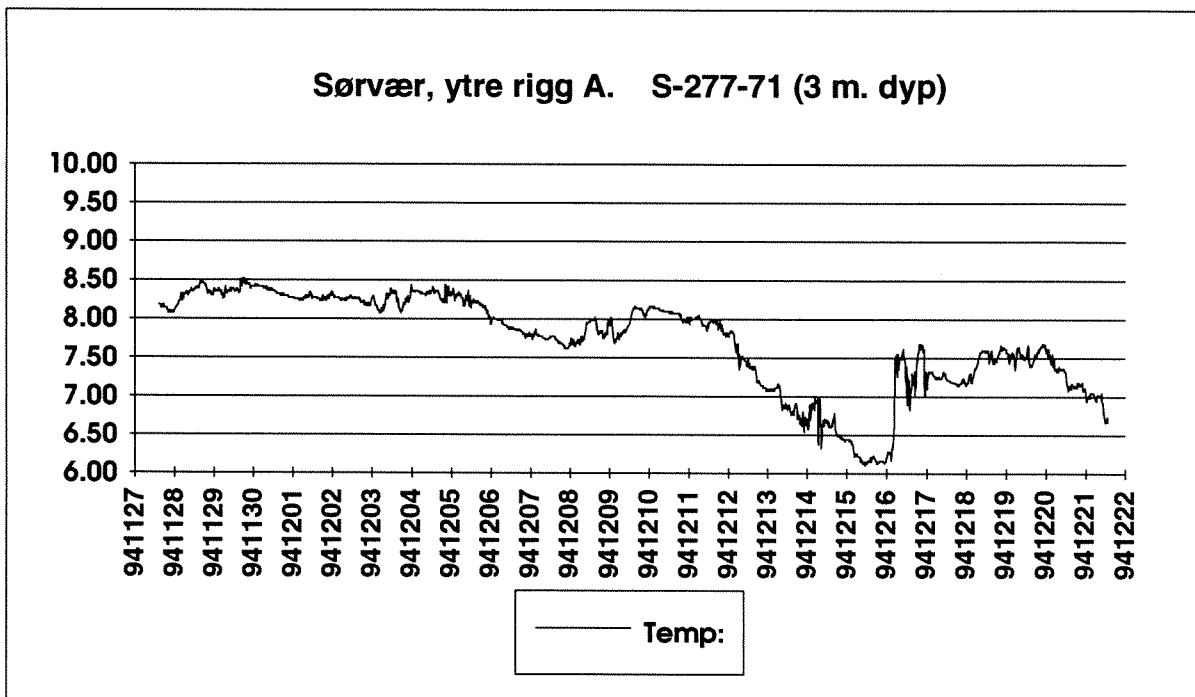
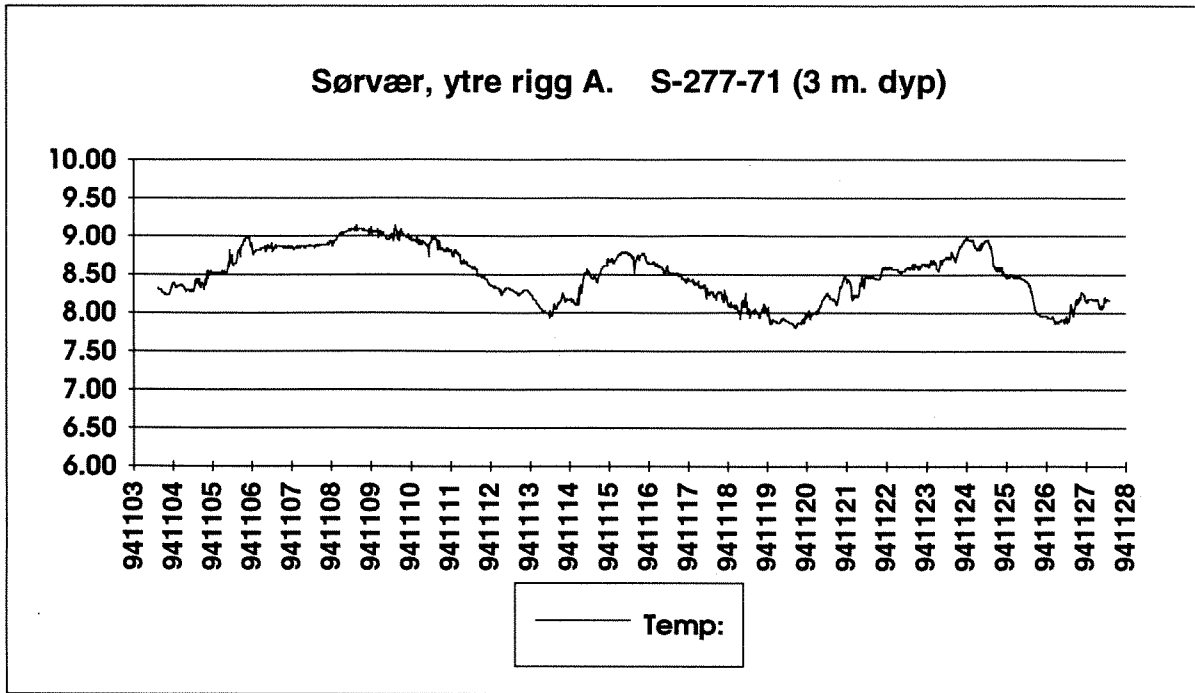


**Figur 3.4.** Progressivt vektor diagram som viser netto transportretning i 3 m dyp (øverst) og 12 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet. Punktene langs trajektoriene representerer overgang til nytt døgn.





**Figur 3.5.** Progressivt vektor diagram som viser netto transportretning i 3 m dyp (øverst) og 12 m dyp i ytre posisjon (A) i Sørværet. Punktene langs trajektoriene representerer overgang til nytt døgn.



Figur 3.6. Målt sjøtemperatur (°C) i 3 m dyp i ytre posisjon i Sørværet 3/11-21/12 1994.

**Tabell 3.3.** Statistiske resultater av målt temperatur og salinitet i 3 m og 12 m dyp i Sørværet, 3/11-21/12 1994.

Dyp	TEMPERATUR, °C			SALINITET, ppt		
	min	midd	max	min	midd	max
3 m	6.1	8.1	9.2	30.5	32.4	33.5
12 m	6.2	8.3	9.5	30.4	32.7	33.7

### 3.1.5. Varighetsanalyse

Statistiske fordelinger av observasjoner av strømstyrke (f.eks. kumulativ fordeling) er ofte benyttet ved analyse av strømmålinger. Denne betrakter alle målingene som "lottoballer", og tar ikke hensyn til at de er ledd i en sammenhengende tidsserie.

Varighetsanalysen som NIVA benytter (Golmen 1994), teller opp antall perioder i måleserien hvor gitte betingelser er oppfylt (f.eks. strøm vedvarende under gitt verdi), og fordeler disse tallverdiene i en matrise. Rekker og søyler i matrisen utgjør h.h.v. periodelengder (varighet) og strømstyrke-grenser. Dermed får en lettere kvantifisert mengden av perioder med svak strøm, og varigheten til disse.

En lang stagnasjonsperiode i en måleserie med ellers akseptabel strøm vil kunne medføre sterke begrensinger på lokalitetens produksjonsevne. Middelerdien for strømstyrke kan i et slikt tilfelle være mindre aktuell å bruke.

Resultatene av varighetsanalysen for målingene i ytre posisjon (øvre cuttoff ved 4 timer) er presentert i tabell 3.4 og 3.5 og fig. 3.7, for 3 og 12 m dyp h.h.v. Det framgår at 12 m har langt større forekomst av perioder med svak strøm enn 3 m dyp.

I 3 m var det kun 14 perioder med strøm under 1.1 cm/s (deteksjonsgrensen for instrumentet). De lengste av disse var 70 minutter (2 stk, tabell 3.4). Der var også 2 perioder med strøm under 1.5 cm/s (I praksis samme perioder som de to forannnevnte).

I 12 m dyp (tabell 3.5) var det hele 155 forskjellige perioder med svakere strøm enn 1.1 cm/s. De fleste av disse var kortvarige (10-30 minutter). 2 perioder var 150 minutter lange. For strøm under 1.5 cm/s var det 5 perioder som var lengre enn 240 minutter.

Toppen i fordelingene vil ligge nær middelerdien for serien, som kan kalles "utluftingshastigheten". For 3 m dyp var denne ca 6 cm/s, og i 12 m dyp 2 cm/s.

**Tabell 3.4.** Resultat av varighetsanalysen for strømmålingene i ytre posisjon (A), 3 m dyp. Matrisen viser antall perioder der strømmen vedvarende er under gitt grense (X-aksen), og hvordan disse periodene fordeler seg m.h.t. varighet i minutt (Y-aksen).

HAST	1.1	1.5	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	25.0	cm/s
10>	5	12	8	64	130	80	32	10	1	0	
20>	3	2	5	23	60	27	15	3	1	0	
30>	2	1	0	13	24	20	12	4	0	0	
40>	1	2	1	6	14	10	8	2	0	0	
50>	1	2	2	8	16	5	4	1	0	0	
60>	0	1	1	6	12	9	3	1	0	0	
70>	2	1	2	7	6	7	0	0	0	0	
80>	0	0	1	7	4	3	3	0	0	0	
90>	0	1	1	0	5	1	0	0	0	0	
100>	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	
110>	0	0	0	1	6	5	0	0	0	0	
120>	0	0	1	1	8	0	3	0	0	0	
130>	0	2	1	1	4	1	3	0	0	0	
140>	0	0	0	2	4	4	0	0	0	0	
150>	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	
160>	0	0	1	1	4	1	0	0	0	0	
170>	0	0	0	1	4	1	1	0	0	0	
180>	0	0	0	3	2	6	2	0	0	0	
190>	0	0	0	0	2	3	1	0	0	0	
200>	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	
210>	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	
220>	0	0	0	1	1	4	0	0	0	0	
230>	0	0	0	3	2	1	1	0	0	0	
240>	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	
P>250	0	0	0	10	44	70	74	29	7	1	
Sum:	14	24	26	165	358	267	163	50	9	1	

Totalt antall målinger i serien: 6904.

**Tabell 3.5.** Resultat av varighetsanalysen for strømmålingene i ytre posisjon (A), 12 m dyp. Matrisen viser antall perioder der strømmen vedvarende er under gitt grense (X-aksen), og hvordan disse periodene fordeler seg m.h.t. varighet i minutt (Y-aksen).

HAST	1.1	1.5	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	15.0	20.0	25.0	cm/s
10>	75	103	179	67	38	22	8	1	0	0	
20>	25	42	75	31	20	5	7	0	1	0	
30>	18	13	34	19	11	2	5	1	0	0	
40>	8	17	22	13	9	3	1	1	0	0	
50>	10	13	14	8	8	2	2	0	0	0	
60>	1	8	19	9	6	3	0	0	0	0	
70>	3	5	13	9	2	3	2	0	0	0	
80>	3	4	12	9	4	1	0	0	0	0	
90>	3	6	9	9	0	1	1	0	0	0	
100>	2	0	5	7	1	2	0	0	0	0	
110>	0	5	7	5	4	0	0	0	0	0	
120>	3	2	9	2	8	2	0	0	0	0	
130>	1	1	3	1	4	1	0	0	0	0	
140>	1	0	3	4	1	0	0	0	0	0	
150>	2	0	2	3	0	2	0	0	0	0	
160>	0	2	3	4	4	2	1	0	0	0	
170>	0	0	2	4	1	1	1	0	0	0	
180>	0	2	2	2	1	2	0	0	0	0	
190>	0	1	1	8	0	0	0	0	0	0	
200>	0	2	2	5	3	0	0	0	0	0	
210>	0	1	2	2	1	2	0	0	0	0	
220>	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	
230>	0	0	1	3	2	0	0	0	0	0	
240>	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	
P>250	0	5	15	64	69	48	38	9	2	2	
Sum:	155	232	435	295	199	105	66	12	3	2	

Totalt antall målinger i serien: 6905

## 3.2. Hydrografi og vannkjemi

Tabell 3.6 viser en oversikt over oksygenforholdene i vannsøylen. Oksygenmengden og % oksygenmetning avtar fra 35 til 55 m dyp, noe som viser at vannsøylen ikke er gjennomblandet til bunns.

Fig. 3.8 viser at vannsøylen i prinsippet besto av tre ulike vannlag som var adskilt av to sprangsjikt, et rundt 14-20 m dyp og det andre mellom 42 og 48 m dyp.

Det øverste vannlaget var preget av at nedkjølingsprosessene i vannsøylen var begynt. Vannlaget var godt gjennomblandet med jevn temperatur (8,4 °C) og salinitet (30,6 ‰) ned til sprangsjiktet. Saliniteten viste en svak påvirkning av avrenning fra land. Oksygenverdiene var høye (tab. 3.6).

Det midterste vannlaget mellom de to sprangsjiktene, viste seg også å være en godt oksygenert og relativt homogent gjennomblandet vannlag.

Bunnvannet som hadde høy salinitet (34,5 ‰), synes ut fra oksygenverdiene på 55 m dyp der oksygenmetningen var 77,8 %, å ha en mer stagnerende karakter.

Tabell 3.6. Oversikt over oksygenforholdene i vannsøylen.

Dyp i meter	1	15	35	55
ml O <sub>2</sub> /l	6,92	6,64	6,43	5,17
% oksygenmetning	102,8	98,7	99,8	77,8

## 3.3. Bunntopografi

Resultatene fra snittene er vist i figurene 3.9-3.10. Snitt nr. 1 viser at største dyp i sørøst er ca. 20 m med relativt bratte skråninger ned mot dette dypet. Største dyp i øst mellom Busaholmen og Værøy (snitt 2) er ca. 10 m. Ser man på snitt nr. 3 som går mellom Ånnaholmane og Værøy, er der i sørvest ved Ånnaholmene et svakt skrånende platå med en dybde på rundt 10 m og med en utstrekning på rundt 150 m. Fra dette platået skråner det så relativt bratt nedover til ca. 50 m dyp. Den sørlige enden av anlegget vil ut fra resultatene fra ekkosnitt nr. 3 bli liggende på ca 10 m dyp (jfr. fig. 1.1 og 3.9). Ut fra tidligere målinger i samme område der dybden ble målt til ca. 18 m ved anleggets sørende, er det mulig at båten har hatt problemer med å holde jevn fart under kjøringen av snittet slik at utstrekningen av platået i realiteten er kortere.

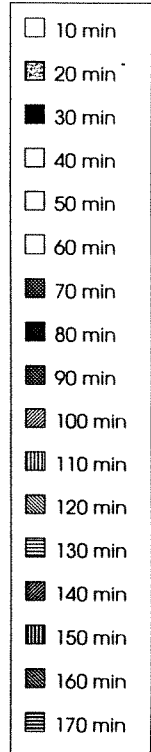
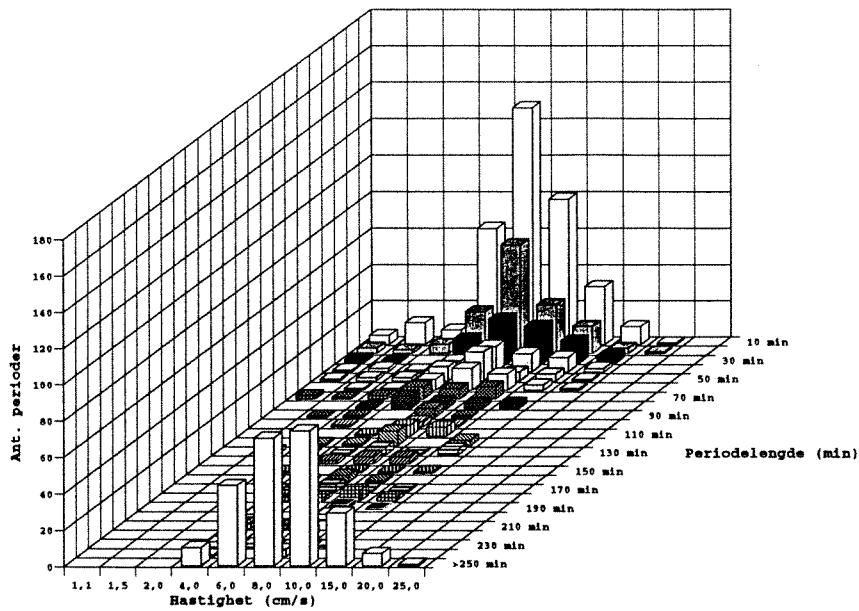
Anbefalt dybde for merdanlegg er minst 10 m mellom notbunnen og havbunnen og trolig det dobbelte på lokaliteter der det akkumuleres organisk materiale (Ervik og Aure 1990). Bunnen bør være jevnt skrånende, noe som er tilfellet for platået i Sørværet.

I nord mot Soknevågen (snitt 4) er største dyp knapt 40 m med en rygg midt på med et minste dyp på 3 m i følge sjøkartet. I vest viser begge snittene (snitt 5 og 6) et maksimaldyp på 65 m, med relativt bratte skråninger ned mot dette dypet. Under nordenden av anlegget vil det således være relativt dypt, ettersom det blir liggende over denne skråningen.

Ut fra draftet er det angitt et største dyp på 72 m i dypålen. Det ble gjort flere forsøk på å lokalisere denne dyphola, men uten resultat. I modellberegningene er derfor 65 meter brukt som største dyp i dypbassenget.

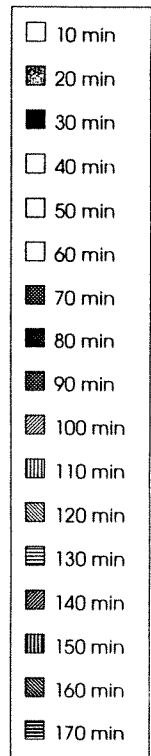
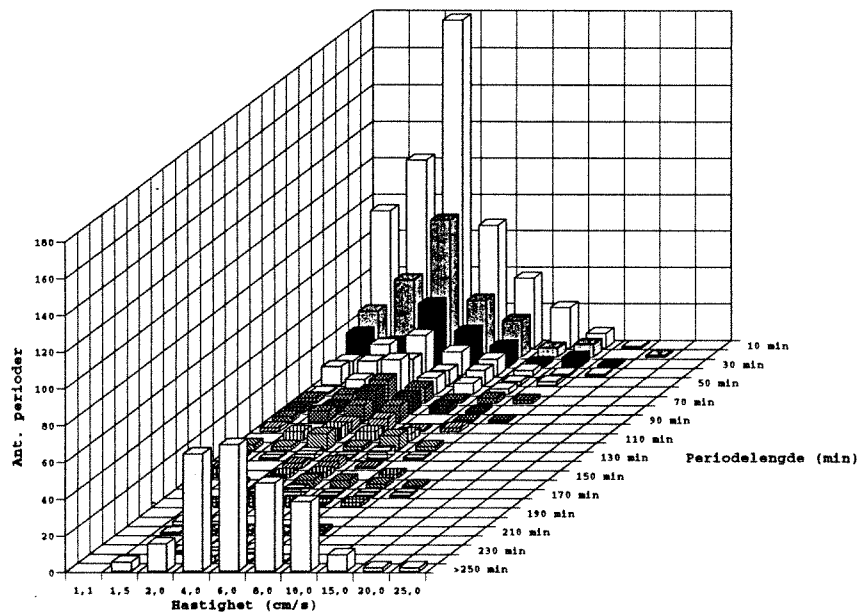
Det kan videre nevnes at lenger vest sør for Sylvøy er der en terskel på 41 m dyp.

Sørværet nov-des. 1994  
3 m dyp

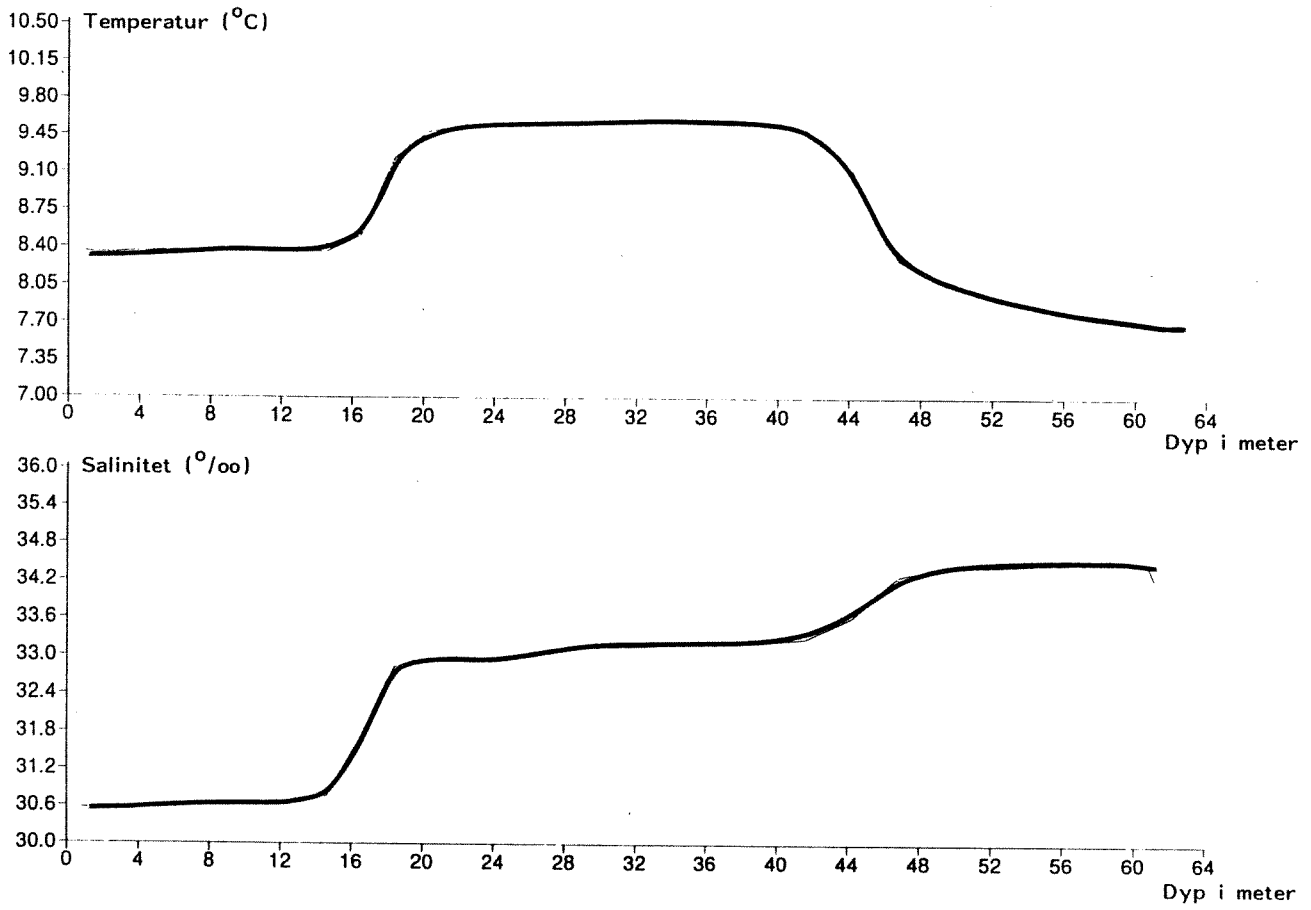


Sørværet

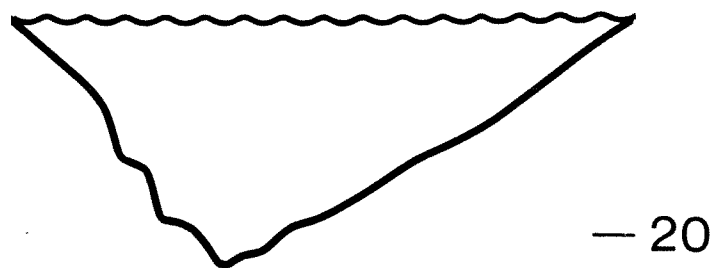
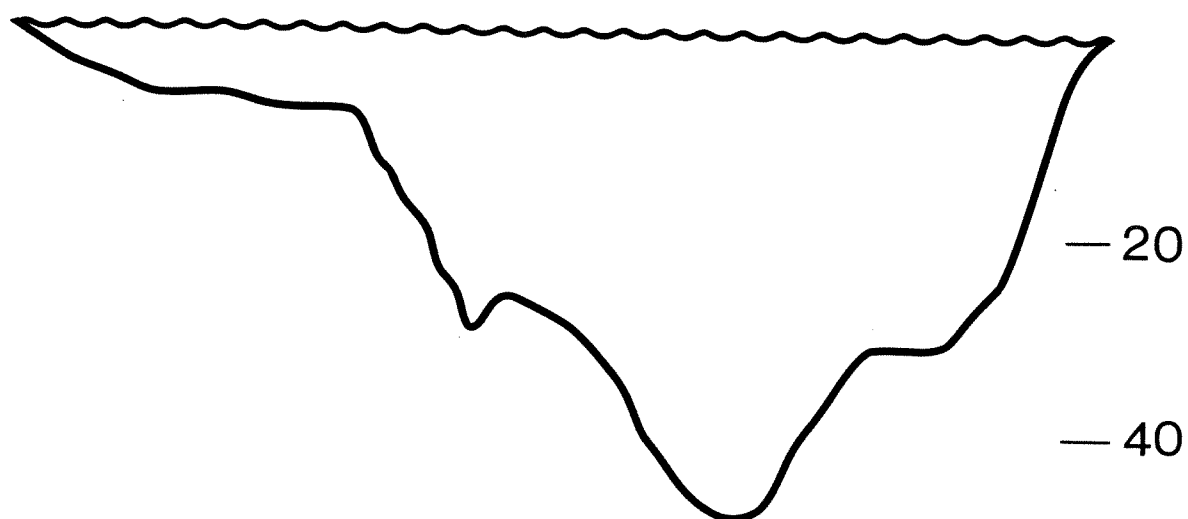
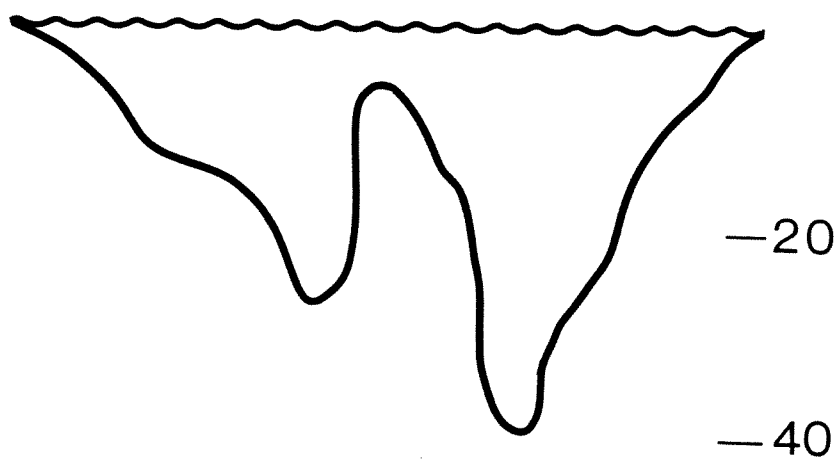
Sørværet nov-des. 1994  
.12 m dyp



Figur 3.7. Figurativ framstilling av resultatene av varighetsanalysen for ytre rigg (A), tabell 3.4 og 3.5

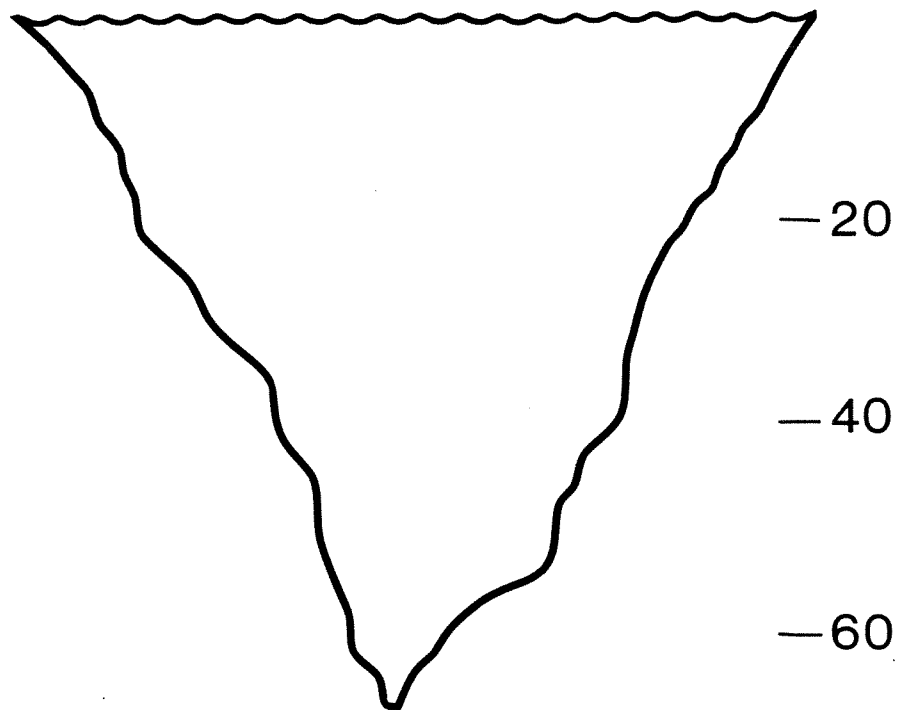
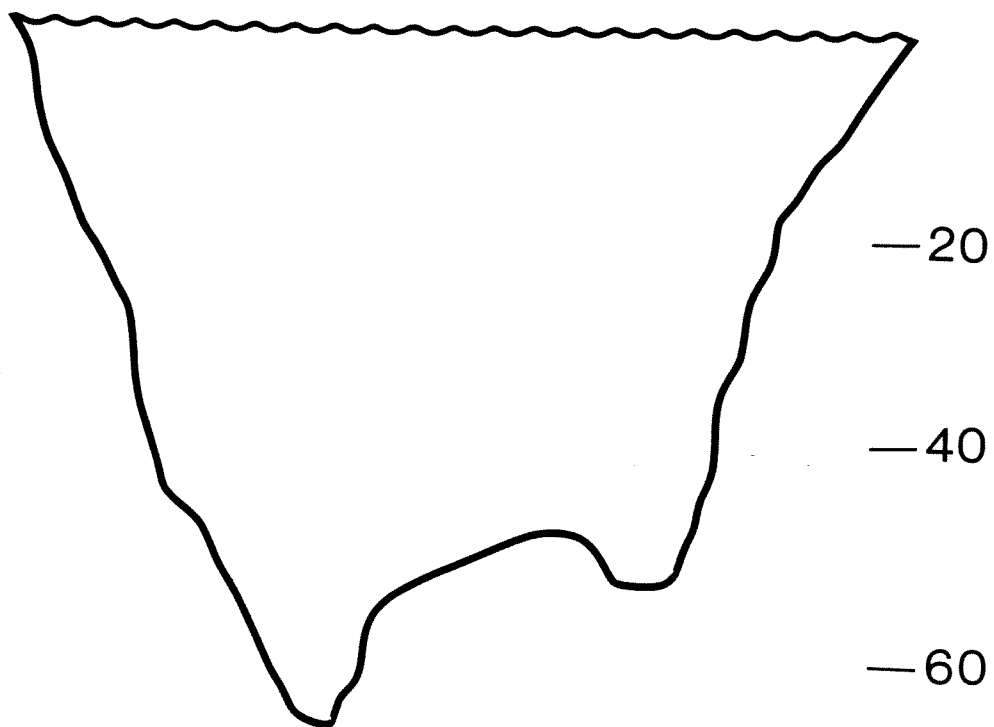


Figur 3.8. Oversikt over temperatur og salinitet på st. H som funksjon av dyp.

**SNITT 1 - 320 m****SNITT 2 - 130 m****SNITT 3 - 500 m****SNITT 4 - 370 m**

**Figur 3.9.** Oversikt over snittene 1, 2, 3 og 4 (jfr. fig. 1.1). Dypene er angitt i meter.



**SNITT 5 - 430 m****SNITT 6 - 380 m**

**Figur 3.10.** Oversikt over snittene 5 og 6 (jfr. fig. 1.1). Dypene er angitt i meter.

### 3.4. Bunnfauna og sediment

Som tidligere nevnt var det umulig å få bunnprøver i det området hvor matfiskanlegget er tenkt lokalisert. Det faktum at bunnsedimentet består av grov sand og stein indikerer at området er godt strømpåvirket.

På stasjonen øst for dette området (st. G) besto sedimentet øverst av en blanding av skjellsand og fin stein med en del fint materiale. Dette topplaget var ca. 3 mm tykt. Under dette laget besto sedimentet for det meste av fin sand med silt og leire. Det ble ikke registrert noen form for H<sub>2</sub>S lukt av sedimentet.

#### 3.4.1. Kjemiske analyser

Generelt sedimenterer en god del av det organiske materiale som produseres i vannsøylen og faller til bunns. Dette sedimenterte materialet konsumeres av bunnlevende dyr eller brytes sakte ned under forbruk av oksygen.

Det er mange faktorer som virker sammen i forbindelse med sedimentering av materiale. Av disse kan nevnes strøm, dybde og bunntopografi. Ettersom dette var sand-/steinbunn med lite innhold av organisk materiale, vil de naturlige syklusene i vannsøylen der produksjon av organisk materiale foregår i pulser, i stor grad kunne påvirke det organiske innholdet i sedimentet. Sedimentert materiale fra vannsøylen vil således kunne gi et betydelig bidrag til det organiske innholdet.

Tabell 3.7 viser et organisk innhold (glødetap) i sedimentet på 8 %. Dette gir ut fra Bjerknes et al (1988) sin inndeling karakteristikken middels belastning (tab. 3.8), like i overkant av grensen mellom lav og middels belastning. Verdiene for organisk karbon (tab. 3.9) ligger på grensen mellom det som karakteriseres som svært lav og lav belastning.

Verdiene for totalt organisk karbon- og nitrogeninnhold (tab. 3.9) i sedimentet viste verdier som ut fra SFT sitt klassifiseringssystem (Rygg & Thélín 1993, jfr. appendikstab. 1) gir tilstandsklasse 1 og bunnforholdene kan derfor karakteriseres som gode.

Det bør bemerkes at det organiske innholdet er høyere i Sørværet enn på en lokalitet i Olsundet like i nærheten. Denne lokaliteten ble benyttet som referanselokalitet for resipientundersøkelsen i Ytre Melværsund (Lømsland og Oug 1995). På denne lokaliteten var mengden organisk karbon i sedimentet 5,6 µg C/mg, mens den i Sørværet var 15,1 µg C/mg. Organisk materiale beregnet i form av glødetap var også lavere i Olsundet med 4,9 % mot 8 % i Sørværet. Selv om bunnsedimentet er noe forskjellig, sannsynligvis på grunn av sterkere strøm i Olssundet, forekom skjellsand på begge stasjonene.

**Tabell 3.7.** Oversikt over totalt organisk materiale i sedimentet.

Stasjon	Totalt tørrstoff g/kg	Total gløderest g/kg	% organisk materiale glødetap
Sørværet	476	920	8

**Tabell 3.8.** Klassifiseringsskala for organisk belastning av bunnsediment. (Bjerknes et al. 1988)

Totalt organisk karbon mg/g	Klassifisering	Glødetap
>100	Svært høy	> 25
60-100	Høy	15-25
30-60	Middels	7,5-15
15-30	Lav	4-7,5
< 15	Svært lav	< 4

I sedimenter hvor det organiske materialet i hovedsak har marin opprinnelse (for eks. dødt plankton) er forholdstallet mellom karbon (C) og nitrogen (N) på vektbasis normalt 6-10, mens det i sedimenter som tilføres betydelige mengder materiale fra land vil ligge over 10. C/N-forholdet som på stasjonen i Sørværet var 6, viser at det organiske materialet i sedimentet på st. G i hovedsak har marin opprinnelse.

Det er plantene i havet (planteplankton, tang og tare) som assimilerer næringsstoffene i vannet og omdanner dem til organisk materiale. Denne assimilerte næringen blir så overført til andre trofiske nivå i næringskjeden ved at dyr beiter på planteplanktonet og ved at disse herbivore dyrene (plantespisere) blir spist av karnivore dyr (rovdyr). For planteplankton i god vekst er det atomære forholdet mellom karbon (C):nitrogen (N):fosfor (P) = 106:16:1 (Redfieldforholdet). Dette gir på vektbasis et C/N forhold på 5,7, et N/P-forhold på 7,2 og et P/C-forhold på 0,024. Bakterier og dyreplankton binder en prosentvis større del av tilgjengelig fosfor enn karbon, slik at P/C-forholdet i bakterier og dyreplankton generelt er høyere enn for planteplankton.

Verdiene for forholdet mellom de ulike elementene som er målt i sedimentet er i god overensstemmelse med Redfieldforholdet, og dette kan tyde på at mesteparten av det sedimenterte materialet er plantemateriale. Dette stemmer overens med funn av tang og tare på sedimentet som ble hentet opp.

**Tabell 3.9.** Oversikt over totalt organisk karbon, nitrogen og fosfor i sedimentet og forholdet mellom disse.

Stasjon	Totalt org. karbon µg C/mg	Totalt org. nitrogen µg N/mg	Totalt org. fosfor µg P/mg	C/N	P/C	N/P
Sørværet	15,1	2,5	0,34	6,0	0,023	7,4

### 3.4.2. Bunndyr

Fullstendige resultater fra bunnfaunaprøvene er gitt i tabell 3.10.

Bunnfaunaen var normalt artsrik og hadde normal diversitet. Den tallrikeste arten, børstemarken *Owenia fusiformis*, er en større rørbyggende form som ofte karakteriserer sandbunner i Nordsjø-området. Børstemarkene *Myriochele oculata* og *Prionospio cirrifera* er begge vanlige bløtbunnsformer, men som også finnes på grovere sedimenter. Blant de mindre tallrike artene var det flere arter som er typiske for bløte bunnsedimenter (f.eks. muslingene *Nuculoma tenuis* og *Thyasira cf. flexuosa*). Artssammensetningen var som det kan forventes i et blandet bunnsediment. Prøvene viser at det var gode forhold på lokaliteten.

Tabell 3.10. Oversikt over registrerte bunndyrarter.

<b>BUNNFAUNA</b>	Areal, m2	0,1
<b>Gruppe</b>	<b>Art</b>	<b>Antall</b>
<b>CNIDARIA</b>	<i>Cerianthus lloydii</i>	1
	<i>Edwardsia sp.</i>	2
<b>NEMERTINI</b>	<i>Nemertini ind.</i>	9
<b>SIPUNCULIDA</b>	<i>Phascolion strombi</i>	2
<b>POLYCHAETA</b>	<i>Chone sp.</i>	3
	<i>Exogone sp.</i>	1
	<i>Glycera lapidum</i>	3
	<i>Goniada maculata</i>	3
	<i>Jasmineira caudata</i>	5
	<i>Myriochele oculata</i>	30
	<i>Nephtys sp.</i>	1
	<i>Owenia fusiformis</i>	43
	<i>Pholoe sp.</i>	3
	<i>Phyllodoce groenlandica</i>	1
	<i>Polycirrus norvegicus</i>	1
	<i>Polycirrus sp.</i>	9
	<i>Prionospio cf. fallax</i>	1
	<i>Prionospio cirrifera</i>	19
	<i>Sabellides octocirrata</i>	1
	<i>Scalibregma inflatum</i>	1
	<i>Scolecopsis foliosa</i>	1
	<i>Sosane sulcata</i>	1
	<i>Terebellidae ind.</i>	1
	<i>Terebellides stroemi</i>	1
	<i>Trichobranthus roseus</i>	1
	<i>Typosyllis cf. cornuta</i>	2
<b>SCAPHOPODA</b>	<i>Dentalium entale</i>	2
<b>GASTROPODA</b>	<i>Melanella cf. frieli</i>	1
<b>BIVALVIA</b>	<i>Nuculoma tenuis</i>	8
	<i>Myrtea spinifera</i>	3
	<i>Thyasira cf. flexuosa</i>	9
<b>OPHIUROIDA</b>	<i>Amphiura chiajei</i>	1
<b>ECHINOIDA</b>	<i>Echinocardium flavescens</i>	
	<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>	
<b>HOLOTHUROIDA</b>	<i>Labidoplax buskii</i>	2
	Sum arter	33
	Sum individer	172
	Shannon-Wiener (H')	3,84

### 3.5. Lokalitetens bæreevne.

For å få en ide om lokalitetens bæreevne, er det gjennomført modellberegninger. Modellen (Fjordmiljø) som er benyttet, er spesielt utviklet for fjorddiagnostikk, men for det aktuelle området ved Sørværet ansees resultatene fra modellkjøringene å gi en relativt god indikasjon på områdets bæreevne.

Området fra terskelen vest for Ånnaholmene inn mot Soknevågen er betraktet som en terskelfjord med terskel på 41 meter og største dyp på 65 meter. På draftet er det angitt at største dyp skal være 72 meter, men det ble under feltarbeid ikke funnet noe område med en slik dybde, som derfor kun må finnes i et svært begrenset og lite område. Dyp på 65 meter ble imidlertid registrert flere steder og framkommer også på dybdesnitt, og derfor er dette benyttet som maksimaldyp. Avrenning av ferskvann er betraktet som ubetydelig, og oksygeninnholdet i "nytt" dypvann er satt lik 7 ml/l, og førfaktoren er satt lik 1,1. Med disse startdata ga modellen at det naturlige månedlige oksygenforbruket i dypvannet ville være 0,43 ml/l og oksygenminimum i bunnvannet 1,4 ml/l. Modellen tar imidlertid ikke hensyn til vertikal diffusjon av oksygen slik at det beregnede oksygenforbruk vil være noe mindre enn det modelleringsresultatet tilsier. Dermed blir også den beregnede minimumskonsentrasjon for oksygen for lav. På den annen side ser det ut området nord for Ånnaholmene kan fungere som et oppsamlingsområde for tang og tare i og etter stormperioder. Dette materialet kan delvis falle til bunns i dypområdet og vil under nedbrytningen føre til et ekstra oksygenforbruk.

I hvilken grad et fiskeoppdrettsanlegg ved Ånnaholmene vil ha effekt på oksygenforholdene i nærområdets dybvann, avhenger av plasseringen av anlegget. Modelleringsresultatene viser at jo mer av fekalier og førspill som sedimenteres over 46 meter (terskeldyp + 5 meter), dess mindre er muligheten for at det skal oppstå oksygenmangel i dypvannet. Ved å se på resultatene fra modellen samtidig som det tas hensyn til at modellen beregner et for høyt oksygenforbruk pr. måned, kan det se ut for at for et oppdrettsanlegg med en årsproduksjon på 600 tonn bør maksimalt 20-25% av anlegget ligge over dyp større enn 46 meter.

## 4. Sammenfattende diskusjon.

De topografiske undersøkelsene viser at det nordvest for det planlagte matfiskanlegget går en dypål i nordøstlig retning. Omtrent rett nord for den omsøkte oppdrettslokaliteten dreier dypålen i sørøstlig retning samtidig som den blir grunnere. Sørøst for oppdrettsområdet er maksimaldypet 20 m (jfr. snitt 1, fig. 3.9). Sundet mellom Busaholmen og Værøy har et maksimaldyp på 10 m. Dette er de to transportveiene for spillfôr/fekalier videre inn i reservatet.

Strømmålingene viste at strømmen varierte fra relativt sterk strøm til strømstille (tab.3.1). Den gjennomsnittlige strømstyrken i 3 m viste liten forskjell mellom de to strømriggene med et gjennomsnitt på 6,6 og 6,9 cm/s for henholdsvis indre og ytre rigg. På 12 m dyp ble sterkest gjennomsnittlig strøm målt nærmest Værøy (indre rigg) med 8,9 cm/s, mens verdiene fra ytre strømrigg, som omtrent lå i det området matfiskanlegget er tenkt plassert, viste en gjennomsnittlig strømstyrke i måleperioden på 3,6 cm/s.

Strøm er en nøkkelfaktor som påvirker både vannkvaliteten i merdene og akkumuleringen av fekalier og førspill i sedimentet under merdene. Det er kjent at ved en strømfart under 2-3 cm/sek er vannkvaliteten inne i merdene meget følsom for økt belastning. Belastning kan i denne sammenheng være stor fiske-tetthet, høy temperatur, økt aktivitet og sterk føring, som alle igjen vil påvirke viktige faktorer som konsentrasjon av oksygen og ammonium (Ervik og Aure 1990).

Ved en strømstyrke over 6-7 cm/sek vil vannkvaliteten inne i merdene bli lite påvirket av normale belastninger.

Der er perioder der strømstyrken for ytre strømrigg er  $< 2$  cm /sek (jfr. tab. 3.4 og 3.5), men i 3 m dyp er det få slike episoder og varigheten på disse periodene kort, hovedsakelig  $< 20$  min. På 12 m dyp er hyppigheten av slike perioder langt større og varigheten er lenger, men varigheten er i hovedsak kortere enn 2 timer.

Resultatene for ytre strømrigg viser at strømretningen i 3 m dyp hovedsakelig går mot nordvest og ut av reservatet. På 12 m dyp veksler strømmen hovedsakelig mellom øst og sørøst, med øst som dominerende strømretning. Indre strømrigg som ble plassert ca. 300 m fra det planlagte anlegget, viste at strømmen i 3 m dyp har en netto nordvestlig retning, mens strømretningen på 12 m dyp er netto sørgående.

Spillfôr og fekalpellets som synker ned, vil således i hovedsak først bli fraktet nordvestover i retning ut av reservatet før det på et gitt dyp mellom 3 og 12 m blir fanget opp av strømmen som går østover. Et stykke øst for anlegget vil det så i prinsippet kunne bli fanget opp av den sørgående strømmen som ble registret på den indre riggen.

Synkehastighet for fôrpellets og fekalier er henholdsvis 7-15 cm/sek og 2-5 cm/sek (Arne Ervik pers. med.). Dersom man tar utgangspunkt i strømmålingene for ytre rigg med en midlere strømhastighet på 3,6 cm/sek vil fekalier etter å ha sunket 20 m med den laveste synkehastigheten på 2 cm/sek være fraktet rundt 40 m fra utgangspunktet. Spillfôret som synker raskere, vil etter å ha sunket 20 m med laveste synkehastighet på 7 cm/sek være forflyttet ca. 10 m.

Høyeste målte strømhastighet i 12 meter, som overstiger 10 cm/sek og har en viss varighet, var 20 cm/sek. Denne registreringen ble gjort en gang i hele måleperioden og hadde en varighet på 20 min. (tab.3.5). Fekalier, som er det organiske materialet som vil transporteres lengst, vil med en slik strømstyrke være forflyttet 200 m etter å ha sunket 20 m. Høyeste målte strømhastighet av noen betydning med hensyn på frekvens og varighet var 10 cm/sek som gir en tilsvarende forflytning på 100 m.

Dette betyr at organisk partikulært materiale fra anlegget i svært liten grad vil bli transportert videre inn i reservatet. For den sørlige delen av anlegget vil en stor del av materialet sedimentere på platået på 10-15 m dyp. Materialet fra den nordlige delen vil sedimentere rett i dypålen. Det sedimenterte materialet vil så brytes ned under forbruk av oksygen og dermed påvirke og dermed påvirke oksygenforholdene i bunnvannet.

Oksygenverdiene viser at bunnvannet har karakter av en viss stagnasjon (77,8 %  $O_2$  metning på 55 meters dyp i nov. 94). Dette gir en indikasjon på at området er utsatt for en viss naturlig belastning. Ut fra de kjemiske analysene av bunnsedimentet og observasjoner gjort i forbindelse med grabbing kan det tyde på at for eksempel fragmenter av tang og tare som storhavet river løs, på en eller annen måte fanges opp i "gryten", sedimenterer og brytes ned under forbruk av oksygen. Opplysninger fra fiskere som setter garn i dypålen og periodevis får garnene tilgriset av fragmenter av tang og tare, støtter opp om den vurderingen. Det samme gjør opplysninger om opphopning av mye fragmentert algemateriale langs strendene (Per Arne Tveit, pers. med.).

Sedimentert spillfôr og fekalier vil øke belastningen og dermed også oksygenforbruket i bunnvannet. Ut fra modellberegningene vil oppdrettsanleggets plassering ha mye å si for i hvilken grad miljøet i dypvannet vil bli påvirket. Mindre terskelområder med stagnerende bunnvann er meget følsomme for økt belastning som fører til økt oksygenforbruk (Ervik og Aure 1990). Når anlegget plasseres slik at det partikulære materialet avsettes under 46 meter (terkseldyp + 5 meter), vil det bety et ekstra oksygenforbruk som kan forstyrre den følsomme likevekten mellom det naturlige oksygenforbruket og de periodiske vannutskiftingene. Stor dybde under anlegget er således i dette tilfellet ikke bare gunstig.

Sett i forhold til dette ville det faktisk være bedre at anlegget ble lagt i øst-vest retning i stedet for nordvest-sørøst som nå, og trukket så pass langt sørøst at dypet under merdene ble grunnere enn 46

meter. Transport av organisk partikulært materiale videre inn i reservatet vil ved en slik plassering likevel være ubetydelig.

Fiskefôr inneholder 1,0-1,4 % fosfor, mens fisken selv inneholder 0,4 % (Ervik & Aure 1990). Fisken kan derfor ikke nyttiggjøre seg alt fosforet. 85 % av fosforet i fôret tilføres miljøet i form av spillfor og fekalier som faller til bunns. Utslippet av fosfor går således i hovedsak til bunns, mens mesteparten av nitrogenutslippene skjer i oppløst form over fiskegjellene og tilføres vannsøylen. Ettersom strømmen i de øverste metrene går mot nordvest vil trolig mesteparten av de oppløste nitrogenforbindelsene fraktes ut av reservatet.

## 5. Konklusjon

Deler av området der fekalier og forspill fra et eventuelt oppdrettsanlegg vil sedimentere, er dypvann med en viss stagnerende karakter som vil forverres ved sedimentering av fekalier og fôrspill fra et oppdrettsanlegg. Effekten på bunnvannet vil avhenge av anleggets plassering og av driftens karakter med hensyn på fôrspill. Vannmassene over 40 meter er godt oksygenerte og har således god kapasitet med hensyn på oksydasjon av organisk materiale. Ved fornuftig plassering og drift av anlegget med jevnlig miljøovervåkning, spesielt av bunnvannet, og mulighet for periodevis flytting til en reserve-lokalitet kan vi ikke se at matfiskproduksjon i området etter de oppsatte planene vil medføre en betydelig belastning på resipienten. Muligheten for transport av oppløst og partikulært organisk materiale videre inn i reservatet betraktes å være helt marginal.

For å unngå belastning på dypvannet, anbefales det at anlegget plasseres i retningen øst-vest og trekkes så langt sørøst at maksimalsypet under anlegget ikke overstiger 46 m. En slik plassering vil sannsynligvis også gi bedre strømforhold i 12 m dyp (jfr. strømresultatene fra rigg B) og gi anlegget bedre beskyttelse under eksterme værforhold og dermed redusere faren for havari.

## 6. Litteratur

Aanderaa 1987: Operating Manual, RCM 7&8. Aanderaa Instruments AS, Bergen, 55 s.

Aure, J. og Ø. Østensen 1993: Hydrografiske normaler og langtidsvariasjoner i norske kystfarvann. Rapp. *Fisken og Havet* nr 6/93, HI, Bergen.

Bjerknes, V., Golmen, L. G., Pedersen A. og K. Sørgaard 1988. Kapasitet for fiskeoppdrett i Skogsvågen og i fjordområdet kring Toftarøy på Sotra. *NIVA-rapport* nr. 2072. Oslo.

Ervik A. & J. Aure 1990. Pp. 32-39 i: T.T. Poppe (Red). *Fiskehelse. Sykdommer, behandling, forebygging*. John Grieg Forlag AS. ISBN 82-533-0254-1. 422 pp.

Golmen, L. G. 1994: Strømforhold som lokaliseringskriterium. *Norsk Fiskeoppdrett* nr 1-94, s. 46-47.

Lømsland E. R. & E. Oug 1995. Resipientundersøkelse i Ytre Melvørsund. *NIVA-rapport* til trykking.

Rygg, B. & I. Thélin 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. *SFT-veiledning 93:02*. SFT. Oslo. 20 s.



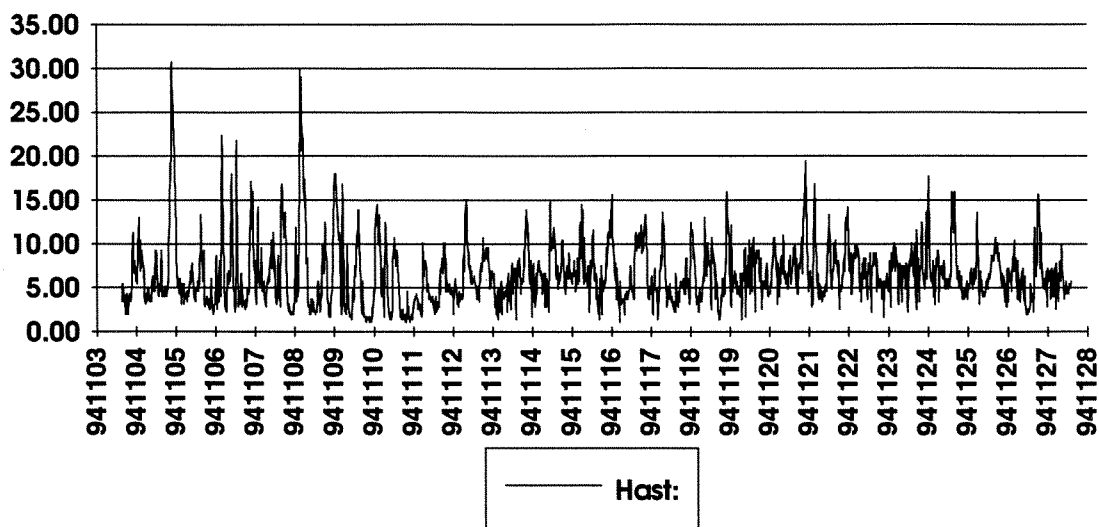
## 7. Appendiks

### APPENDIKSFIGURER

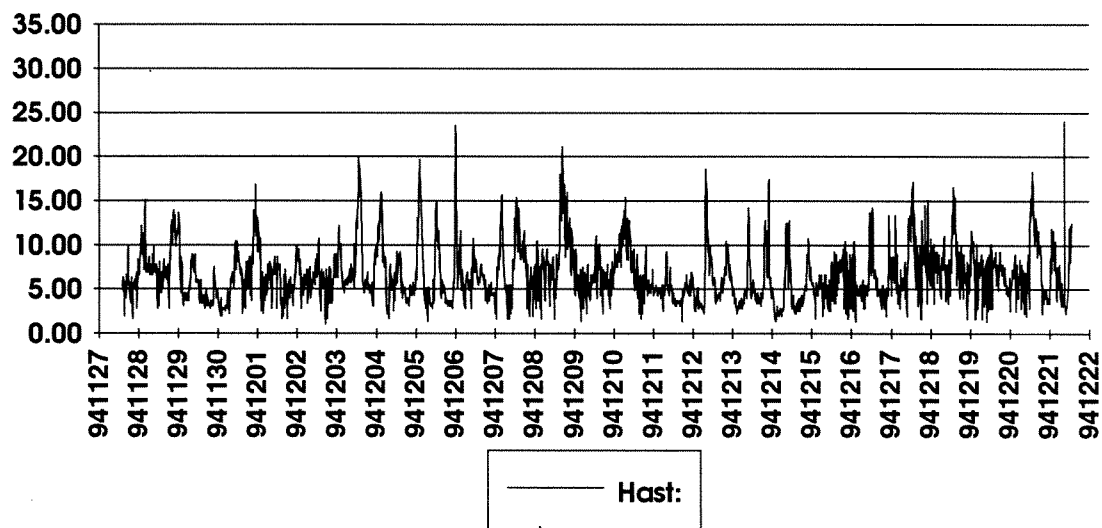
- Figur A1.** Målt strømfart (cm/s) i 3 m dyp, indre posisjon (B) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A2.** Målt strømretning (grader) i 3 m dyp, indre posisjon (B) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A3.** Målt strømfart (cm/s) i 12 m dyp, indre posisjon (B) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A4.** Målt strømretning (grader) i 12 m dyp, indre posisjon (B) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A5.** Målt strømfart (cm/s) i 3 m dyp, ytre posisjon (A) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A6.** Målt strømretning (grader) i 3 m dyp, ytre posisjon (A) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A7.** Målt strømfart (cm/s) i 12 m dyp, ytre posisjon (A) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A8.** Målt strømretning (grader) i 12 m dyp, ytre posisjon (A) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A9.** Målt sjøtemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) i 3 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A10.** Målt salinitet (ppt) i 3 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A11.** Beregnet densitet for sjøvannet (enhet  $\text{kg/m}^3 - 1000$ ) i 3 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A12.** Målt sjøtemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) i 12 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A13.** Målt salinitet (ppt) i 12 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.
- Figur A14.** Beregnet densitet for sjøvannet (enhet  $\text{kg/m}^3 - 1000$ ) i 12 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.

**APPENDIKSTABELL 1.** Kopi fra SFT - Veiledning nr. 93:02

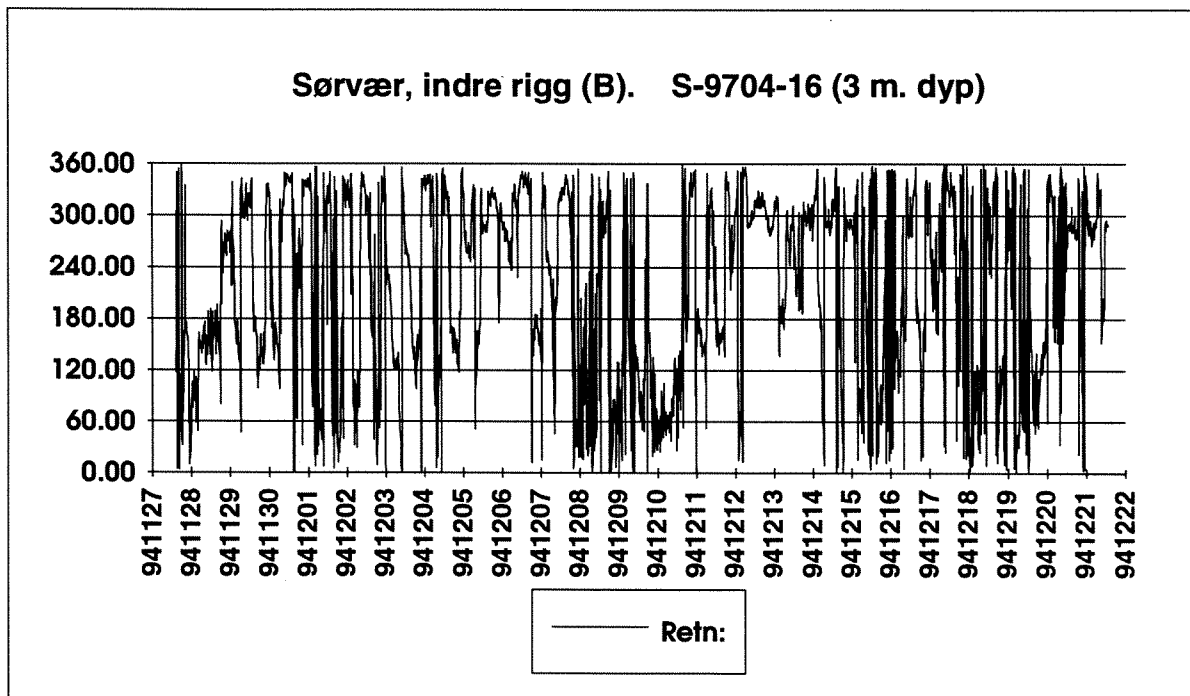
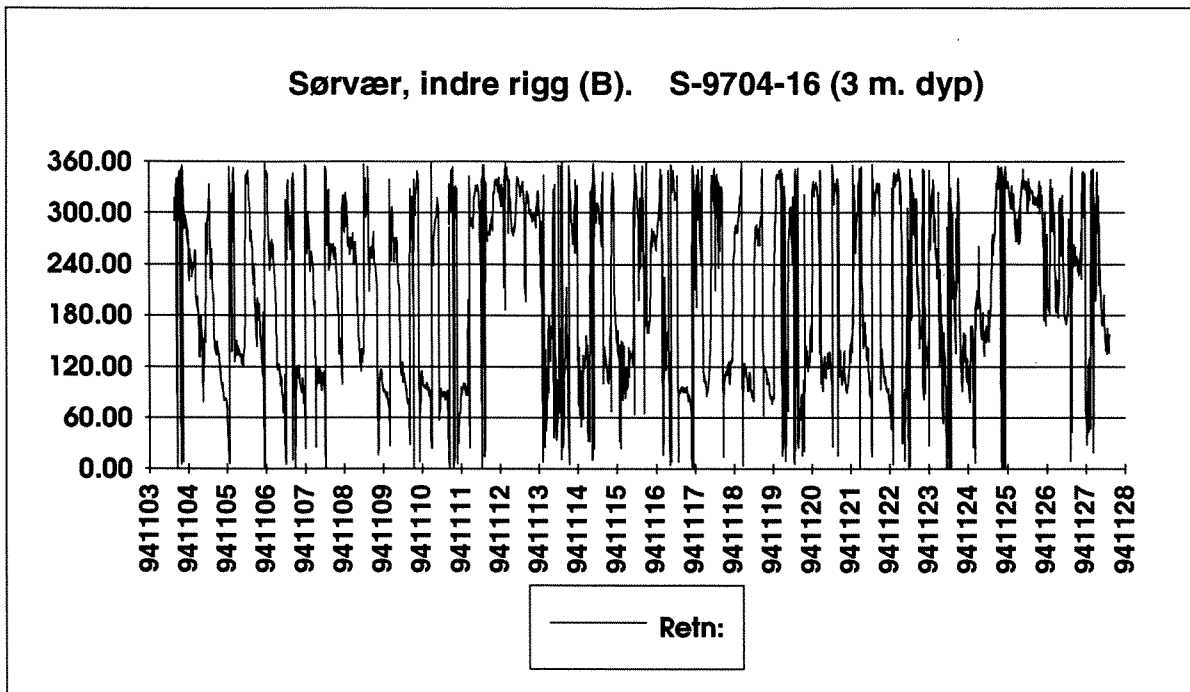
Sørvær, indre rigg (B). S-9704-16 (3 m. dyp)



Sørvær, indre rigg (B). S-9704-16 (3 m. dyp)

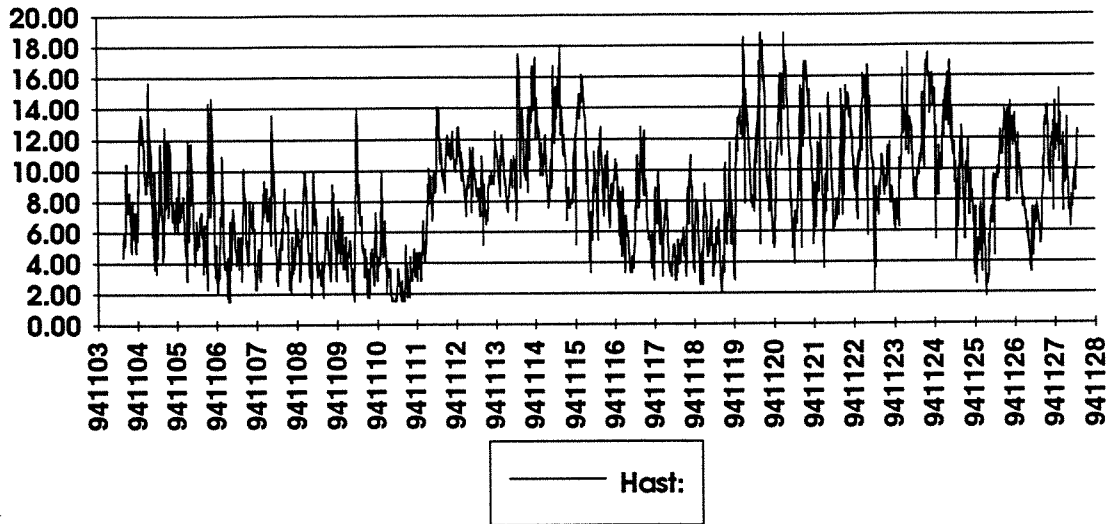


Figur A1. Målt strømfart (cm/s) i 3 m dyp, indre posisjon (B) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.

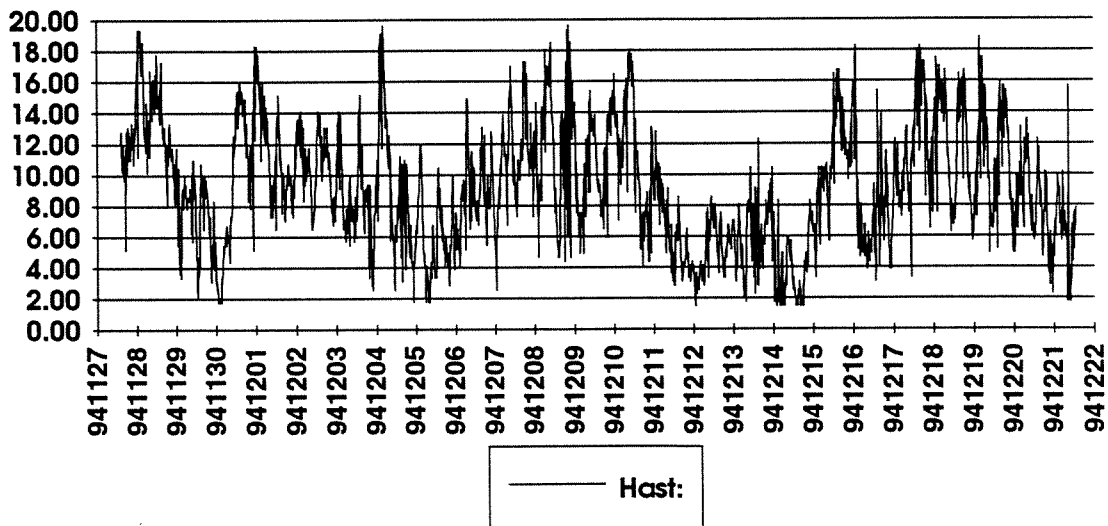


Figur A2. Målt strømretning (grader) i 3 m dyp, indre posisjon (B) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.

Sørvær, indre (B). S-11327-2 (12 m. dyp)

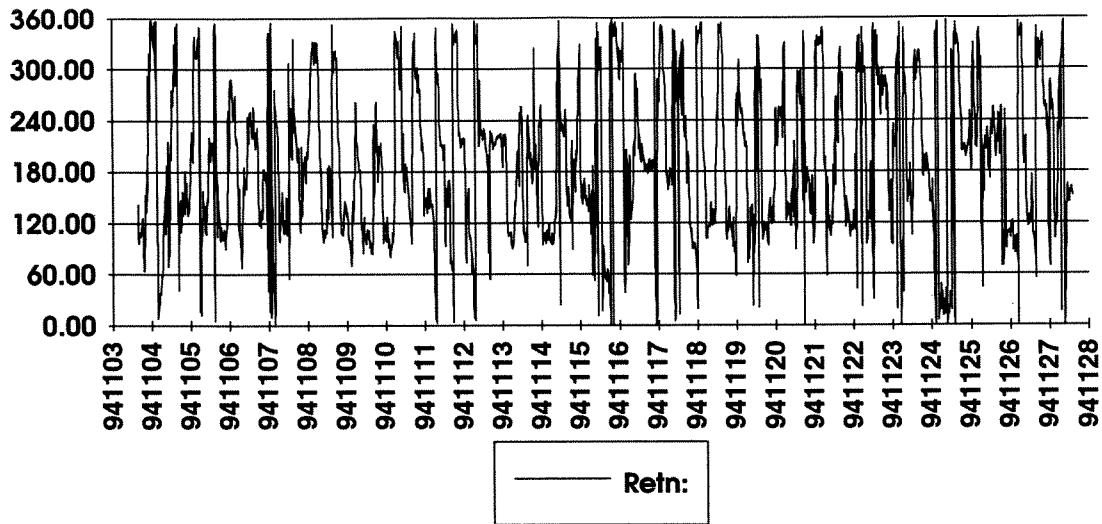


Sørvær, indre (B). S-11327-2 (12 m. dyp)

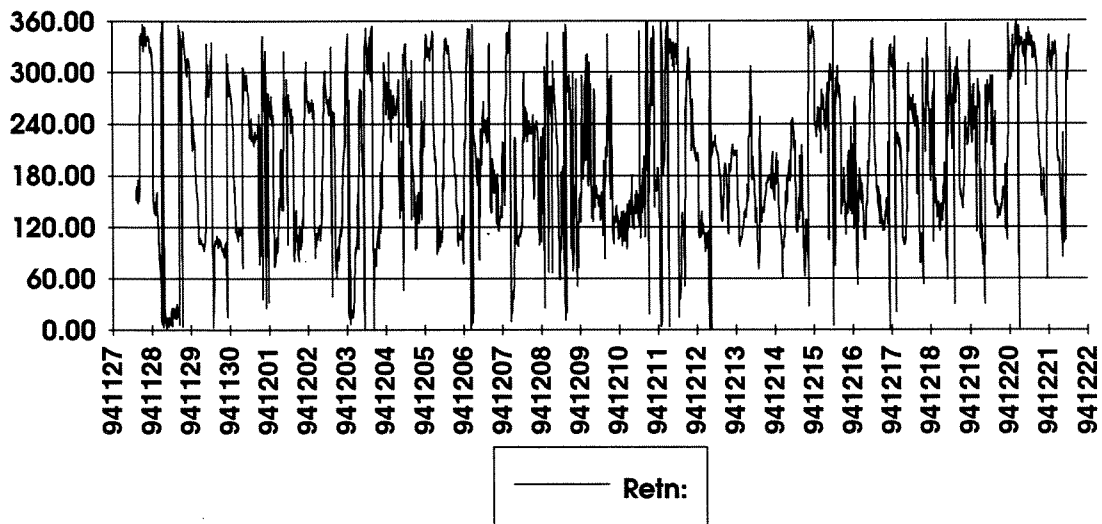


Figur A3. Målt strømfart (cm/s) i 12 m dyp, indre posisjon (B) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.

Sørvær, indre (B). S-11327-2 (12 m. dyp)

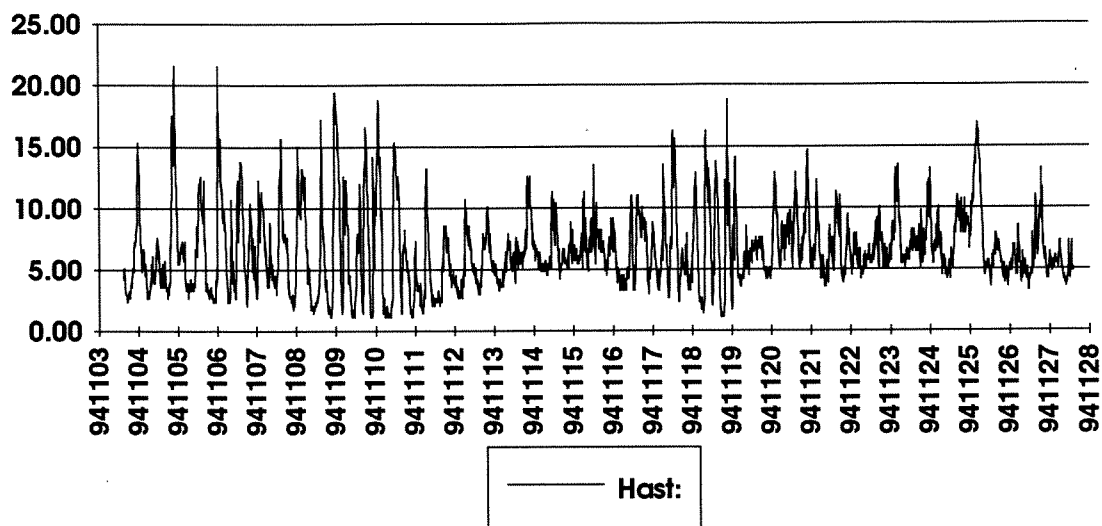


Sørvær, indre (B). S-11327-2 (12 m. dyp)

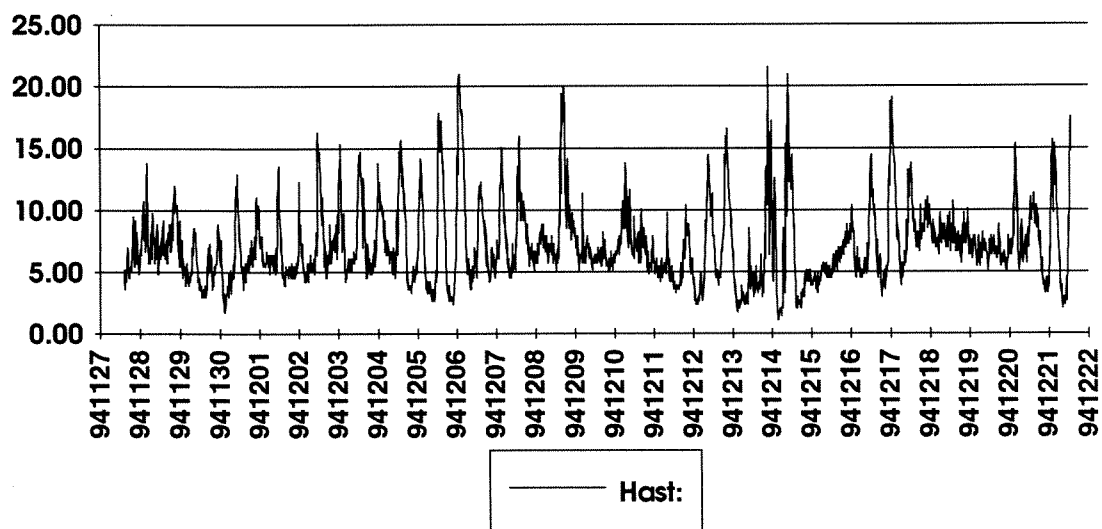


Figur A4. Målt strømretning (grader) i 12 m dyp, indre posisjon (B) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.

Sørvær, ytre rigg A. S-277-71 (3 m. dyp)

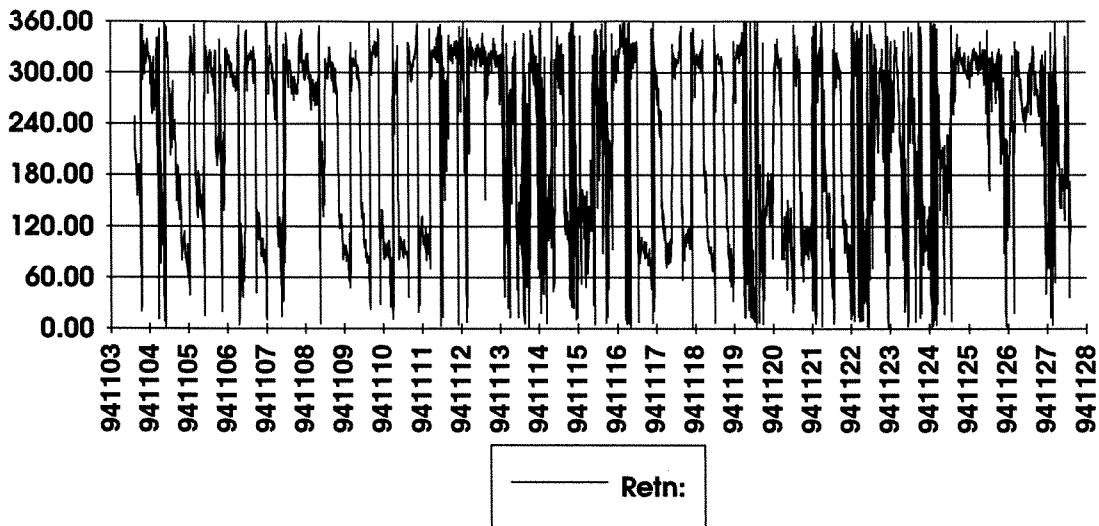


Sørvær, ytre rigg A. S-277-71 (3 m. dyp)

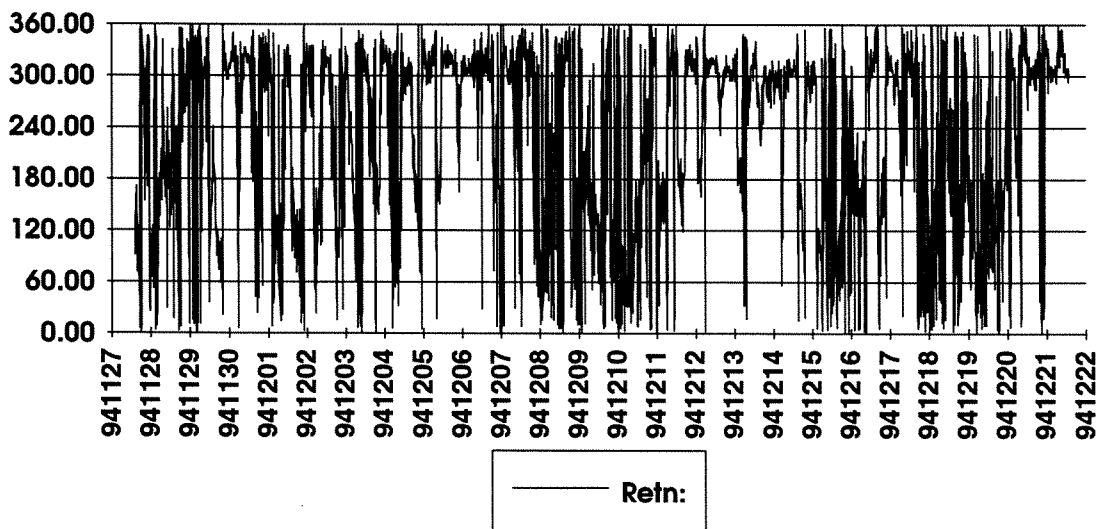


Figur A5. Målt strømfart (cm/s) i 3 m dyp, ytre posisjon (A) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.

Sørvær, ytre rigg A. S-277-71 (3 m. dyp)

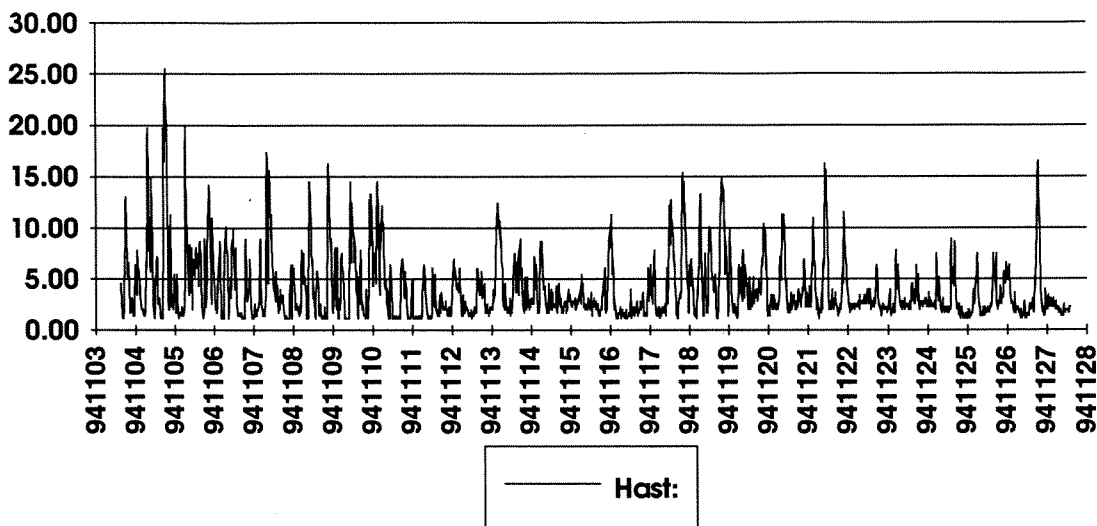


Sørvær, ytre rigg A. S-277-71 (3 m. dyp)

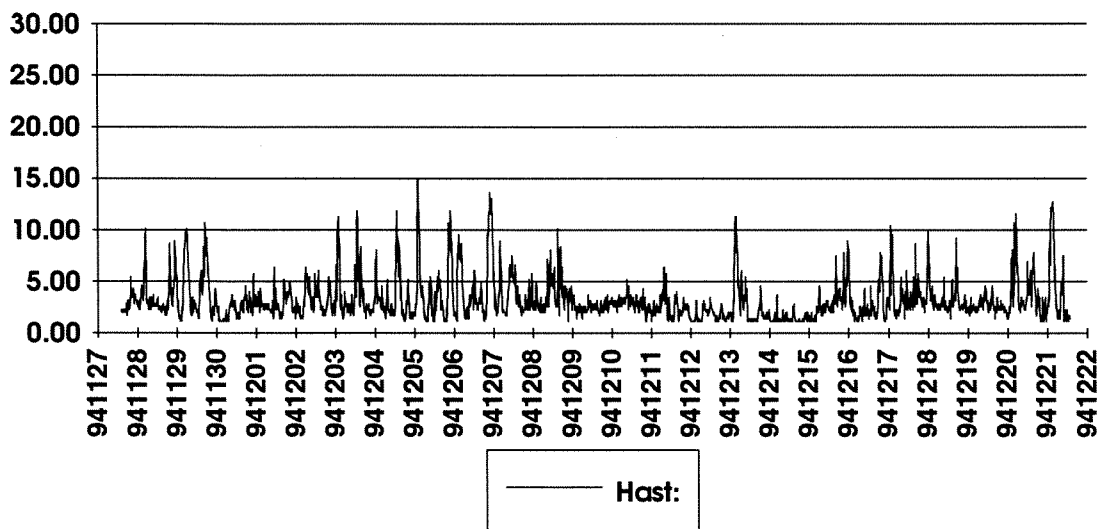


Figur A6. Målt strømretning (grader) i 3 m dyp, ytre posisjon (A) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.

Sørvær, Sør A - ytre. S-9059-19 (12 m. dyp)

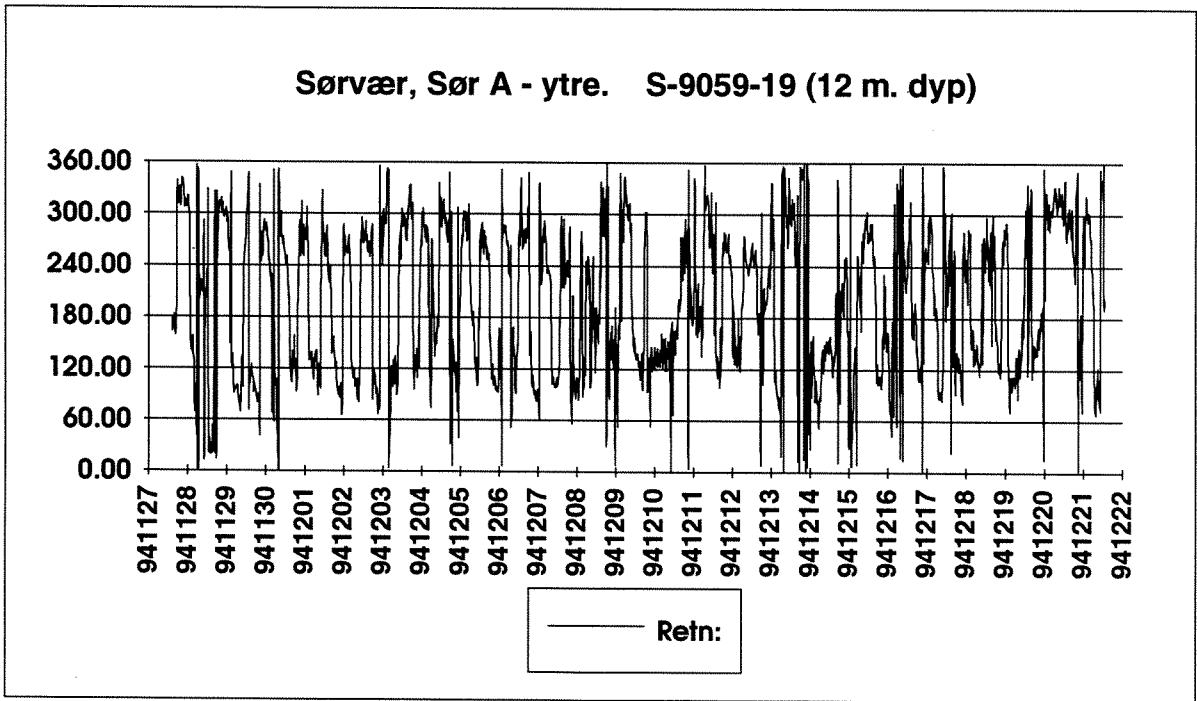
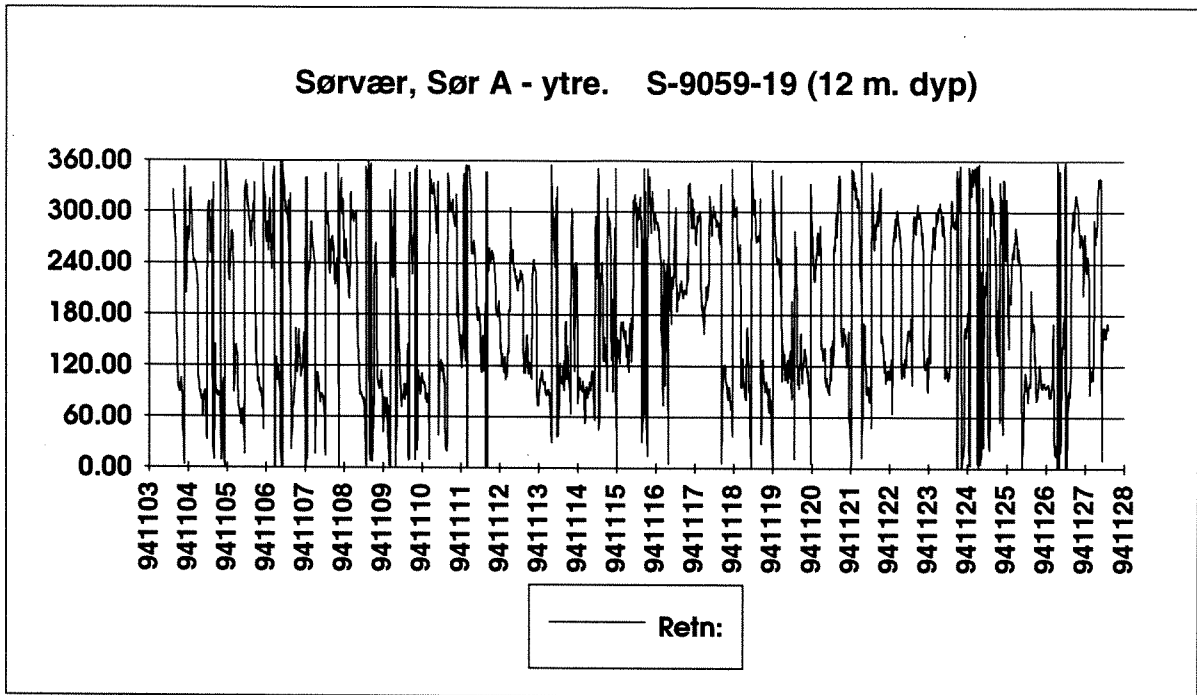


Sørvær, Sør A - ytre. S-9059-19 (12 m. dyp)



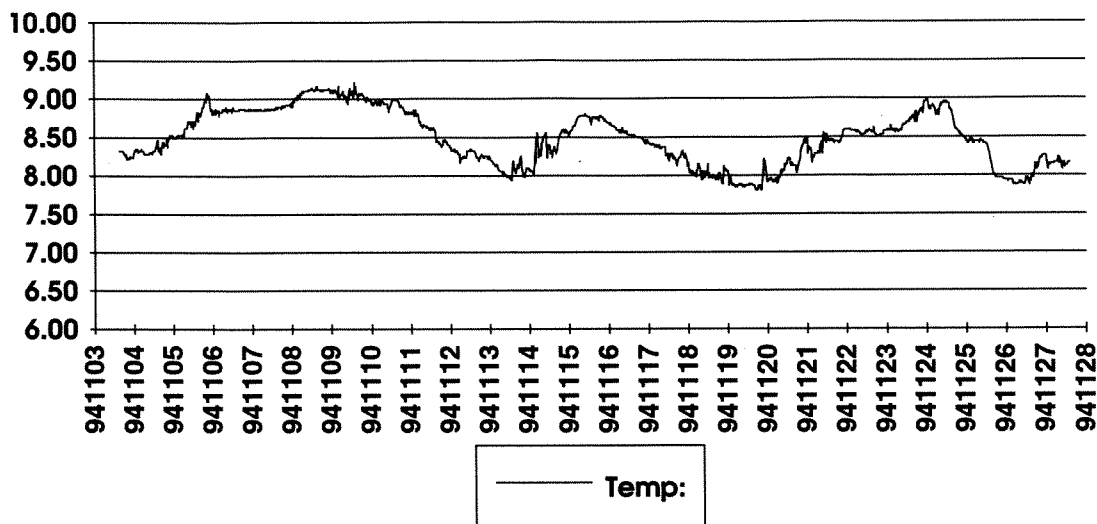
Figur A7. Målt strømfart (cm/s) i 12 m dyp, ytre posisjon (A) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.



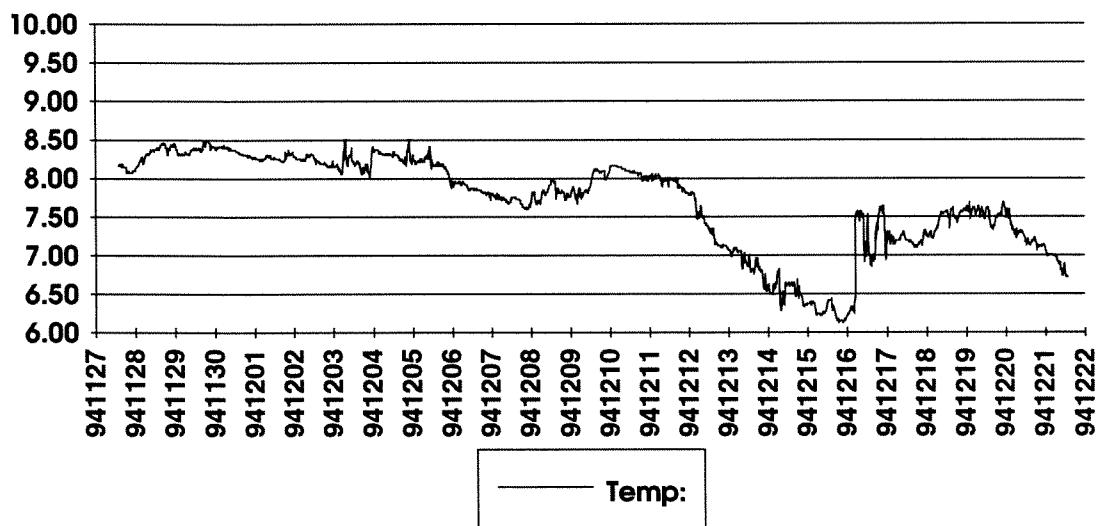


**Figur A8.** Målt strømretning (grader) i 12 m dyp, ytre posisjon (A) i Sørværet 3/11 - 21/12 1994.

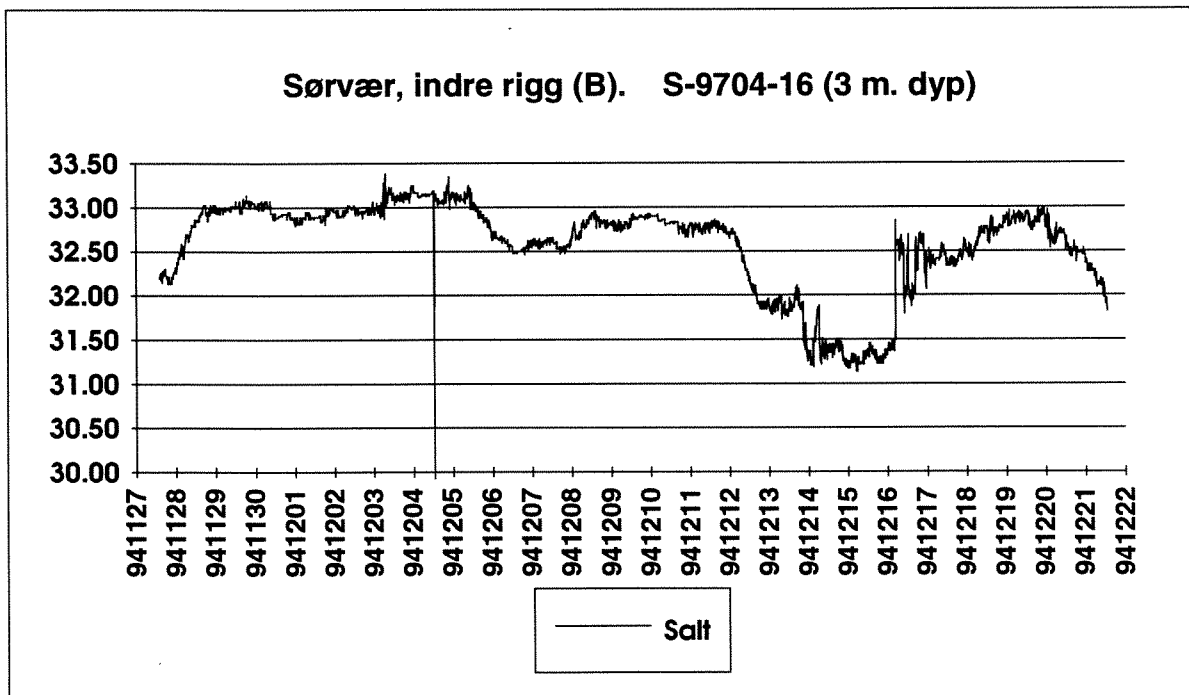
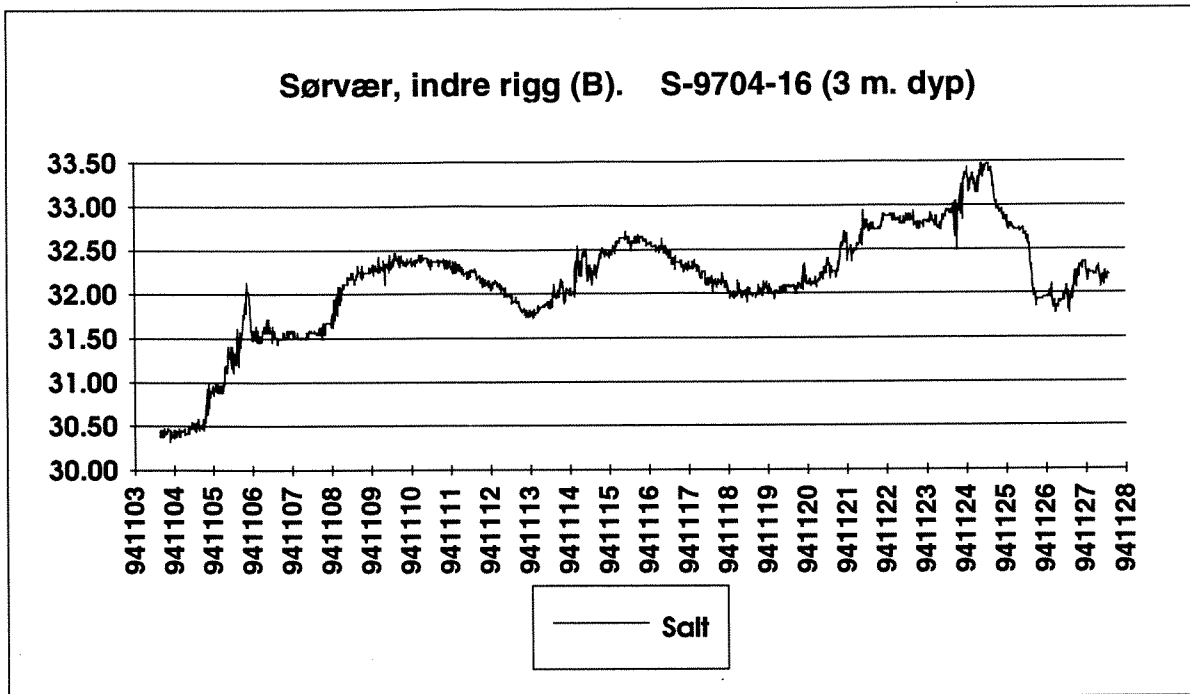
Sørvær, indre rigg (B). S-9704-16 (3 m. dyp)



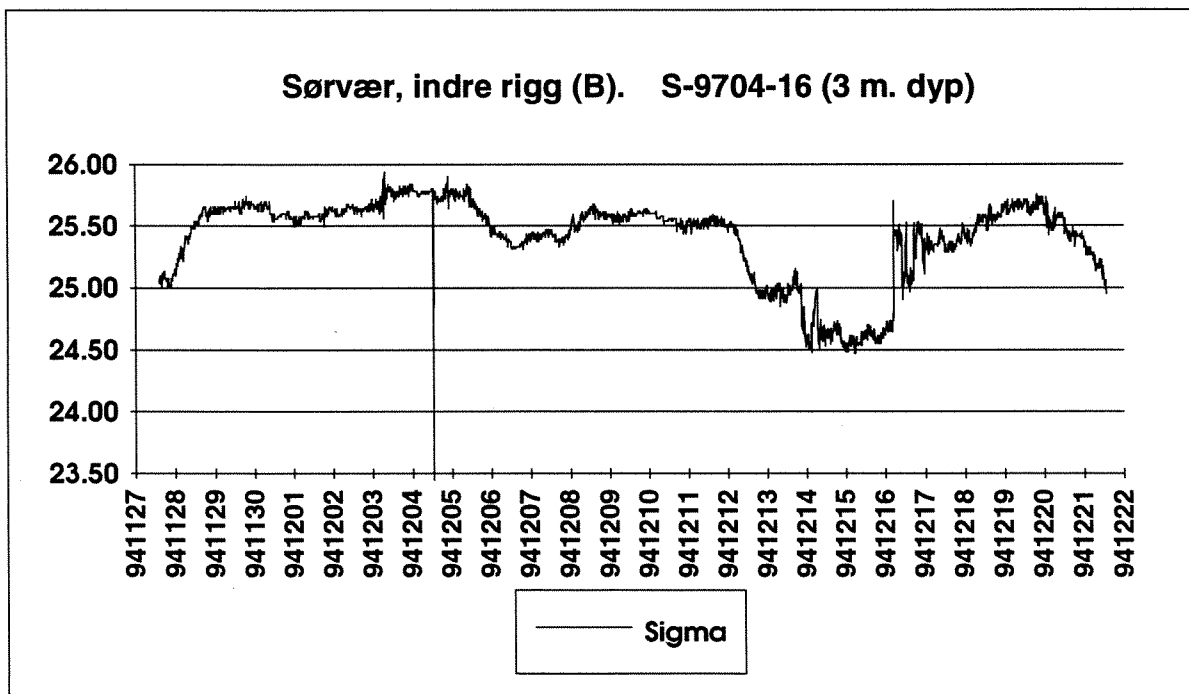
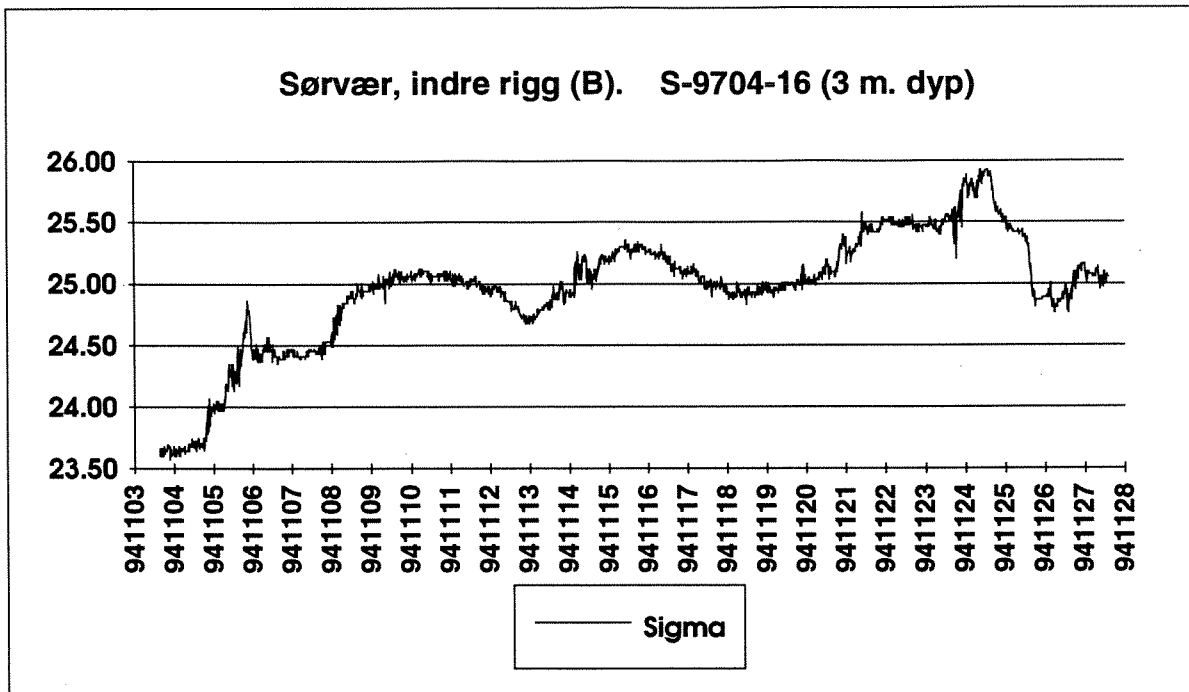
Sørvær, indre rigg (B). S-9704-16 (3 m. dyp)



Figur A9. Målt sjøtemperatur (°C) i 3 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.

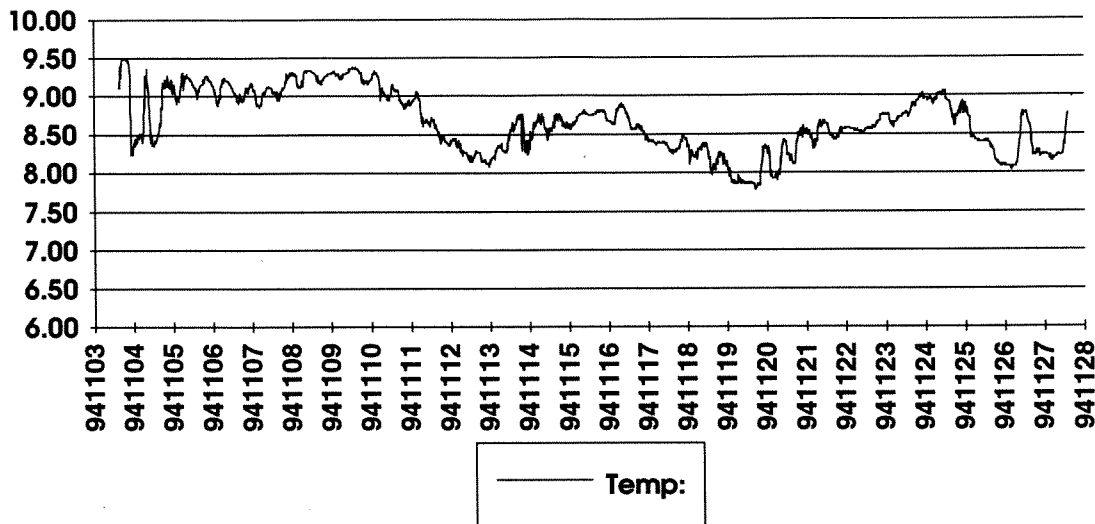


Figur A10. Målt Salinitet (ppt) i 3 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.

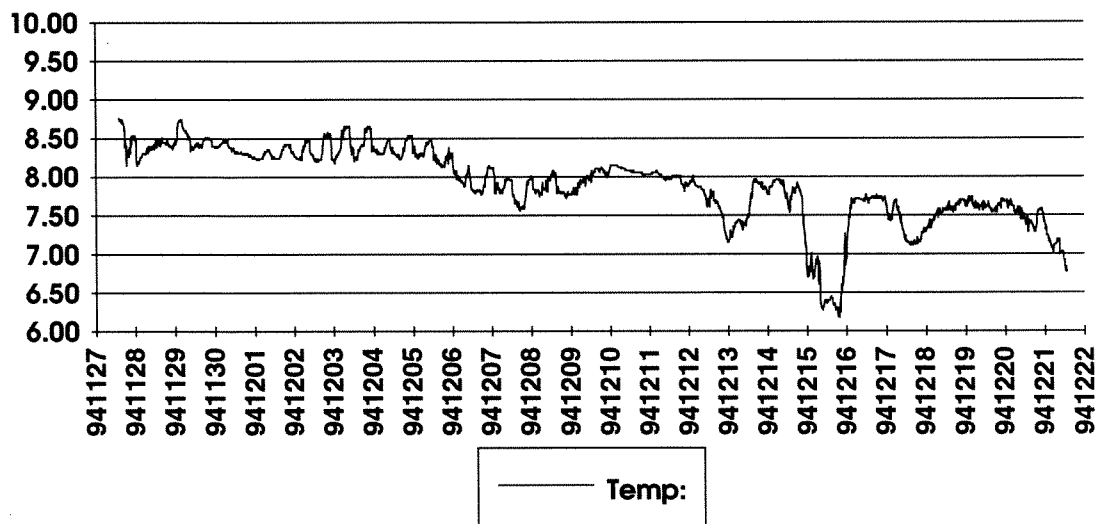


**Figur A11.** Beregnet densitet for sjøvannet (enhet  $\text{kg/m}^3 - 1000$ ) i 3 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.

Sørvær, indre (B). S-11327-2 (12 m. dyp)

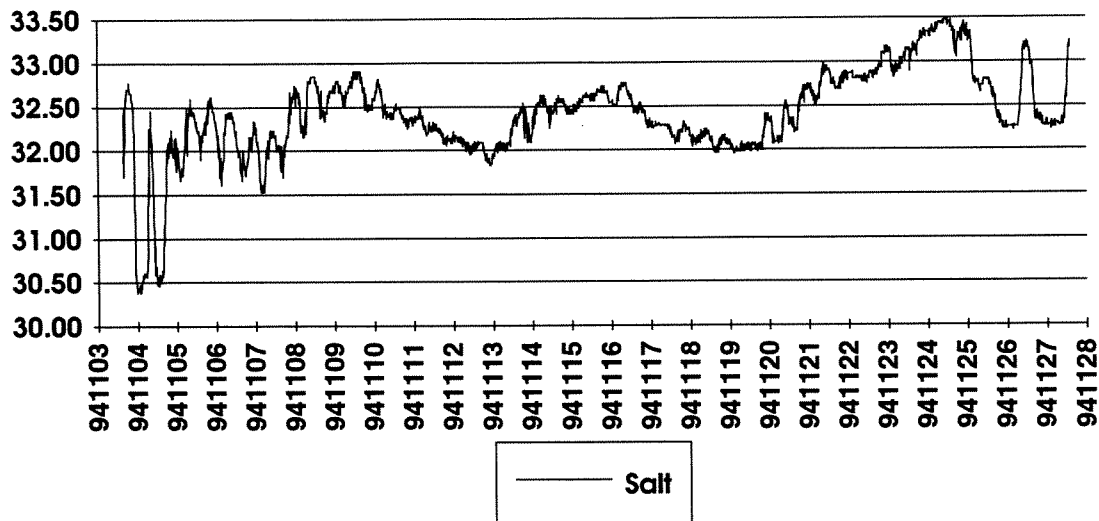


Sørvær, indre (B). S-11327-2 (12 m. dyp)

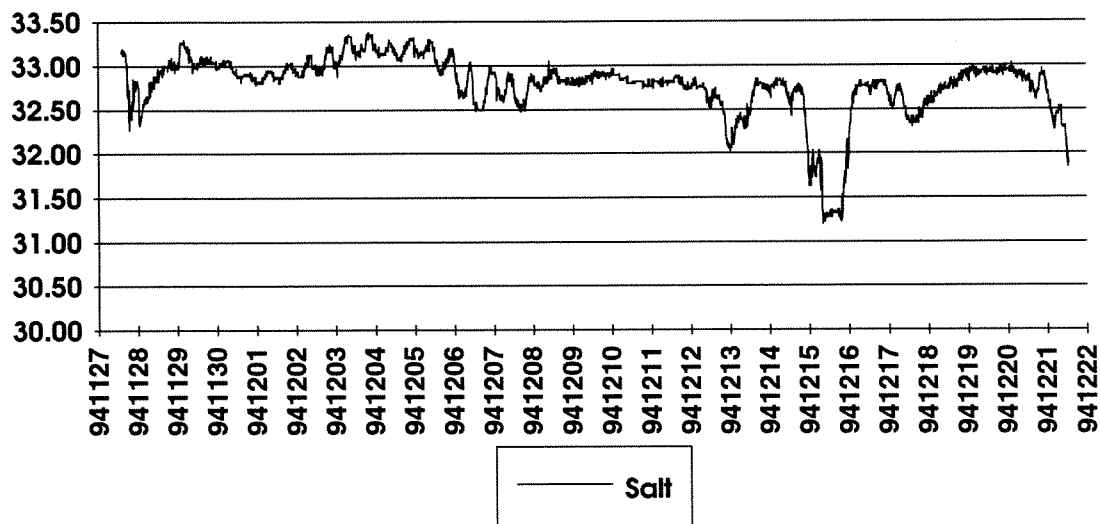


Figur A12. Målt sjøtemperatur (°C) i 12 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.

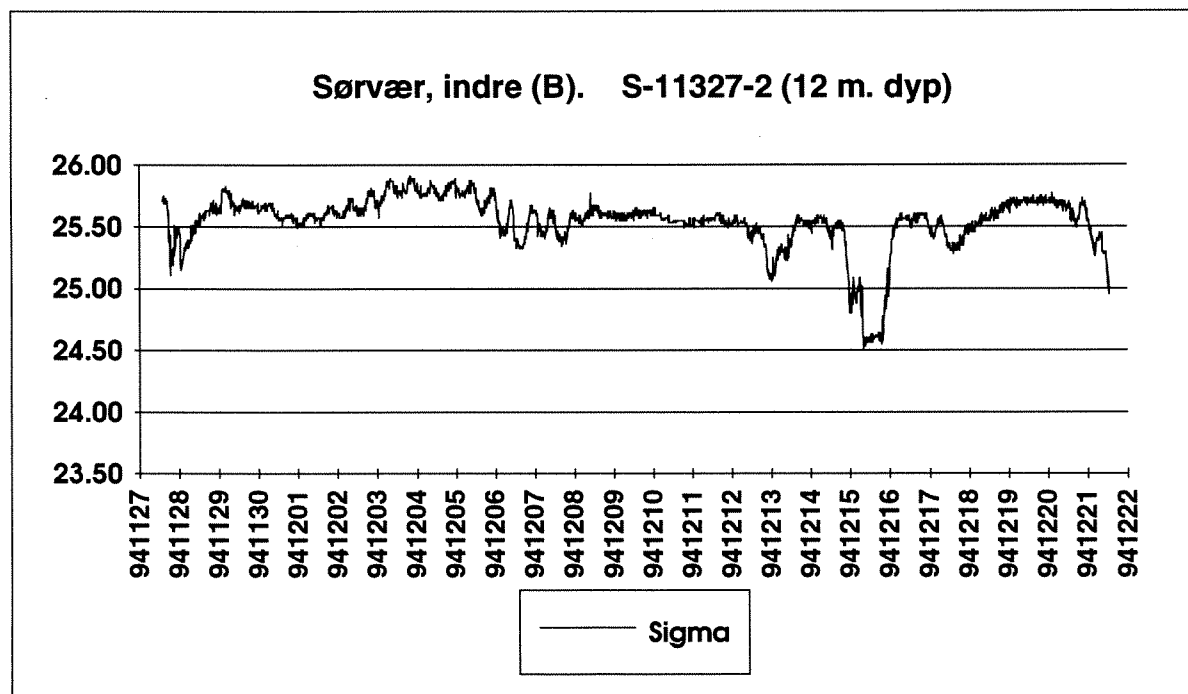
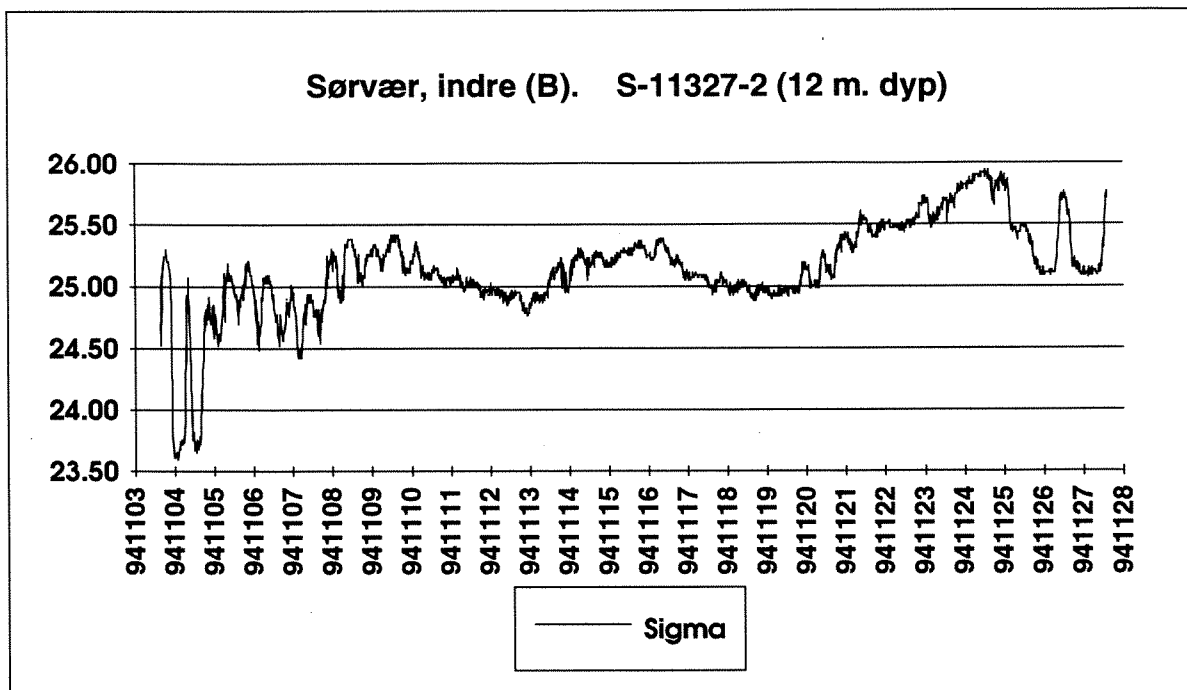
Sørvær, indre (B). S-11327-2 (12 m. dyp)



Sørvær, indre (B). S-11327-2 (12 m. dyp)



Figur A13. Målt Salinitet (ppt) i 12 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.



Figur A14. Beregnet densitet for sjøvannet (enhet kg/m<sup>3</sup> - 1000) i 12 m dyp i indre posisjon (B) i Sørværet, i perioden 3/11 - 21/12 1994.

APPENDIKSTABELL 1

Kopi fra SFT - VEILEDNING NR. 93:02

## Klassifisering av tilstand Virksomheter av næringsalter og organiske stoffer

	Parametre	Tilstandsklasser				
		I "God"	II "Mindre god"	III "Nokså dårlig"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"
Overflatelag Sommer (mai-september)	Total fosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )*	<12	12-16	16-29	29-60	>60
	Fosfat-fosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )*	<4	4-7	7-16	16-50	>50
	Total nitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<250	250-330	330-500	500-800	>800
	Nitrat-nitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<12	12-23	23-65	65-250	>250
	Ammonium-nitr. ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<19	19-50	50-200	200-325	>325
	Klorofyll <i>a</i> ( $\mu\text{g/l}$ ) Siktedyp (m)	<1.9 >7.5	1.9-3.4 7.5-6.2	3.4-7.3 6.2-4.5	7.3-20 4.5-2.5	>20 <2.5
Overflatelag Vinter (november- februar)	Total fosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )*	<21	21-25	25-42	42-60	>60
	Fosfat-fosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )*	<16	16-21	21-34	34-50	>50
	Total nitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<295	295-380	380-560	560-1300	>1300
	Nitrat-nitrogen ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<90	90-125	125-225	225-350	>350
	Ammonium-nitr. ( $\mu\text{g N/l}$ )*	<33	33-75	75-155	155-325	>325
Dypvann	Oksygen ( $\text{ml O}_2/\text{l}$ ), middelverdi over året	>5.3	5.3-3.8	3.8-1.0	1.0-0.0	H <sub>2</sub> S
	Oksygen ( $\text{ml O}_2/\text{l}$ ), minimum over året	>3.2	3.2-1.0	1.0-0.0	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S
Sedimenter	Organisk karbon (mg C/g)	<30	30-48	48-70	70-130	>130
	Organisk nitrogen (mg N/g)	<2.7	2.7-4.2	4.2-5.9	5.9-7.5	>7.5
Artsmangfold for bløtbunnsfauna	Hurlberts indeks ( $ES_{n=100}$ )	>18.5	18.5-12	12-7	7-4	<4
	Shannon-Wiener indeks (H)	>3.1	3.1-2.1	2.1-1.3	1.3-0.8	<0.8

\* Omregningsfaktor til  $\mu\text{g-at/l}$  er 1/31 for fosfor og 1/14 for nitrogen.



---

**NIVA**



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

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

ISBN 82-577-2788-1