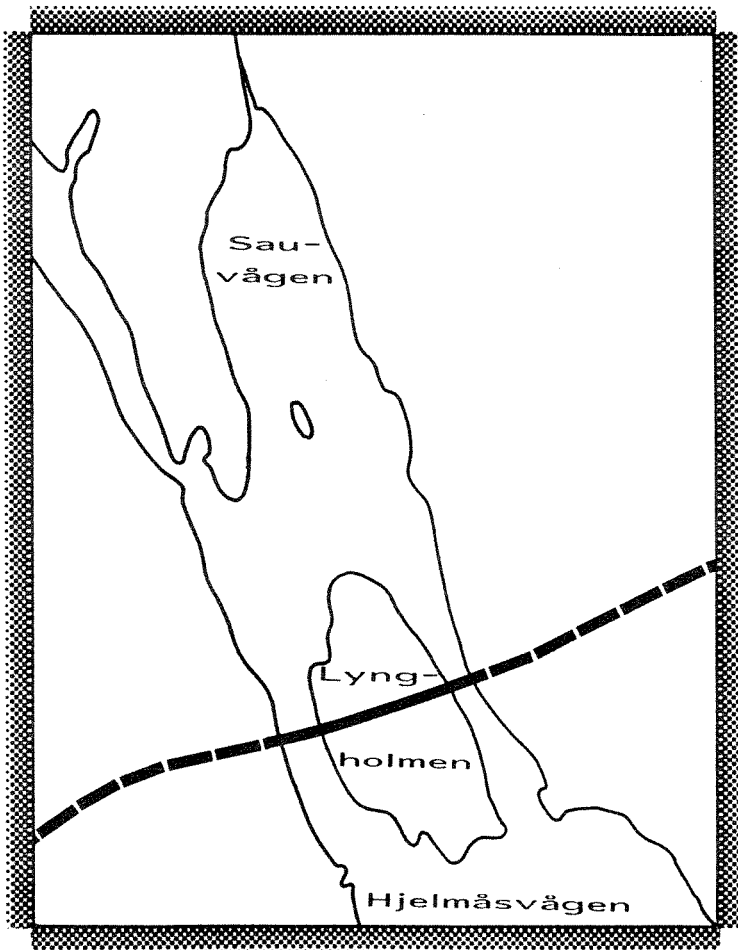


# SAUVÅGEN

Lindås kommune

Utskiftingstilhøve og konsekvensar  
av vegfylling i vestre løpet.

O-87193



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

**Hovedkontor**  
Postboks 33, Blindern  
0313 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80  
Telefax (02) 39 41 29

**Sørlandsavdelingen**  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033  
Telefax (041) 42 709

**Østlandsavdelingen**  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**  
Breiviken 5  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 95 17 00  
Telefax (05) 25 78 90

|                                |
|--------------------------------|
| Prosjektnr.:<br><b>O-87193</b> |
| Undernummer:                   |
| Løpenummer:<br><b>2092</b>     |
| Begrenset distribusjon:        |

|  |  |
|--|--|
| Rapportens tittel:<br><b>Sauvågen, Lindås kommune.<br/>Utskiftingstilhøve og konsekvensar av vegfylling i<br/>vestre innløpet.</b> | Dato:<br><b>Febr. 1988</b>               |
| Forfatter (e):<br><b>Lars G. Colmen</b>  | Prosjektnummer:<br><b>O-87193</b>        |
|  | Faggruppe:<br><b>Miljøteknisk</b>        |
|  | Geografisk område:<br><b>Hordaland</b>   |
|  | Antall sider (inkl. bilag):<br><b>38</b> |

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Oppdragsgiver:<br><b>Statens Vegvesen, Hordaland</b> | Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.): |
|--|----------------------------------|

Ekstrakt:

I samband med omlegging av RV 14 er det planlagt vegfylling over vestre innløpet til Sauvågen i Lindås kommune. Vegfyllinga vil halvere det effektive gjennomstrøymingsarealet til Sauvågen. Vasskvalitet og sediment i vågen er prega av sterk organisk belastning. For ikkje å forverre tilhøva ytterlegare, vert det tilrådd å legge tre røyr (kulvertar) med min. diamanter 1,5 m gjennom vegfyllinga. To av røyra bør dekke overflateinnstrøyming, og eit røyr straum på terskelnivå.

- 4 emneord, norske:
1. Vegfylling
  2. Straumtilhøve
  3. Eutrofiering
  - 4.

- 4 emneord, engelske:
- 1.
  - 2.
  - 3.
  - 4.

Prosjektleder:

*Lars G. Colmen*

For administrasjonen:

*[Signature]*

ISBN - 82-577-1363-5

**Sauvågen, Lindås kommune**

**Utskiftingstilhøve og konsekvensar  
av vegfylling i vestre innløpet.**

**O - 87193**

**Lars G. Golmen  
Prosjektleder**

|

INNHALDSLISTE:

FIGURLISTE

FORORD

|   |    |
|---|----|
| SAMANDRAG OG KONKLUSJONAR. . . . .                      | 2  |
| 1. INNLEIING. . . . .                                   | 4  |
| 1.1. <u>Bakgrunn for prosjektet.</u> . . . . .          | 4  |
| 1.2. <u>Geografiske tilhøve. Topografi.</u> . . . . .   | 4  |
| 1.3. <u>Ferskvasstilrenning og organisk belastning.</u> | 8  |
| 2. GENERELT OM HYDROGRAFI OG UTSKIFTING. . . . .        | 9  |
| 2.2. <u>Djupvassutskifting</u> . . . . .                | 10 |
| 2.3. <u>Islegging.</u> . . . . .                        | 11 |
| 3. FELTMÅLINGSPROGRAMMET. . . . .                       | 15 |
| 3.1. <u>Straummålingar.</u> . . . . .                   | 15 |
| 3.2. <u>Hydrografi.</u> . . . . .                       | 15 |
| 3.3. <u>Andre prøver.</u> . . . . .                     | 17 |
| 3.4. <u>Vértilhøve i måleperioden.</u> . . . . .        | 17 |
| 4. DATAPRESENTASJON. . . . .                            | 19 |
| 4.1. <u>Straummålingar.</u> . . . . .                   | 19 |
| 4.2. <u>Hydrografi.</u> . . . . .                       | 25 |
| 4.3. <u>Andre prøver.</u> . . . . .                     | 29 |
| 5. DISKUSJON. . . . .                                   | 30 |
| 5.1. <u>Dagens tilstand.</u> . . . . .                  | 30 |
| 5.2. <u>Dagens utskiftingstilhøve.</u> . . . . .        | 31 |
| 5.3. <u>Verknader av vegfyllinga.</u> . . . . .         | 33 |
| REFERANSAR: . . . . .                                   | 35 |

## FIGURLISTE.

- Fig. 1.1. Sauvågen, med innteikna vegtrasé. 5
- Fig. 1.2. Fjordområdet rundt Osterøy, med detaljutsnitt av Hjelmåsvågen og Sauvågen (frå sjøkart nr. 119). 7
- Fig. 2.1. Observert islegging i fjordane kring Osterøy 22/2 1982. Frå Seimog Sæther, 1985. 11
- Fig. 2.2. Frysepunktet og tetthetsmaksimum for sjøvatn, som funksjon av salinitet. Eksempel syner  $T_c$  for tetthetsmaksimum for vilkårleg salinitet  $S_c$ . Sjå teksten (etter Neuman og Pierson, 1966). 12
- Fig. 2.3. Skjematisk isopletdiagram av tetthet som funksjon av djup og tid i øvre (brakkvass)laget. Ein konstant avkjølingsrate  $Q_t$  fører først til tyngre vatn i øvre lag og nedbryting av sprangsjikt. Når temperatur  $T_c$  (sjå fig. 2.1) er nådd, skaper vidare avkjøling eit tynt sjikt øverst, som hurtig lar seg vidare avkjøle inntil frysing opptrer. 13
- Fig. 3.1. Sauvågen, med innteikna posisjonar for hydrografiske målingar (S-) og straummålingar (R-) i november-desember 1987. 16
- Fig. 3.2 Vindobservasjonar i Bergen 1/11-30/12 1987. Blant dei daglege registreringane kvar sjette time er observasjonen med sterkast vind presentert. Tala langs horisontalaksen er Juliansk dag nr. 18
- Fig. 4.1. Tidsseriar av straumfart (øverst), samt aust-vest komponent (U) og nord-sør komponent (V) av straum for Rigg 1, 1 m djup. Heiltrekt kurve representerer filtrerte verdiar (25 timars glidande middel). Negative verdiar representerer h.h.v. vest- og sørgående straum. 20
- Fig. 4.2. Tidsseriar av straumfart (øverst), samt aust-vest komponent (U) og nord-sør komponent (V) av straum for Rigg 2, 1 m djup. Heiltrekt kurve representerer filtrerte verdiar (25 timars glidande middel). Negative verdiar representerer h.h.v. vest- og sørgående straum. 21
- Fig. 4.3. Tidsseriar av straumfart (øverst), samt aust-vest komponent (U) og nord-sør komponent (V) av straum for Rigg 2, 5 m djup. Heiltrekt kurve representerer filtrerte verdiar (25 timars glidande middel). Negative verdiar representerer h.h.v. vest- og sørgående straum. 22

- Fig. 4.4. Statistisk fordeling av straumobservasjonane i 1 meters djup på R1 (nederst) og R2. Rosa til venstre viser prosentvis fordeling av retningsobservasjonane i ulike intervall. Rosa til høgre syner midlare straumstyrke i resp. intervall. Rosa i midten er "produktet" av dei to andre rosene, og gjev eit inntrykk av nettostraum. 23
- Fig. 4.5. Progressivt vektordiagram for R2, 5 m djup. Kvar retning-fart observasjon er addert vektorielt til foregåande observasjon, etter at dei opprinnelege data er blitt filtrert (halvdagleg tidevatn fjerna). I løpet av måleperioden er nettostraum retta mot nordvest, dvs. inn i Sauvågen (sjå teksten). Dato for kvar 5. dag markert. 24
- Fig. 4.6. Vertikalprofilar av salinitet (SAL) og temperatur (TEM), tetthet (SGM) og oksygeninnhald (OXY) på stasjonane S1 og S2 26/11 1987. På stasjon S2 blei ingen sonde-registrering av oksygen foretatt, men vassprøve verdiane i 12 meter er markert. 26
- Fig. 4.7. Vertikalprofilar av salinitet (SAL), temperatur (TEM), tetthet (SGM) og oksygen (OXY) på stasjonane S2 og S3 20/12 1987. 27
- Fig. 4.8. Tidsseriane av temperatur (alle instrument) samt salinitet (S) og tetthet (X) for nederste instrument på rigg 2. 28
- Fig. 5.1. Skisse av sannsynleg vertikalfordeling av middelstraum i austre Sauvågen. Skraverte område indikerer område med dårleg utskifting. 31

## FORORD.

I eit brev datert 13/10 1987 fekk NIVA Vestlandsavdelinga forespurnad frå Statens Vegvesen i Hordaland ved M. Follevåg, om å vurdere utskiftingstilhøva i Sauvågen i Lindås. Bakgrunnen for forespurnaden var planane om ny trasé for riksveg 14 over Lyngholmen i innløpet til Sauvågen. Vegtraséen ville medføre gjennfylling av det vestre innløpet til vågen. Spørsmålet var kor stor gjennomstrøyming som bør oppretthaldast gjennom fyllinga ved hjelp av røyr eller kulvertar.

Prosjektet har hatt ei svært kort tidsramme (ca. 2 månadar). I løpet av denne tida skulle både feltarbeid, straummålingar, laboratorieanalyser, databearbeiding og rapportskriving utførast, med tidsfrist 1/2 1988. Sidan tidsramma har umuleggjort målingar i sommar-halvåret, har belastnings- og budsjettberekningar vanskeleg latt seg utføre. Eit rapportutkast blei levert Vegkontoret innan fristens utløp, slik at Vegkontoret kunne kome med kommentarar før den endelege rapporten blei trykt.

Prosjektleder på NIVA har vore forskar Lars G. Golmen. Sekretær Inger Midttun har gjort skrivearbeidet på rapporten. Svein Østerhus stilte med båt, og var behjelpelig med feltarbeidet. Johan Ahlfors og Terje Hopen ved NIVA-Oslo, samt Steinar Myking ved Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen, har vore behjelpelig med databearbeiding.

## SAMANDRAG OG KONKLUSJONAR.

I samband med Hordaland Vegkontor sine reguleringsplanar for Rv. 14 i Hjelmås, er det planlagt vegfylling over vestre sundet i innlaupet til Sauvågen. For å vurdere dagens utskiftingstilhøve, samt dimensjonar på røyr/kulvertar gjennom fyllinga, foretok NIVA strømmålingar i austre og vestre innlaupet til Sauvågen i perioden november-desember 1987. Det blei også tatt vassprøver og sedimentprøver, samt ordinær hydrografi.

Sedimentprøva synte høgt innhald av organisk materiale i indre deler av vågen. Vassprøvene synte relativt høge verdiar av næringsalt, trass i at prøvene blei tekne seint på året. Viktigaste kjelda til belastninga er Marin Kultur A/S.

Straummålingane synte at overflatestraumen (tidevatn) var nokolunde like sterk i vestre og austre sundet. Like over terskelen i austre sund blei det registrert netto innoverretta straum (kompensasjonsstraum).

Sauvågen er sær s følsam for islegging, grunna særskilte hydrografiske tilhøve.

Gjenfyllinga av vestre sundet vil tilnærma halvere effektivt gjennomstrøymingsareal til Sauvågen. For å redusere negative verknader for vestre del av Sauvågen, samt Fyllingavågen, vert det tilrådd å legge tre røyr/kulvertar i fyllinga: Eit røyr så djupt som mogeleg (evt. litt nedgravd) på terskelen i vestre sundet, med min. diameter 1 meter. Vidare 2 røyr (min. diam. 1.5 m) i vassflata. Desse to røyra bør leggest med rimeleg stor horisontal separasjon (ca. 25 meter), samt slik at dei dekkjer intervallet høg-lavvatn.



Dei nemnde tiltaka må sjåast i samband med at Marin Kultur A/S iverkset snarlege tiltak for å redusere utsleppa til Sauvågen.

## 1. INNLEIING.

### 1.1. Bakgrunn for prosjektet.

Den nye vegparsellen for riksveg 14 gjennom Hjelmås i Lindås kommune, skal etter Hordaland vegkontor sine planar gå over Lyngholmen i utlaupet av Sauvågen, fig. 1.1. På austsida av Lyngholmen skal det byggast bru. I det vestre løpet er det imidlertid planlagt vegfylling, eventuelt med kulvertar igjennom for å oppdretthalde ein viss vassirkulasjon gjennom dette løpet. Hovudføremålet med denne rapporten er å vurdere naudsynt dimensjon av eventuelle kulvert(ar), slik at vasskvaliteten inne i Sauvågen ikkje blir forverra på grunn av vegfyllinga. Det var på førehand kjent at Sauvågen har relativt dårlege utskiftingstilhøve, slik at ein måtte vere varsam med tiltak som kunne gjere tilhøva endå verre.

### 1.2. Geografiske tilhøve. Topografi.

Sauvågen ligg i inste enden av Hjelmåsvågen, som ligg på nordsida av Osterfjorden.

Sauvågen er omlag 600 m lang (rekna frå inst ved elveutlaupet (sjå fig. 1.1) til midtvegs i innlaupet på kvar side av Lyngholmen). Breidda varierer mellom 150 meter i inste delen til 250 m (max.) i ytre del. Den omlag 600 m lange Fyllingavågen har sitt utlaup over ein omlag 2 meter djup, og svakt markert terskel i den vestre delen av Sauvågen. Frå Sauvatnet (8 m o.h.) renn det ei elv som munnar ut i inste enden av Sauvågen.

Utlaupet på vestsida av Lyngholmen er om lag 40 meter breidt, og med terskeldjup om lag 2 m omtrent der vegfyllinga vil gå, (sjå fig. 1.1.). Det austre laupet er om lag 20 meter breidt, og har terskeldjup rundt 6 meter.

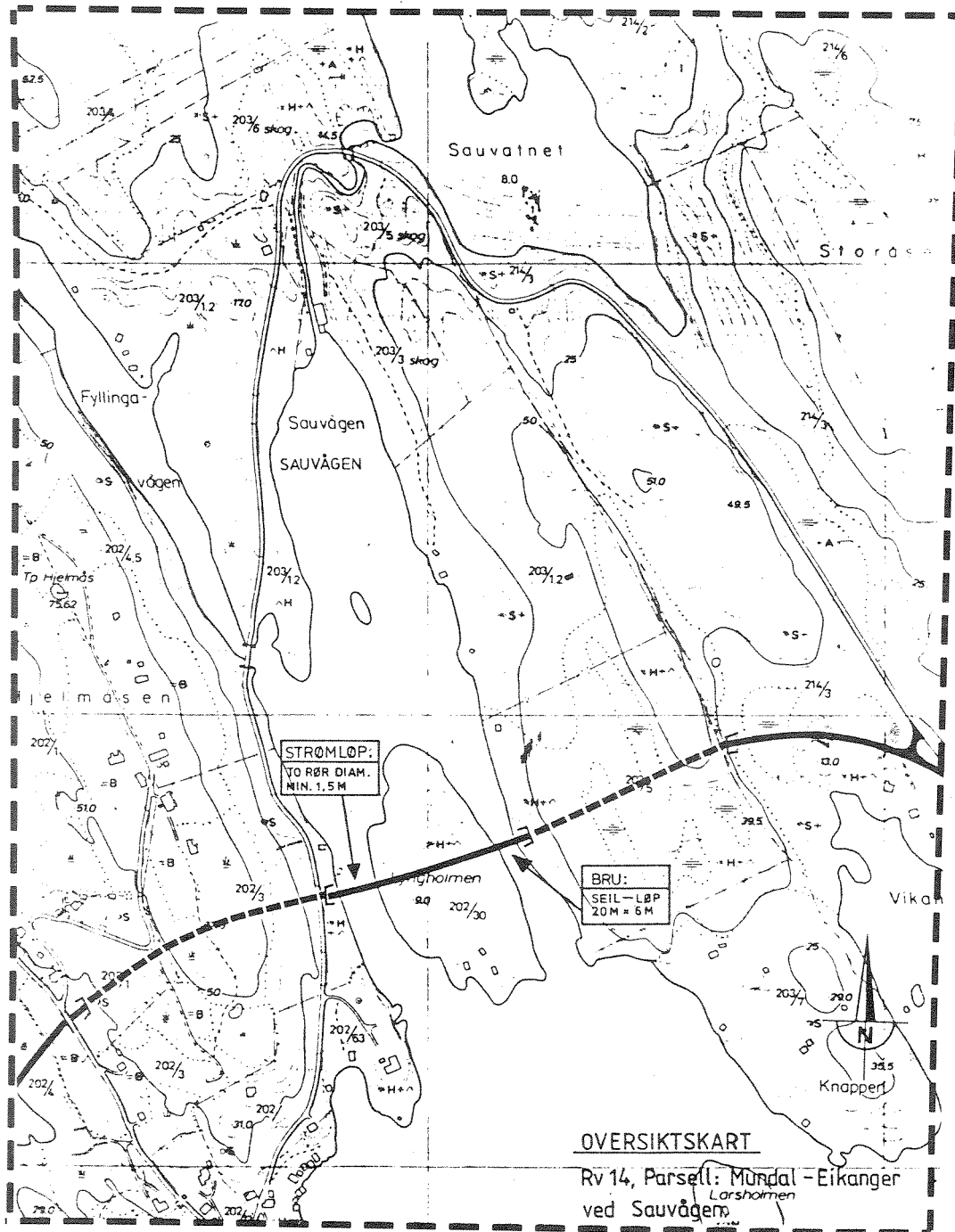


Fig. 1.1. Sauvågen, med innteikna vegtrasé.

Største djup inne i Sauvågen er om lag 13 meter, like innafor austre utlaup. På vestsida av Lyngholmen, like innafor terskelen, er det ei hule med djup rundt 10 meter. I følgje våre opploddingar skrånar botnen relativt jamt innover i vågen. Vi har estimert overflateareal, og vassvolum av vatn over og under terskeldjup, samt totalt vassvolum. Desse tala er presentert i tabell 1.1.

Tab. 1.1. Volum og areal for Sauvågen.

|                                      |                        |
|--------------------------------------|------------------------|
| Overflateareal:                      | 100.000 m <sup>2</sup> |
| Gjennomstrøymingsareal vestre løp:   | 100 m <sup>2</sup>     |
| ----- " ----- austre løp:            | 120 m <sup>2</sup>     |
| Bassengvolum samla:                  | 560.000 m <sup>3</sup> |
| ---- " ---- under terskeldjup (6 m): | 150.000 m <sup>3</sup> |

Av tabell 1.1 framgår det at vestre og austre innløp har omtrent likt tverrsnittsareal. Vassvolumet under terskelnivå utgjer omlag 25% av samla bassengvolum. Fyllingavågen er ikkje medrekna i tabell 1.1. Dens overflateareal er anslått til 28.000 m<sup>2</sup>, og vassvolumet til 80.000 m<sup>3</sup>.

Sauvågen munnar ut i Hjelmåsvågen (fig. 1.2). Denne vågen er topografisk sett delt i to av ein langsgåande rygg med enkelte holmar og skjær som stikk over havflata. Den vestlege renna som har mest tilknytning til Sauvågen, har djupder rundt 35 meter sørover inntil det brått djupner mot Osterfjorden.

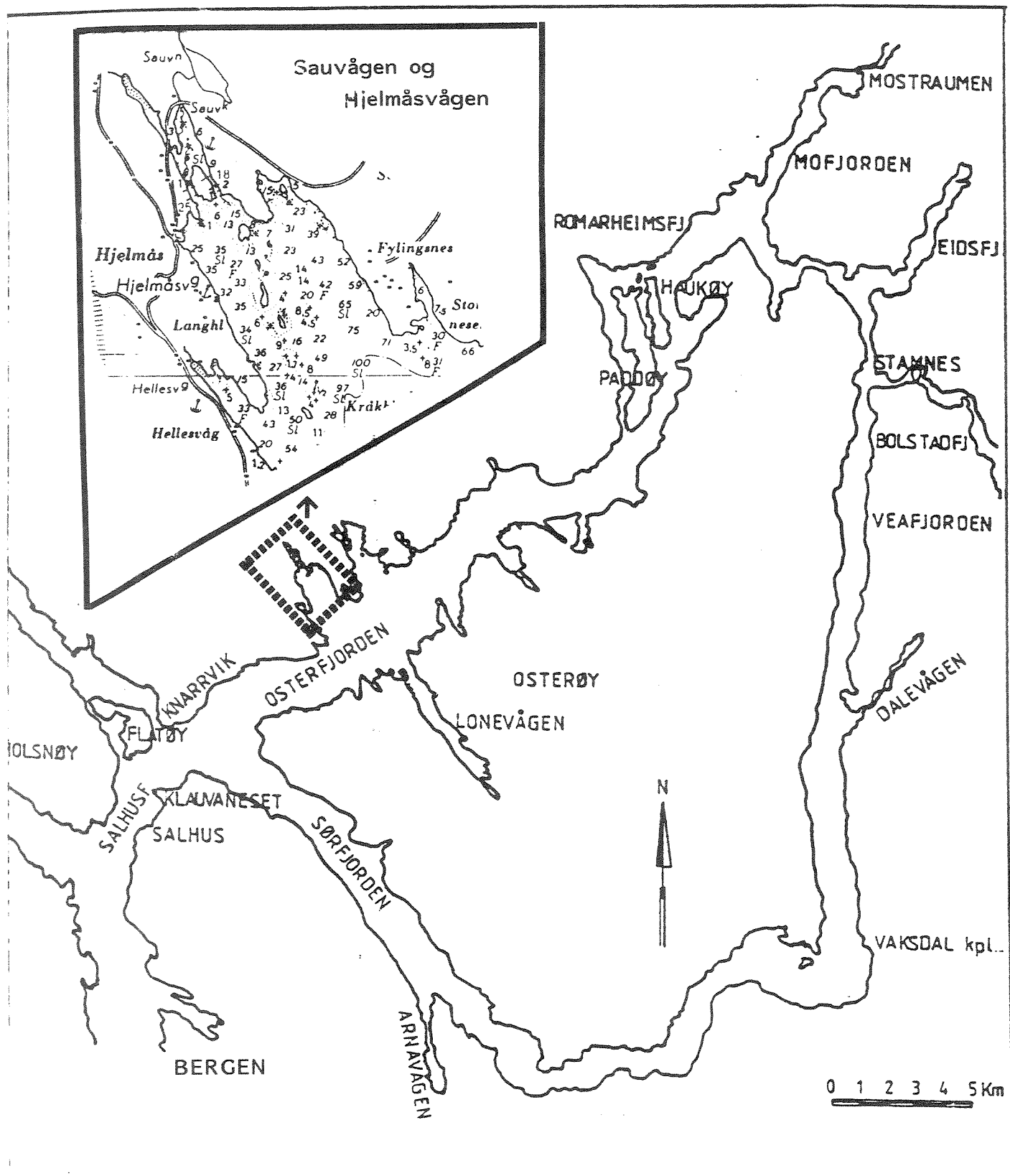


Fig. 1.2. Fjordområdet rundt Osterøy, med detaljutsnitt av Hjelmåsvågen og Sauvågen (frå sjøkart nr. 119).

### 1.3. Ferskvasstilrenning og organisk belastning.

Største ferskvasstilrenninga til Sauvågen kjem gjennom elva frå Sauvatnet. Middelvassføringa er her estimert til 7-8 m<sup>3</sup>/min. (J. Johannessen, Marin Kultur A/S, pers. medd.). Inst i Fyllingavågen renn ei elv ut med middelvassføring rundt 3 m<sup>3</sup>/min. Eit vesentleg bidrag til organisk belastning kjem frå settefiskanlegget til Marin Kultur A/S inst i Sauvågen, der det har vore dreve produksjon i 15 år. Produksjonen i dag ligg rundt 200 - 300.000 smolt. Det er planlagt å montere rensefilter på avlaupsvatnet i løpet av 1988. I tillegg til smoltproduksjonen går det tidvis ein del 2 års laks i merdanlegg eit stykke utafor elveutlaupet. I den seinare tid er desse merdane blitt skjerma med presenning, og vatn pumpa inn frå lenger ute i Sauvågen. Dette for å hindre problem med oppstrøyming av dårleg djupvatn (J. Johannessen, pers. medd.). Rundt Sauvågen er det for øvrig liten busetnad eller annan aktivitet. Både her og i Fyllingavågen opplever ein tidvis kraftig algeoppblomstring, med mykje grønalger langs strendene.

## 2. GENERELT OM HYDROGRAFI OG UTSKIFTING.

Dei viktigaste faktorane som bestemmer utskiftingstilhøva i Sauvågen, vil vere vind, tidevatn og ferskvasstilrenninga. Sjuktningstilhøva lokalt vil vere avgjerande på kor effektiv vind-transporten vil vere. Hydrografiske tilhøve avgjer og kor følsom vågen til ei kvar tid er overfor avkjøling og islegging. Sauvågen vil til ei kvar tid vere påverka av endringar i tilhøve ute i Osterfjorden.

### 2.1. Overflatestraum.

Utskiftinga av overflatevatn er viktig for å få transportert suspendert organisk materiale (materiale med liten synkehast.) ut av vågen. Jamn ferskvasstilrenning vil oppretthalde ein utoverretta brakkvass-straum. Brakkvatnet blir danna ved blanding mellom utstrøymande ferskvatn og underliggande fjordvatn. Graden av blanding vil avhenge m.a. av ferskvass-fluksen, lengda på fjorden/vågen og tetthetskontrast mellom overflatelaget og fjordvatnet under. På grunn av denne blandinga vil overflate-(brakkvass-)straumen tilta i styrke og mektighet utetter fjorden/vågen.

I eit vilkårleg punkt i fjorden vil denne straumen,  $Q$ , under gjevne føresetnader vere lik  $Q_F \times \frac{S_2}{S_2 - S_1}$

der  $Q_F$  er ferskvasstilrenninga,  $S_1$  og  $S_2$  er salinitet i h.h.v. øvre lag og djupvatnet (Pickard, 1975). Brakkvassfluksen  $Q$  blir gradvis sterkare utover, etter som  $(S_2 - S_1)$  avtar.

Tidevatnet vil også influere på straumen i overflatelaget, med periodevis transport ut og inn over terskelen. Dersom den ferskvassdrevne transporten ut er sterk nok, vil tidevatnet berre modulere denne straumen (straum alltid utover).

For eit basseng med tidevassforskjell  $dh$ , og overflateareal  $A$ , vil eit volum lik  $A \times dh$  strøyme inn og ut i løpet av ein tidevass-syklus, som på våre kantar er tilnærma halvdagleg (12,5 timar). Om ein antar at tidevatnet følgjer ei sinus-kurve, vil midlare inngåande eller utgåande tidevasstraum i utløpet vere lik

$$Q_E = \frac{2 A \cdot dh}{T \cdot A_1}, \text{ der } T \text{ er tidevassperioden (12,5 timar)}$$

og  $A_1$  er gjennomstrøymingsarealet i utløpet. Maksimal tidevasstraum  $V_{max}$  (gjennom utlaupet) vil vere bestemt av uttrykket (forutsatt sinus-form på tidevasskurven):

$$A \cdot dh = \int_0^{T/2} A_1 (t) \cdot v (t) dt = 2 A_1 \int_0^{T/4} V_{max} \cdot \sin \frac{2 \pi (t - t_0)}{T} dt$$

$$\text{som gir } V_{max} = \frac{\pi \cdot A \cdot dh}{A_1 \cdot T}$$

Vi har her forutsatt at  $dh$  er tilstrekkeleg liten i forhold til djupna i utløpet, slik at  $A_1$  kan reknast som konstant.

Den effektive tidevassutskiftinga (pr. tidevasssyklus) vil i røynda vere ein brøkdel av tidevassvolumet  $A \cdot dh$ , sidan ein del av ustrøymande vatn ved fallande sjø vil bli dradd inn att når det flør.

## 2.2. Djupvassutskifting

er eit omgrep som særleg er knytta til fjordar og lukka sjøområde med terskel. Dei forannemnde utskiftingsmekanismane vil i hovudsak influere på den del av vassøyla som ligg over (grunnare enn) terskeldjupet. Djupvassutskiftinga er oftast ein langsam prosess, der vertikal diffusjon spelar ei viktig rolle. Innimellom vil tungt vatn utanfra skylle over terskelen. Dersom dette vatnet er tungt nok vil det fortrenge (deler av) det gamle botnvatnet, som blir løfta opp og sidan transportert ut med overflatestraumen. Periodevis stagnant botnvatn medfører dårlege oksygen-



tilhøve, og jamvel total oksygen vikt, med  $H_2S$  utvikling i botn (Molvær m.fl. 1985).

### 2.3. Islegging.

Sauvågen er følsam for islegging. Sjølv med plussgrader i lufta kan det tidvis legge seg is i vågen. På NIVAs tokt til Sauvågen 26/11 1987 blei det observert 1-2 cm ny is (sjå kapittel 3). Frysinga starta truleg om natta, men syntes å halde fram ut over dagen, til tross for solskinn og varmegrader, både i lufta og i sjøen under isen. Også Hjelmåsvågen er tidvis islagt. Sjå fig. 2.1.

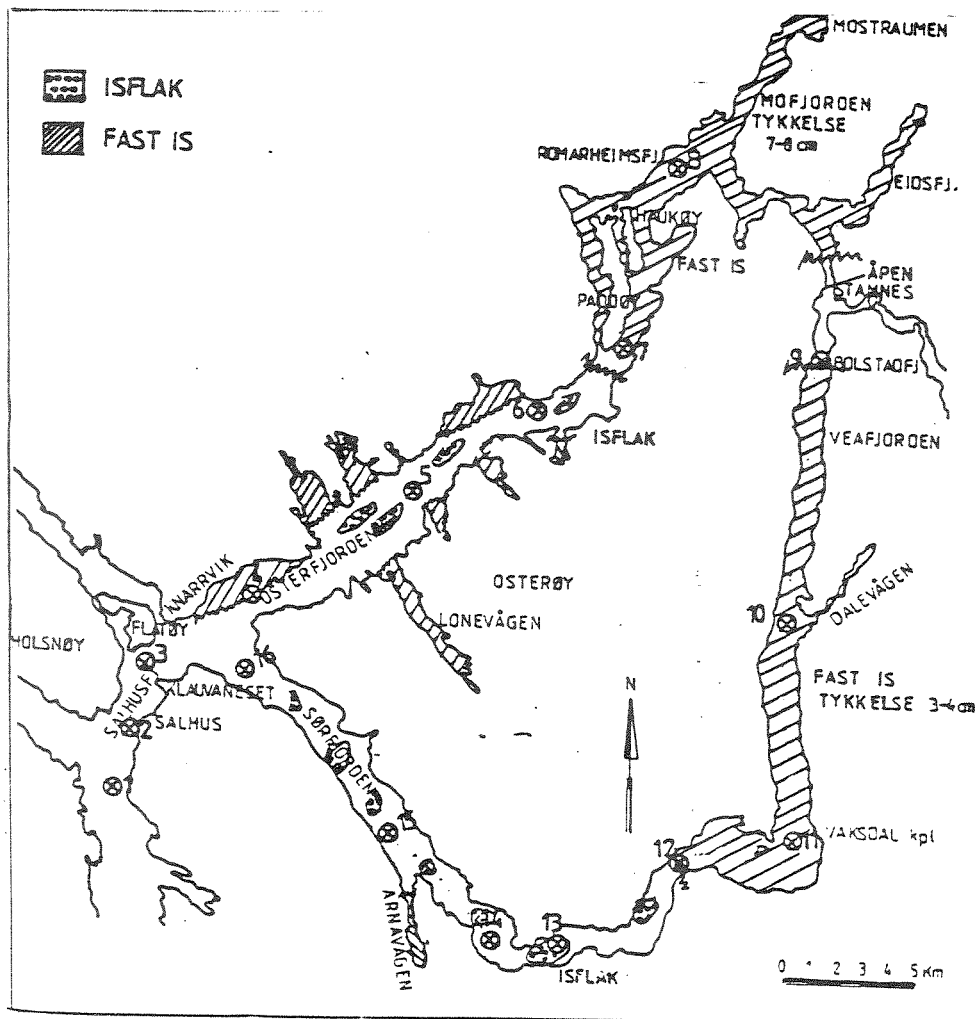


Fig. 2.1. Observert islegging i fjordane kring Osterøy 22/2 1982. Frå Seimog Sæther, 1985.

Sjøvatn med salinitet lågare enn 24.7 har den eigenskap at det ved avkjøling når tetthetsmaksimum før det når frysepunktet. Frysepunktet er i seg sjølv funksjon av saliniteten, slik at sjøvatn med salinitet lik 35 har frysepunkt rundt  $-1.8^{\circ}\text{C}$ . Figur 2.2 illustrerer tetthetsmaksimumet og frysepunktets relasjon til salinitet.

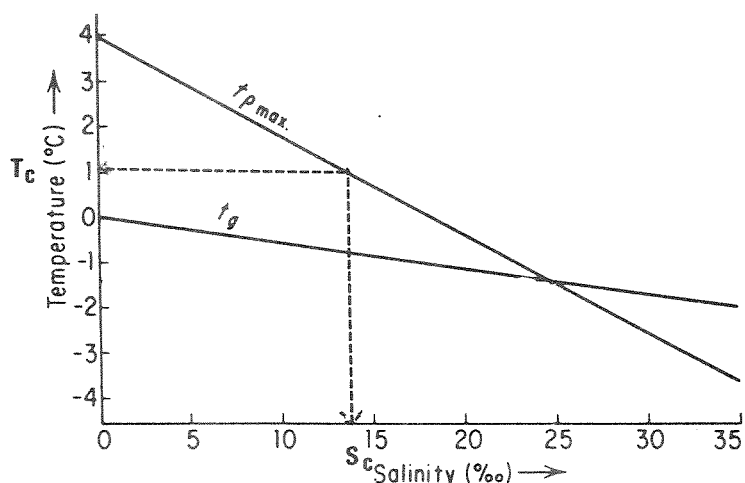


Fig. 2.2. Frysepunktet og tetthetsmaksimum for sjøvatn, som funksjon av salinitet. Eksempel syner  $T_c$  for tetthetsmaksimum for vilkårleg salinitet  $S_c$ . Sjå teksten (etter Neuman og Pierson, 1966).

Vilkåret for at frysing skal skje, er tilstrekkeleg varmetap/eller strålingstap frå sjøoverflata til at frysepunktet blir nådd. Forløpet til denne avkjølingsprosessen vil vere avhengig av initialtilhøva i vassøyla. Eit relativt tynt og markert overflatelag, som vi ofte finn inne i fjordane, vil påskunde isdanning. Dette fordi avkjølinga, og den dermed initierte vertikalkonveksjonen nedover frå overflata berre vil nå ned til sprangssjiktet.

Danning av eit tynt lag (nokre cm tjukt) heilt i overflata vil vere ekstra gunstig for rask isdanning, i og med at vassvolumet som då skal avkjølast til frysepunktet er lite. Kraftig nedbør vil danne eit slikt lag, og det er anerkjent at nedbør etterfølgt av kulde lett fører til isdanning. Avkjølingsprosessen i øvre lag vil også avhenge av

saliniteten der. Frysepunktsavhengigheita er av underordna betydning i denne samanheng.

Den viktigaste fysiske faktoren er derimot den før nemnde maksimaltetthetsavhengigheita (fig. 2.2). Dersom øvre lags salinitet er lågare enn 24.7 vil ein ved kontinuerleg varmetap frå overflata til lufta få ei tidsutvikling i sjiktningsstilhøva i øvre lag som synt i fig. 2.3. Det øvre vasslaget (ca. 2.5 m djupt i fig. 2.3) er i førstninga gjennomblanda med temperatur over  $T_C$ , og har salinitet lågare enn 24.7 (sjå fig. 2.2).

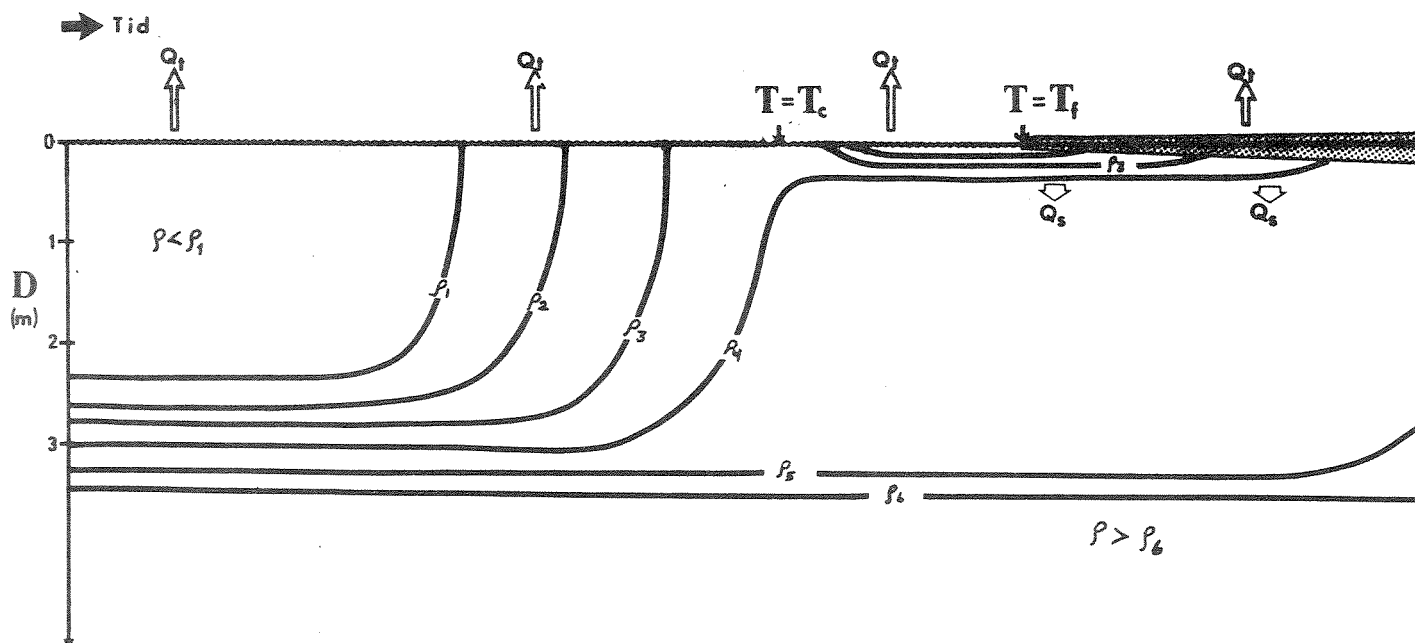


Fig. 2.3. Skjematisk isopletdiagram av tetthet som funksjon av djup og tid i øvre (brakkvass)laget. Ein konstant avkjølingsrate  $Q_t$  fører først til tyngre vatn i øvre lag og nedbryting av sprangsjikt. Når temperatur  $T_c$  (sjå fig. 2.1) er nådd, skaper vidare avkjøling eit tynt sjikt øverst, som hurtig lar seg vidare avkjøle inntil frysing opptreer.

Etter som avkjølinga skrid fram, blir øvre laget (antatt gjennomblanda) stadig tyngre, inntil temperaturen  $T_C$  for

tetthetsmaksimum er nådd. Vidare avkjøling i overflata vil deretter gjere vatnet der gradvis lettare, slik at eit tynt sji kt øverst byggjer seg opp. Dette sjiktet vil vere særst følsamt for vidare avkjøling (lite vassvolum involvert), slik at is raskt vil bli danna når temperaturen har nådd frysepunktet  $T_f$ . Vidare avkjøling og isdanning vil medføre salinitetsauke i det øvste sjiktet (isen skil ut salt), slik at dette sjiktet gradvis vil forsvinne. Ytterlegare isdanning og saltinjeksjon vil så eventuelt auke tettleiken i heile øvre laget, og eventuelt føre til djuptgåande koveksjon dersom sprangsjiktet blir borte. (Det er nærliggande å tru at denne mekanismen spelar ei viktig rolle for islegging i dei indre delene av fjordområda kring Osterøya, og bør vurderast ved evt. konsekvensanalyse i samband med flytebruprosjektet Salhusbrua.)

### 3. FELTMÅLINGSPROGRAMMET.

Grunna den korte tidsfristen som blei gjeven for dette prosjektet (ca. 2 månader) var det ikke høve til å foreta målingar som kunne representere sesongmessige variasjonar, og ulike vèrtilhøve.

#### 3.1. Straummålingar.

Den 26/11 1987 blei det utplassert ein straummålarrigg på tersklane i kvart av dei to innløpa (fig. 3.1). Rikken i vestre løp (R1) hadde eitt instrument, i omlag 1 meters djup. I austre løpet (R2) blei det plassert to instrument, eit i ca. 1 meters djup og eit 1 m over botn. Alle straummålarane registrerte straumretning og fart, samt temperatur. Nederste instrument på R2 registrerte i tillegg salinitet. Begge riggane med instrument blei tatt opp 20/12, slik at samla måleperiode blei på 25 dagar. Dei to måleinstrumenta i 1 m djup (av typen Sensordata) hadde 25 minutts måleintervall, det nederste instrumentet på R2 (type Aanderaa) var innstilte på 10 minutt måleintervall. Måleresultata er presenterte i kap. 4.

#### 3.2. Hydrografi.

Under dei to tokta ved h.h.v. utsetting og opptak av straummålarane blei det gjort registreringar av lokal hydrografi med Saliterm sonde, som via kabel måler salinitet og temperatur in-situ. Måleprogrammet her blei noko amputert den 26/11 grunna feil ved sonden. Ved hjelp av oksygen-sonde av typen Y.S.I. blei det i tillegg målt vertikalfordeling av oksygeninnhald. Dei tre posisjonane det blei målt på er markert i figur 3.1.

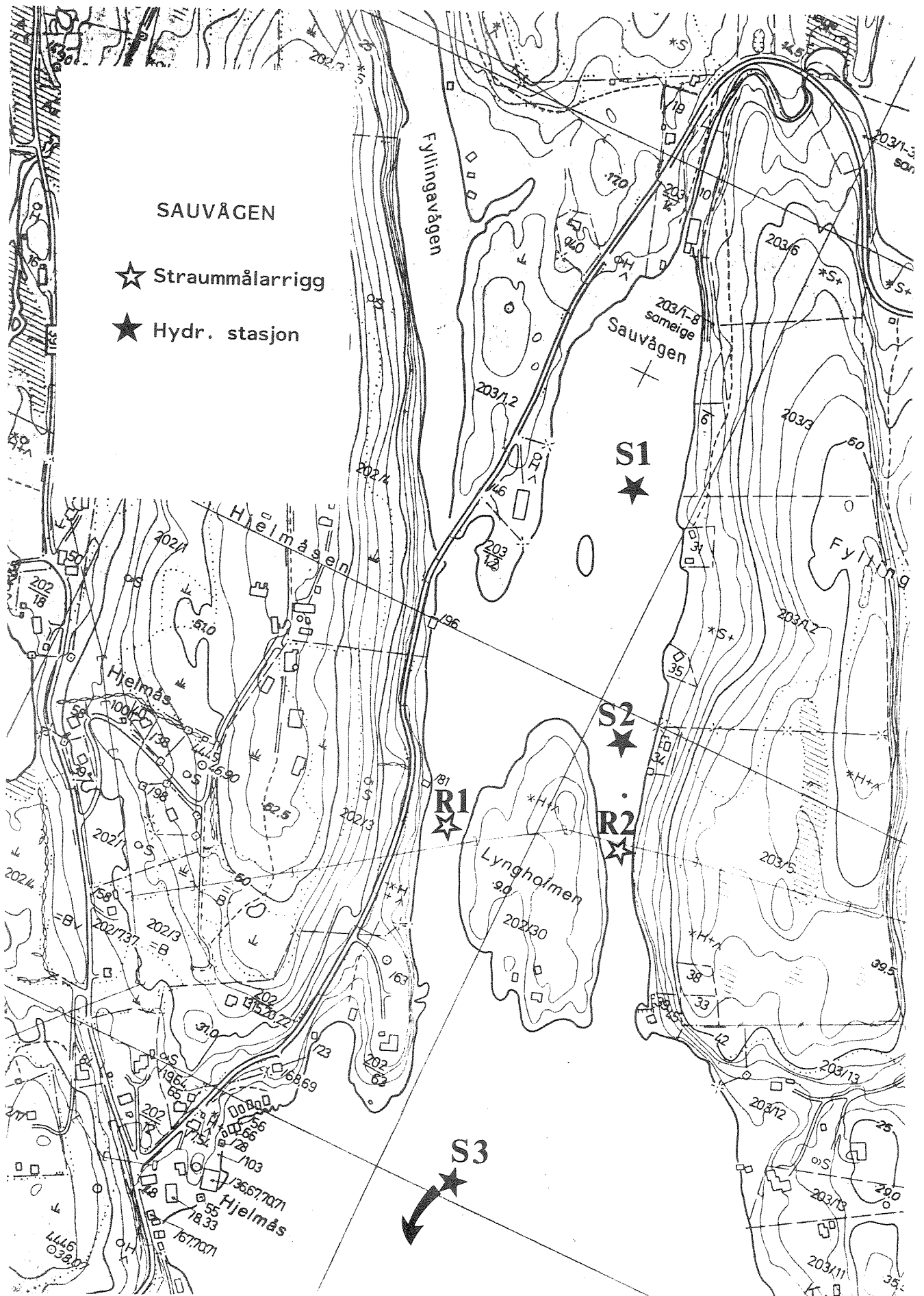


Fig. 3.1. Sauvågen, med innteikna posisjonar for hydrografiske målingar (S-) og strømmålingar (R-) i november-desember 1987.

For kontroll av sonderegistreringane blei det tatt vassprøver i utvalde djup med vasshentar. Desse vassprøvene blei etterpå analysert på oksygeninnhald og salinitet i laboratorium. Avvika mellom sonde-registreringane og vassprøve-verdiane var små. Korrigerte hydrografi- og oksygenprofilar er presenterte i kapittel 4.

### 3.3. Andre prøver.

På dei to tokta 26/11 og 20/12 blei det også tatt andre vassprøver med tanke på bestemming av totalt organisk karbon (TOC), totalt fosfor, totalt nitrogen og ammonium. Inne i Sauvågen (i posisjon S1, 7 meters djup) blei det tatt grabb-prøver av botnsediment. Desse prøvene blei analyserte på totalt karbon (TC) og totalt nitrogen, samt glødetap. Resultata av desse analysene er diskuterte i kapittel 4.

### 3.4. Vértilhøve i måleperioden.

Vértilhøva i måleperioden er representert ved data frå Vervarslinga på Vestlandet i Bergen. Figur 3.2 syner vindobservasjonar. Av observasjonane kvar 6. time er den sterkaste vindobservasjonen presentert. Stort sett dominerer vind frå sør-aust, med moderate vindstyrker (max. 10 m/s). Når det gjeld vindretning, må ein regne med vesentleg grad av topografisk styring, (Sunde 1977). For Osterfjordens vedkomande vil dette sei at dominerande retning er inn-ut fjorden, dvs. SV-NA. Søraustleg vind i Bergen svarar truleg oftast til vind inn Osterfjorden.

Temperaturtilhøva i november-desember 1987 synte at november var  $0.7^{\circ}$  kaldare, og desember  $0.7^{\circ}$  varmare enn normalt (Bergen). Perioden 26/11-29/1 og 7/12-8/12 hadde eit par minusgrader som døgnmedel. Nordlie (1983) fann at temperaturane på Flatøy (fig. 1.2) var godt korrelerte med temperaturane i Bergen, men med jamt over lågare verdiar.

SAUVAAG VIND NOV-DES 1987 2M/S / CM

M= N= 61 UV

D=1440 T=871101-1200 Z=

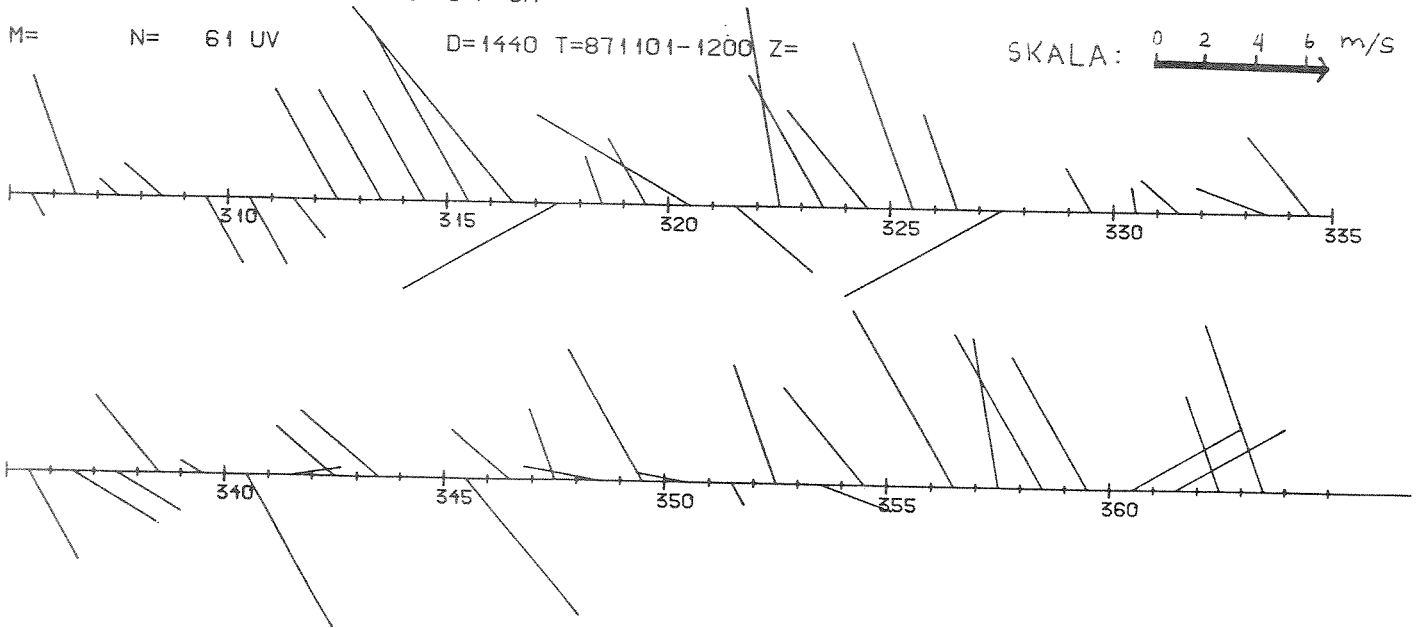
SKALA:  m/s

Fig. 3.2 Vindobservasjonar i Bergen 1/11-30/12 1987. Blant dei daglege registreringane kvar sjette time er observasjonen med sterkast vind presentert. Tala langs horisontalaksen er Juliansk dag nr.

Nedbøren i november var på 177 mm, eller 79% av normalen. Desember hadde 239 mm (110% av normalt).



#### 4. DATAPRESENTASJON.

##### 4.1. Straummålingar.

Tidsseriane av straumfart, samt aust-vest komponent (U) og nord-sør komponent (V) av straumobservasjonar er synt i fig. 4.1, 4.2 og 4.3. Overflatestraum (1 m djup) har maksimalverdiar rundt 12-14 cm/s, og er jamt over noko lunde lik i styrke i dei to sunda. Grunna ein feil på øverste instrument i venstre løp (R1), har kompassavlesningane for retningar omkring nord ( $300^{\circ}$  -  $060^{\circ}$ ) blitt feilregistrert, sjølv om tilhøyrande straumfart var signifikant. For å rette på dette er alle desse retningsobservasjonane erstatta med retning  $330^{\circ}$ , som tilsvarar straum inn i Sauvågen.

Av fig. 4.1 og 4.2 ser ein at overflatestraumen i begge sunda er tilnærma like sterk, både på inngåande og utgåande straum, som er forårsaka av det halvdaglege tidevatnet.

Fig. 4.4 gjev eit inntrykk av dominerande straumretningar, og den volumfluksen som er knytta til dei ulike retningane. Det framgår av figuren ein klar symmetri inn-ut gjennom sunda, i takt med det halvdaglege tidevatnet (fig. 4.1 og 4.2).

Straum i terskelnivået (fig. 4.3) syner tidvis like markert straum som i overflata. Dette gjeld særleg i første del av måleperioden. Straumen er relativt godt korrelert med overflatestraumen. Særleg midtvegs i måleperioden er det perioder med svak straum (under deteksjonsgrensa på 1.1 cm/sek. Figur 4.5 syner progressivt vektor diagram for straumen i terskelnivå. Diagrammet er framstilt ved å addere (vektorielt) observasjonane etter kvarandre. Først er imidlertid halvdagleg tidevassignal fjerna, for å gjere figuren meir "ryddig". Diagrammet indikerer at nettostraumen i løpet av måleperioden hadde retning inn i vågen.

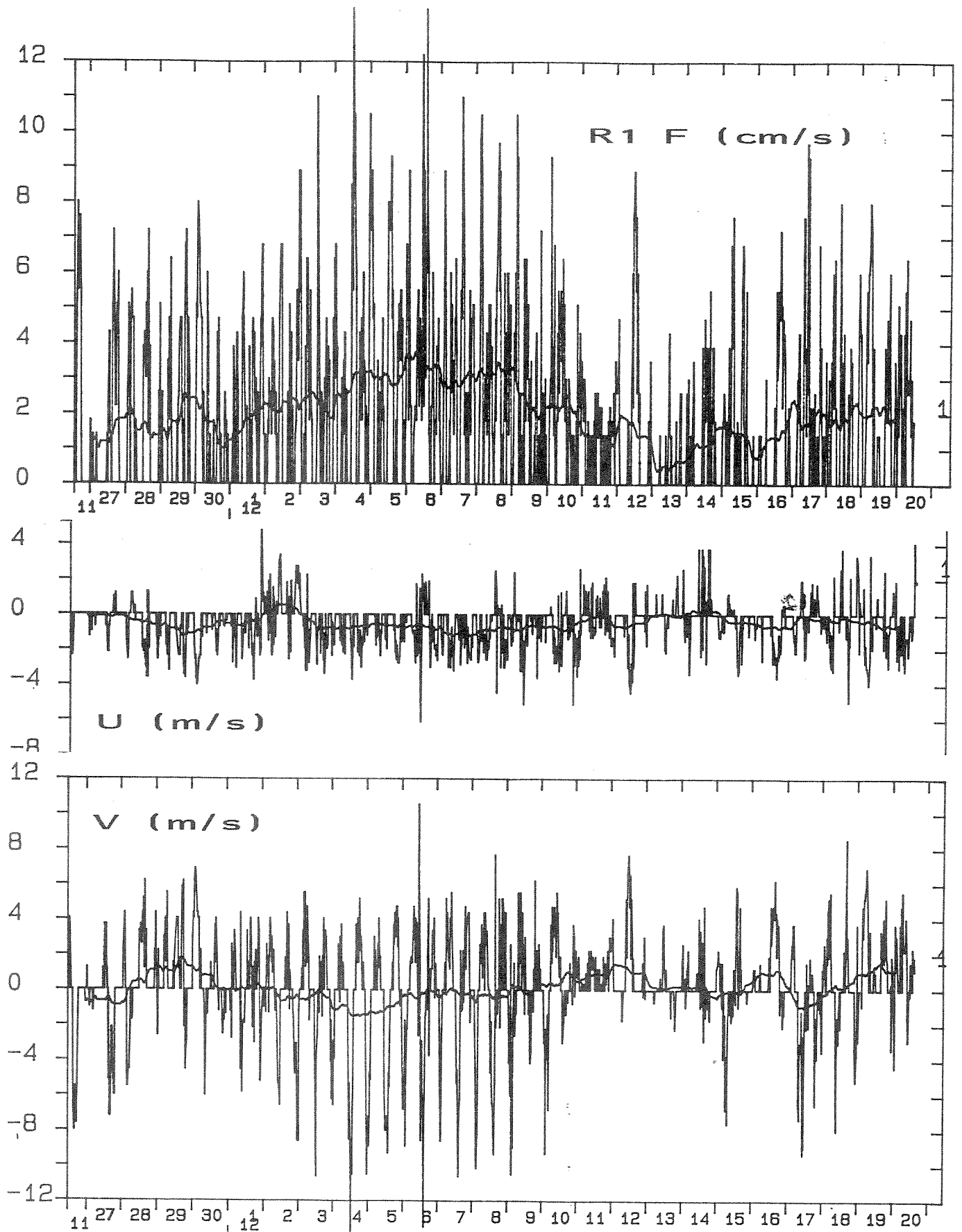


Fig. 4.1. Tidsseriar av straumfart (øverst), samt aust-vest komponent (U) og nord-sør komponent (V) av straum for Rigg 1, 1 m djup. Heiltrekte kurve representerer filtrerte verdiar (25 timars glidande middel). Negative verdiar representerer h.h.v. vest- og sørgående straum.

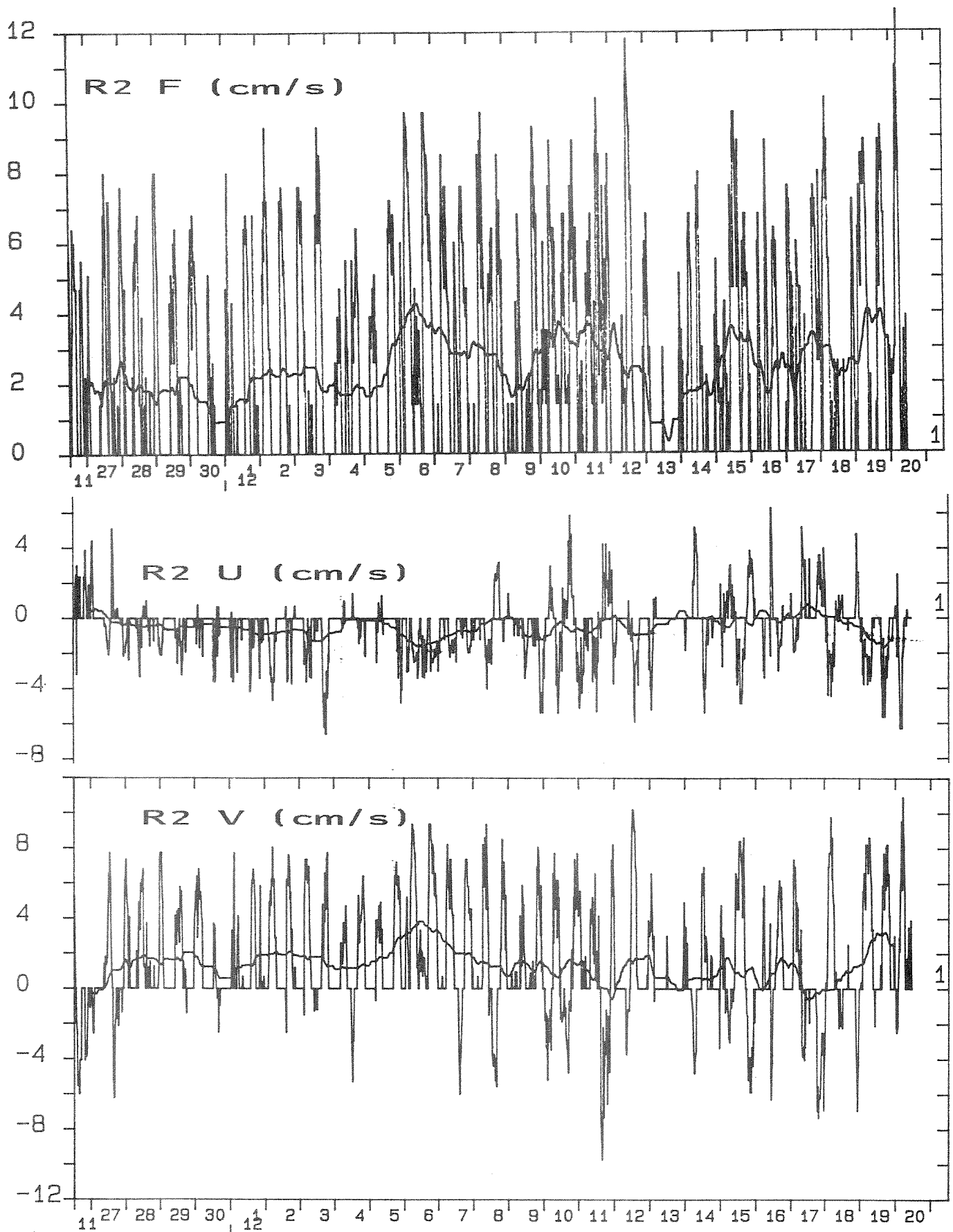


Fig. 4.2. Tidsseriar av straumfart (øverst), samt aust-vest komponent (U) og nord-sør komponent (V) av straum for Rigg 2, 1 m djup. Heiltrekte kurve representerer filtrerte verdiar (25 timars glidande middel). Negative verdiar representerer h.h.v. vest- og sørgående straum.

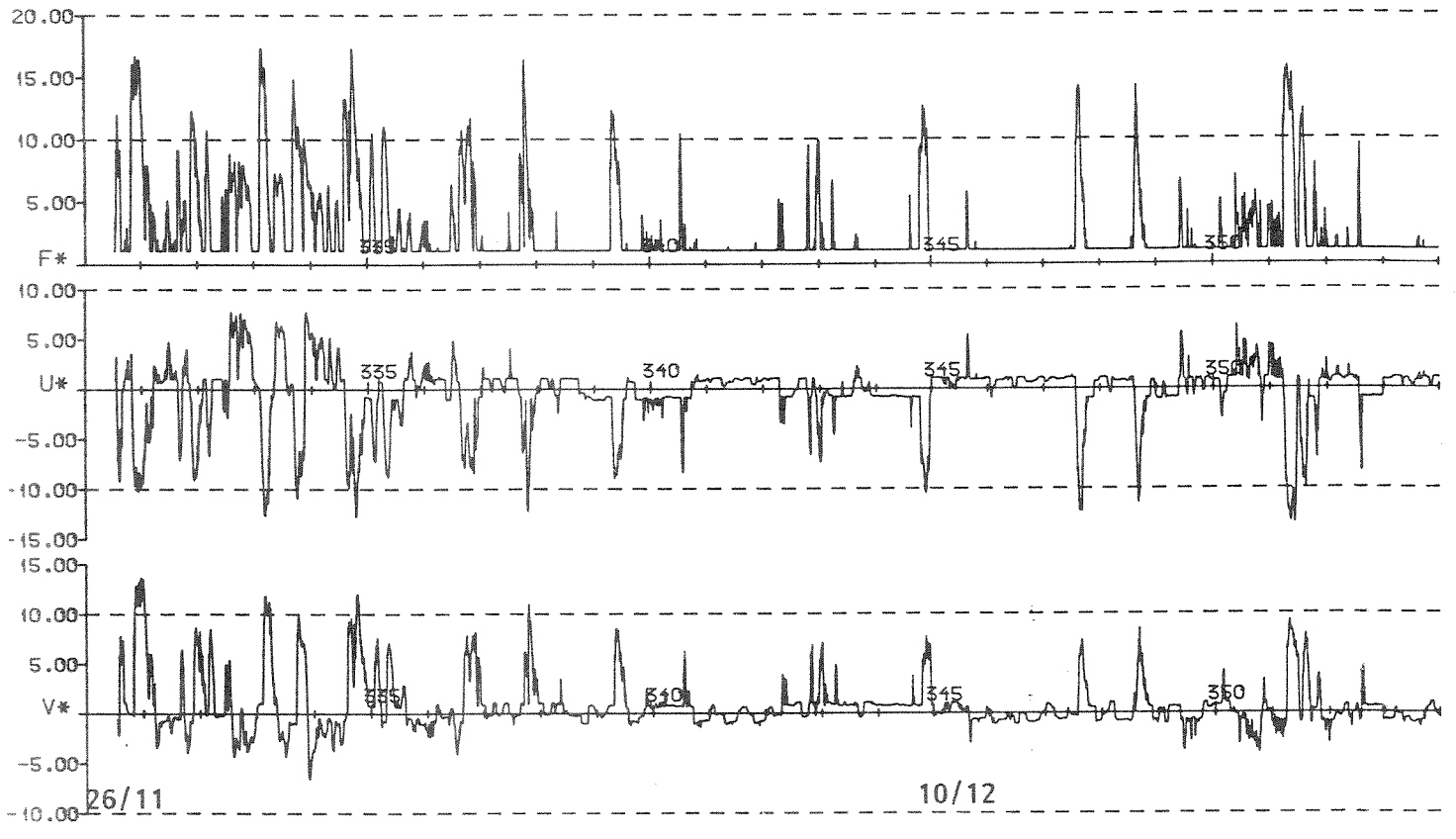
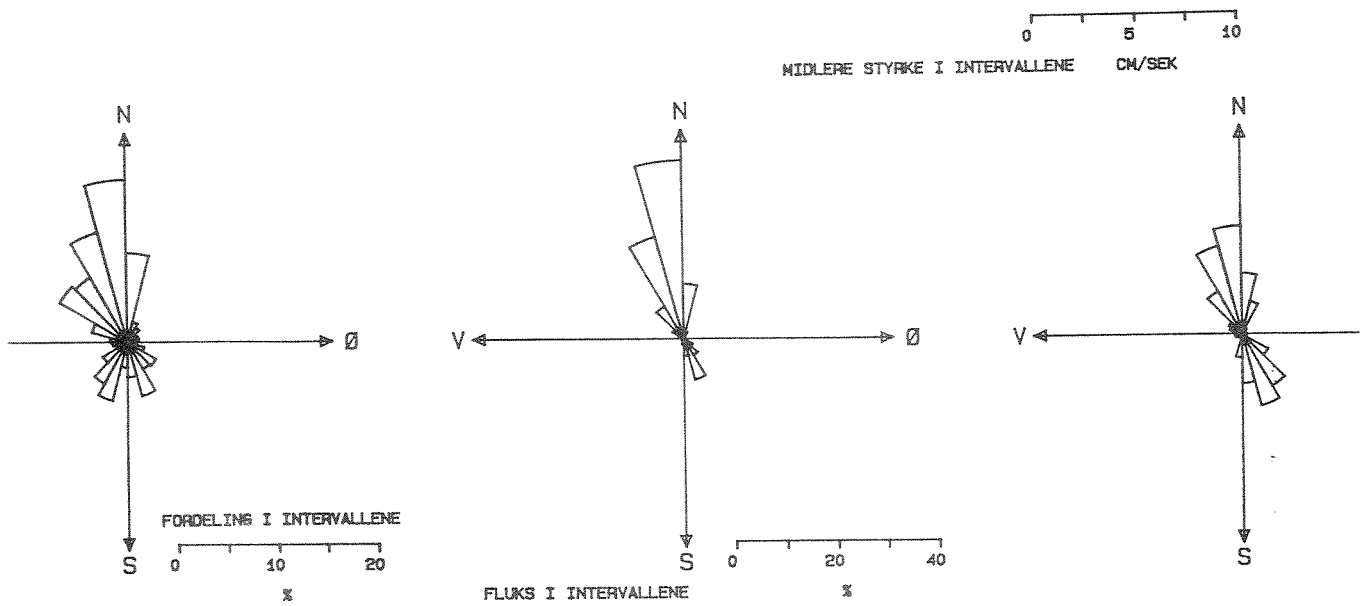


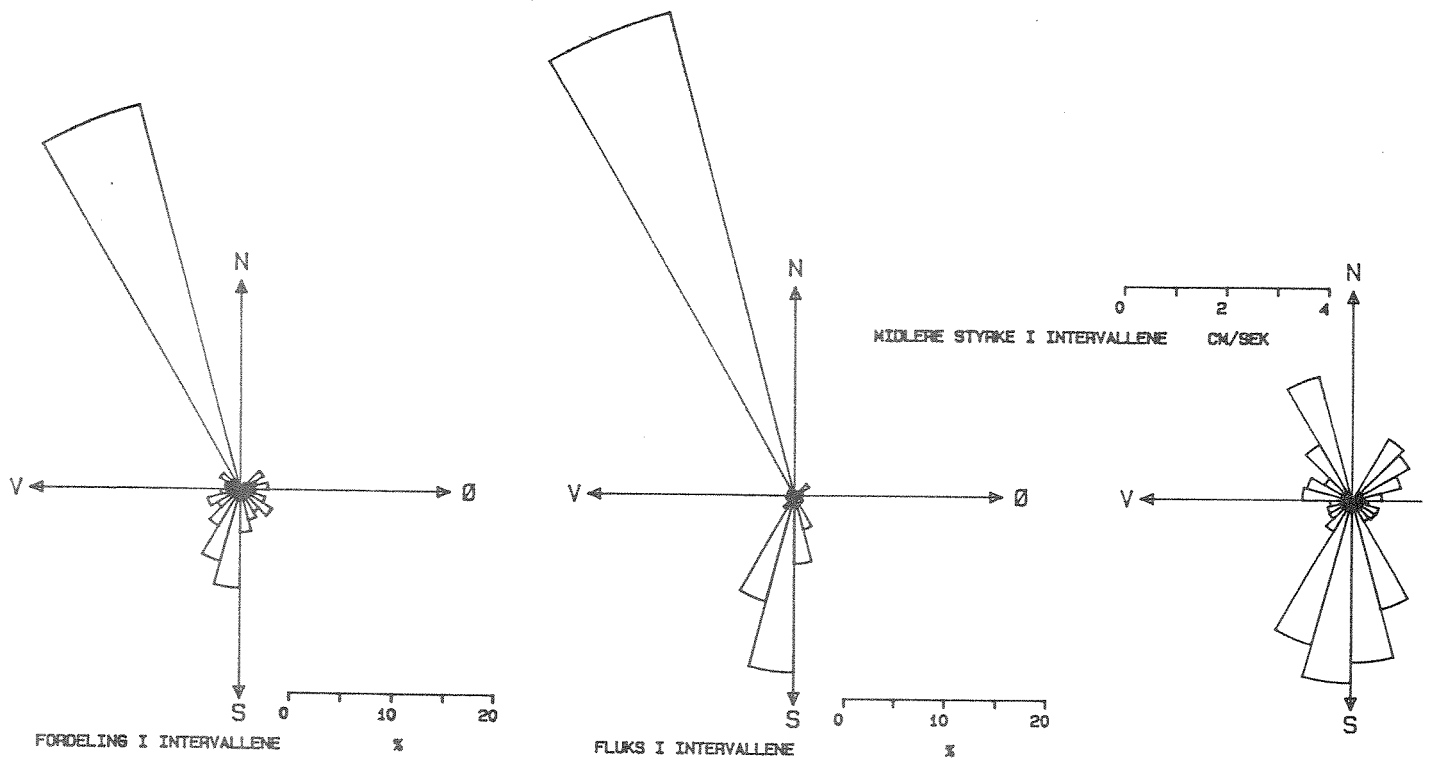
Fig. 4.3. Tidsseriar av straumfart (øverst), samt aust-vest komponent (U) og nord-sør komponent (V) av straum for Rigg 2, 5 m djup. Heiltrekt kurve representerer filtrerte verdiar (25 timars glidande middel). Negative verdiar representerer h.h.v. vest- og sørgående straum.

Nettostraumfarten var av storleiksorden 20 km/25 dagar, som tilsvarar ca. 0.9 cm/sek. I kortare perioder er nettostraumen retta ut frå vågen (fig. 4.5), noko som bidrar til den relativt låge verdien. For perioden 1/12-10/12 er nettostraumen av storleiksorden 1.4 cm/s. Sjå kapittel 5 for vidare vurderingar.



LOKALISERING : ST.3

STARTDATO : 871126 KL.: 12.41



LOKALISERING : ST.4

STARTDATO : 871126 KL.: 11.05

Fig. 4.4. Statistisk fordeling av straumobservasjonane i 1 meters djup på R1 (nederst) og R2. Rosa til venstre viser prosentvis fordeling av retningsobservasjonane i ulike intervall. Rosa til høgre syner midlere straumstyrke i resp. intervall. Rosa i midten er "produktet" av dei to andre rosene, og gjev eit inntrykk av nettostraum.

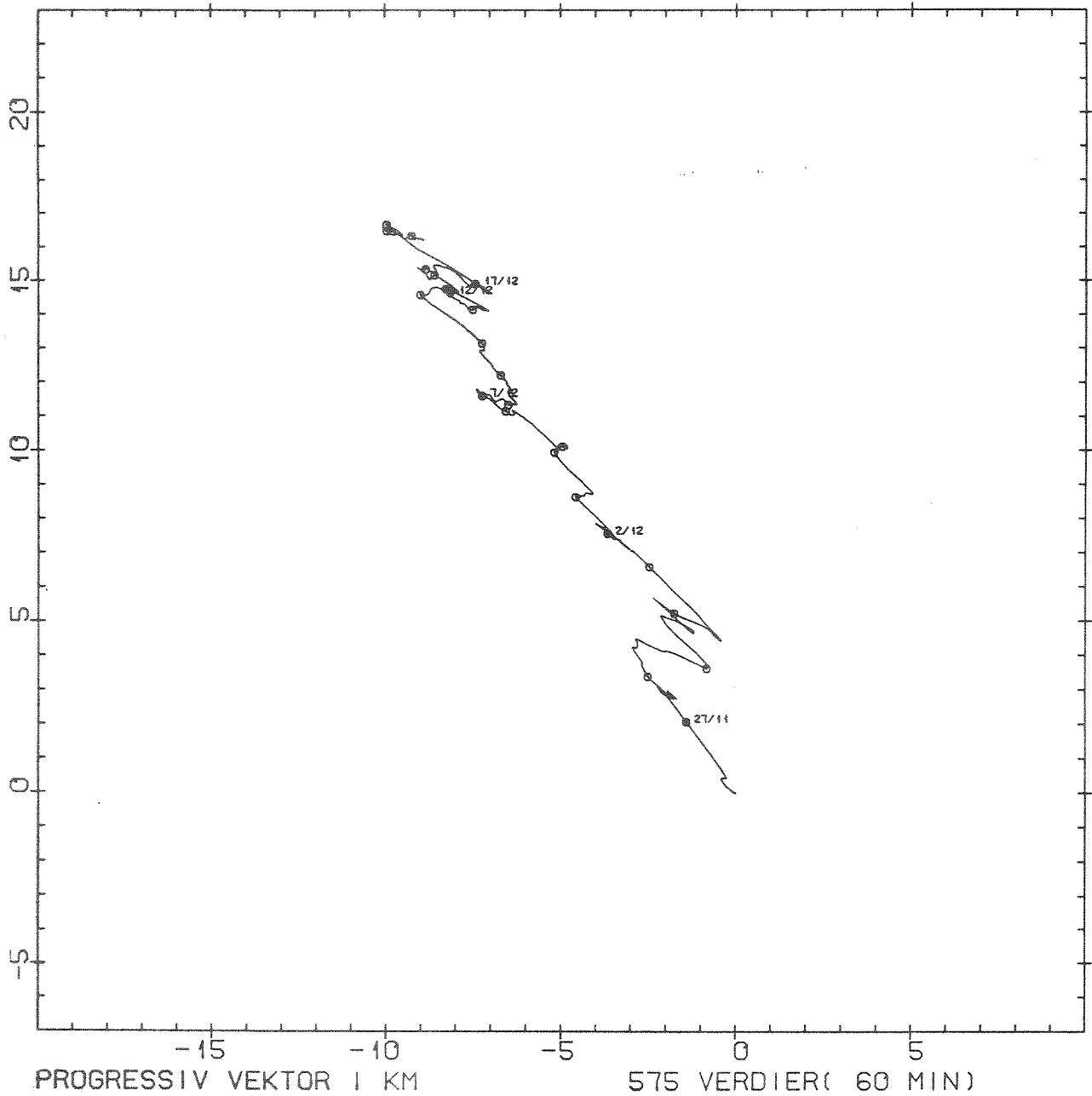


Fig. 4.5. Progressivt vektordiagram for R2, 5 m djup. Kvar retning-fart observasjon er addert vektorielt til foregåande observasjon, etter at dei opprinnelege data er blitt filtrert (halvdagleg tidevatn fjerna). I løpet av måleperioden er nettostrøm retta mot nordvest, dvs. inn i Sauvågen (sjå teksten). Dato for kvar 5. dag markert.

#### 4.2. Hydrografi.

Registreringane av hydrografi bestod dels av vertikalprofilar, og dels i form av tidsseriar av salinitet og temperatur frå straummålarane. Figur 4.6 og 4.7 syner observerte vertikalprofilar av salinitet, temperatur, tetthet og oksygeninnhald (ml/l). For stasjonsplassering, sjå fig. 3.1.

Sjiktningstilhøva 26/11 indikerer ein trelagsstruktur inne i vågen, med eit relativt tynt og kaldt overflatelag. Frå omlag 6 meters djup er vannmassen meir homogen i salinitet og temperatur. Observasjonane 20/12 tyder på at avkjøling har funne stad gjennom heile vannsøyla inne i vågen sidan forrige observasjon. Overflatesaliniteten har auka med 3-4 promille.

Oksygenobservasjonane syner at det er dårlege oksygentilhøve inne i vågen, med verdiar ned mot 2 ml/l ved botnen på S1 26/11 som den lågaste observasjonen. Vassprøva frå 12 meters djup (botn) på S2 tyder på betre oksygentilhøve her. Det tilsynelatande oksygenminimumet i 8-9 meters djup (både innafor og utanfor terskelen til Sauvågen) indikerer effekten av sprangsjiktet generelt som sperre, og oppsamlingssjikt for organisk materiale.

Figur 4.8 syner tidsseriane av temperatur i 1 m og 5 m djup på tersklane, for perioden 26/11-20/12 1987. Målingane i 5 meters djup ga også salinitet, som sammen med temperatur gjev grunnlag for berekning av tetthet.

Temperaturkurvene i 1 meters djup i dei to sunda syner rimelegvis temmeleg likt forløp, som i stor grad avspeglar utviklinga i lufttemperatur. M.a. ser ein markert respons på kuldeperioden 26-29/11, med temperaturreduksjon fra 8 til 3 grader.

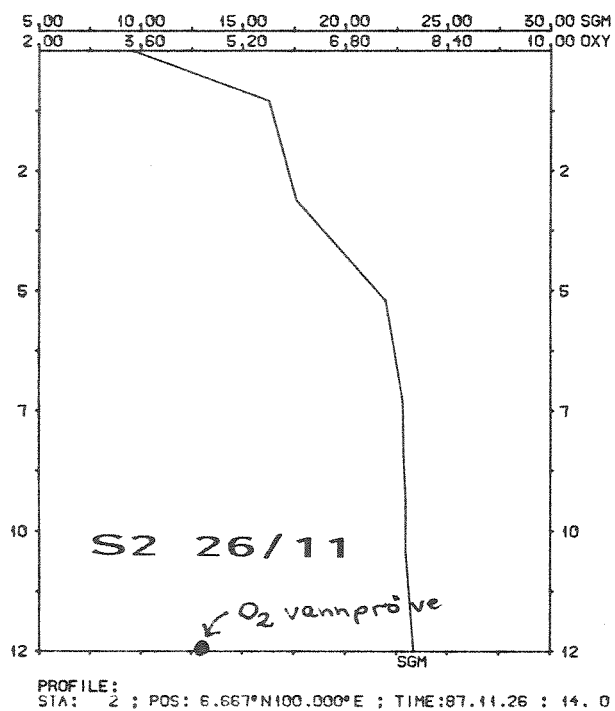
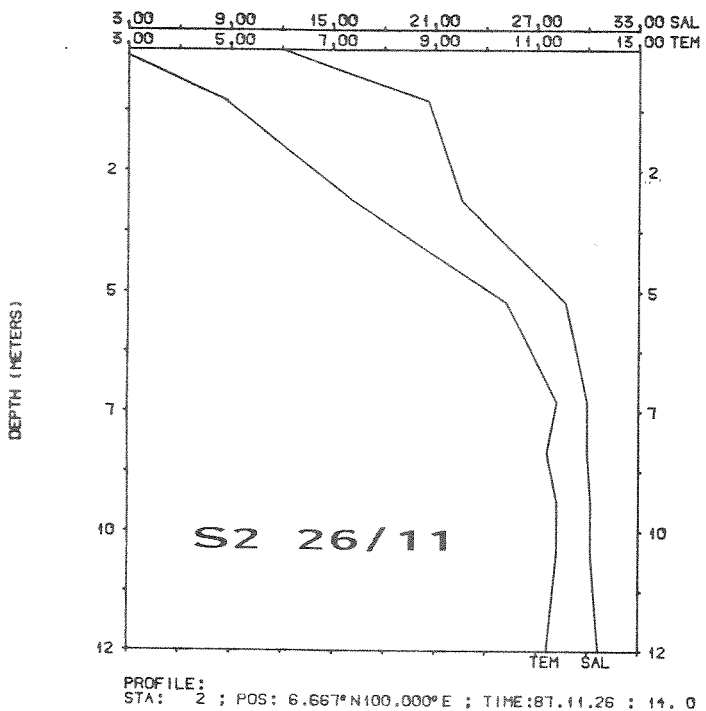
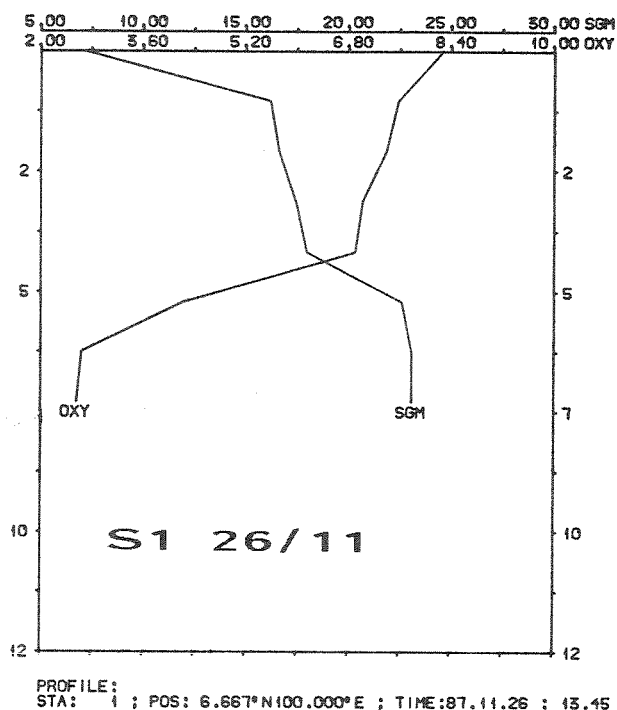
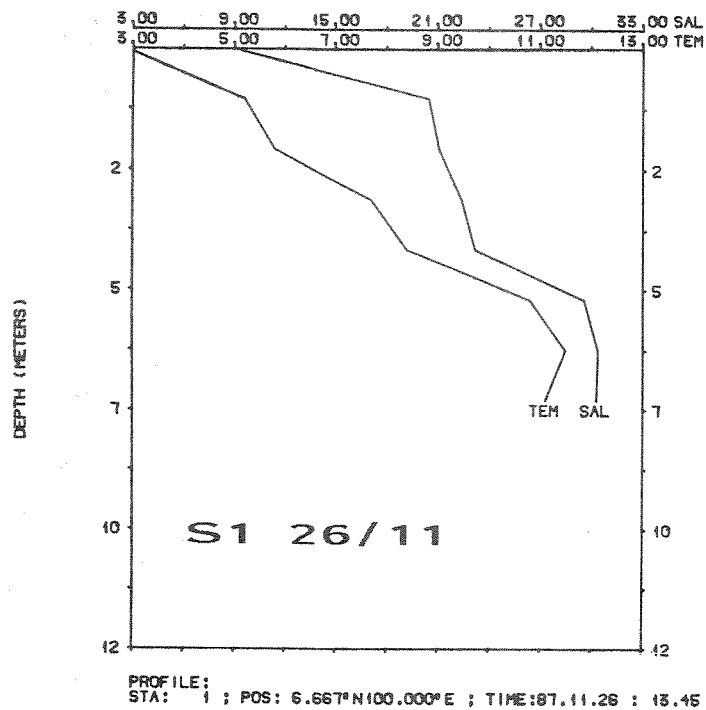


Fig. 4.6. Vertikalprofilar av salinitet (SAL) og temperatur (TEM), tetthet (SGM) og oksygeninnhald (OXY) på stasjonane S1 og S2 26/11 1987. På stasjon S2 blei ingen sonde-registrering av oksygen foretatt, men vassprøve verdiane i 12 meter er markert.



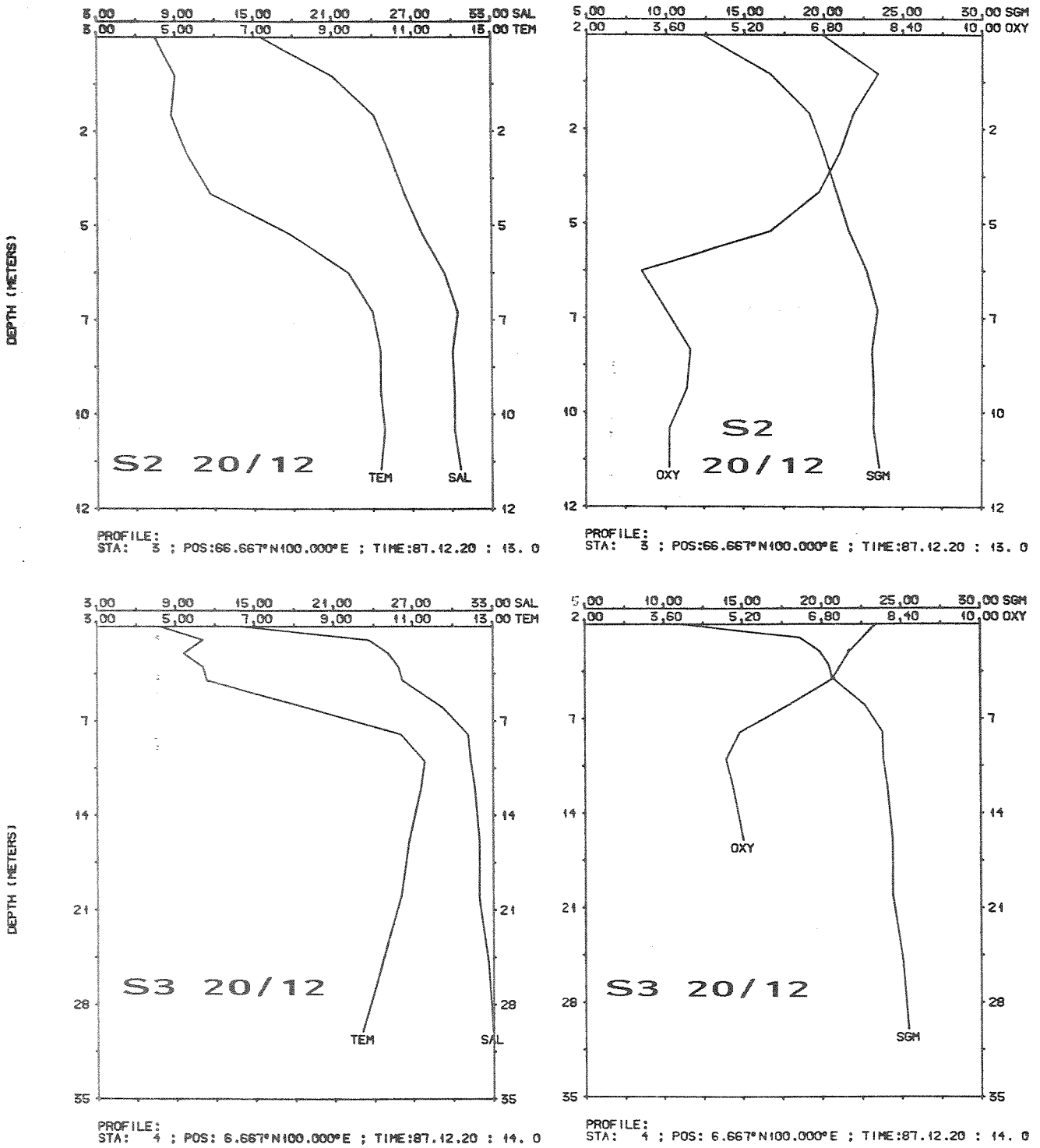


Fig. 4.7. Vertikalprofilar av salinitet (SAL), temperatur (TEM), tetthet (SGM) og oksygen (OXY) på stasjonane S2 og S3 20/12 1987.

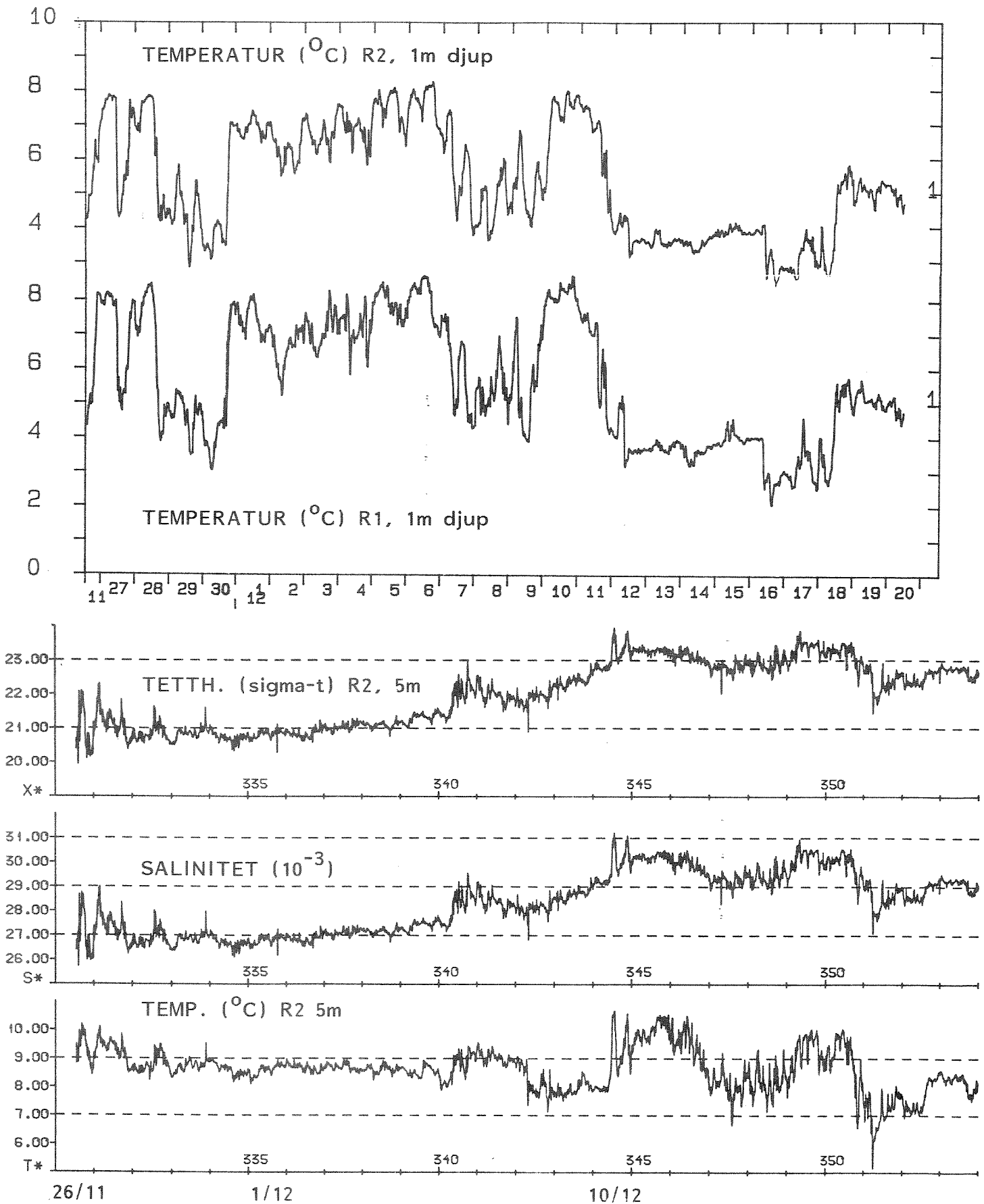


Fig. 4.8. Tidsserierne av temperatur (alle instrument) samt salinitet (S) og tetthet (X) for nederste instrument på rigg 2.

Registreringane i 5 meters djup ber preg av gradvis aukande salinitet, og fallande temperatur, med resulterande auke i tetthet. Langperiodiske svigninger (3-5 dagar) heng truleg saman med endring i sprangsjiktsdjupet. Temperaturvariasjonane er stort sett meir moderate enn i overflatelaget.

#### 4.3. Andre prøver.

Siktedjup: 9 meter på stasjon S2 20/12.

#### Sediment.

Under toktet 21/11 blei det tatt grabbprøver av botnsediment på stasjon S1, 7 m djup. Sedimentet (grå-brunt) lukta sterkt H<sub>2</sub>S.

Analyseresultata for sedimentprøven var som følgjer:

|           |           |
|-----------|-----------|
| Glødetap: | 335 mg/g  |
| C         | 130 mg/g  |
| N         | 15.8 mg/g |
| C/N       | 8.3       |

Gabbprøver på S2 indikerte betre botntilhøve der med småstein og skjelsand. Oksygenprøvene frå djupvatnet her indikerte også tilfredsstillande tilhøve.

Vassprøver Sauvågen, 3 meters djup gav følgjande analyse-  
resultat:

|                           | 26/11 | 20/11  |
|---------------------------|-------|--------|
| Tot-N (µg/l)              | 285   | 230    |
| Tot-P (µg/l)              | 22    | 16     |
| TOC (mg/l)                | 2.9   | 2.6    |
| NH <sub>4</sub> -N (µg/l) | 55    | 16     |
| Klorofyll                 |       | < 0.36 |

## 5. DISKUSJON.

### 5.1. Dagens tilstand.

Sauvågen ber preg av for stor belastning i høve til resipientkapasiteten. Våre vassprøver blei tatt på tidspunkt då den organiske belastninga er forventta å vere liten. Utsegna om m.a. intens algeoppblomstring til tider i sommarhalvåret understrekar tidvis for stor belastning.

Dei dårlege resipienttilhøva må dels kunne tilskrivast det eksisterande settefiskanlegget i vågen. Avrenning frå gardsbruka rundt Fyllingavågen bidrar også til å forverre tilhøva. I tillegg vil den naturlege tilrenninga periodevis også kunne tilføre Sauvågen organisk materiale som sedimenterer inne i vågen.

Sedimentprøva på stasjon S1 hadde TOC verdi på 130 mg/g (glødetap 35,5%), som indikerer store mengder organisk materiale i sedimentet. I følgje Bjerknes m.fl. (1988) er eit glødetap over 25% (eller TOC over 100 mg/g) klassifisert som "svært høgt".

Forholdet C/N i sedimentet er rundt 8,3, som indikerer størst innslag av marint avfall, men med eit visst innslag av terrestrisk materiale.

Vassprøvene indikerte moderat til høg påverknad, i følgje ei klassifisering basert på data frå mange fjordar (J. Magnusson, NIVA, pers. komm.).

Ein merkar seg generelt at samtlege målte parametrar synte lågare verdiar i desember, i høve til november.

Ammoniumverdiane er langt under faregrensa som er sett ut frå prosessen med danning av ammoniakk, som er svært giftig for fisk. Prøvetaking i ei anna tid på året med større

bio-aktivitet ville nok ha gjeve langt høgare verdiar for denne og dei andre parametrane.

### 5.2. Dagens utskiftingstilhøve.

Både vassprøver (oksygen) og sedimentprøver indikerer dårlegast tilhøve i 6-7 meters djup, som tilsvarar omtrent terskeldjupet. Tilhøva er dårlegare lengst inne i vågen. Utskiftingstilhøva kan skisserast som i figur 5.1. Straummålingane indikerer ein nettostraum inn over terskelen i 5 meters djup (fig. 4.5). Denne straumen vil dels skuldast kompensasjon for vatn som blir reve med i overflatestraumen nedanfrå ("entrainment"), og dels episodevis tetthetsdreven straum ved at tyngre vatn utanfrå går over terskelen og fortrenger djupvatnet innafor.

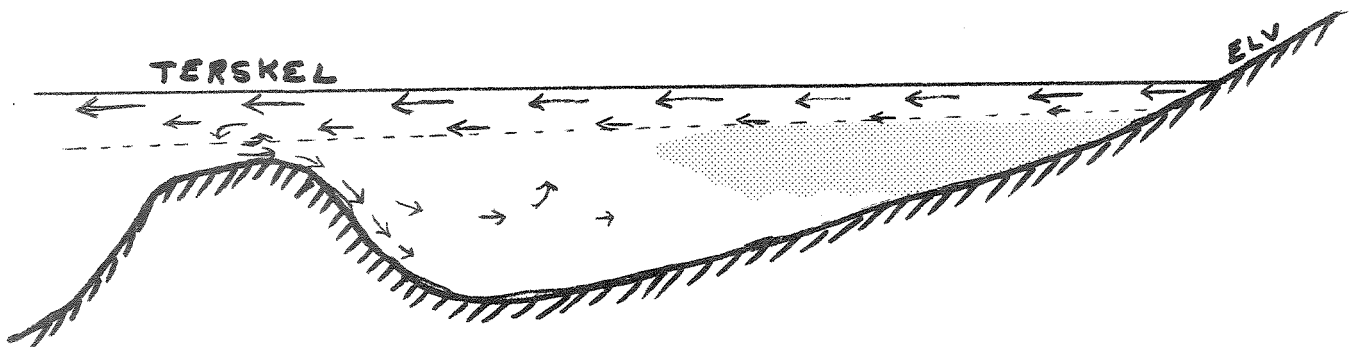


Fig. 5.1. Skisse av sannsynleg vertikalfordeling av middelstraum i austre Sauvågen. Skraverte område indikerer område med dårleg utskifting.

Den netto utgåande overflatestraumen er dreven av ferskvasstilrenninga inst i Sauvågen, samt frå Fyllingavågen. Det er lite sannsynleg at det vestre utlaupet frå Sauvågen bidrar særleg til djupvassutskiftinga.

Tidevatnet sitt effektive bidrag til vassutskiftinga kan vanskeleg fastslåast med stor nøyaktigheit utan at ressurskrevande registreringar blir gjort.

Av tabell 1.1 framgår det at Sauvågens overflateareal er ca.  $10^5 \text{m}^2$ . Det er realistisk å rekne med same tidevassforskjell i Sauvågen som i Bergen, dvs. rundt 0,8 m (varierer noko frå spring til nip).

Tidevassprismet, dvs. volumet av overflateareal ganga tidevassforskjell blir dermed ca.  $0,8 \times 10^5 \text{m}^3$ . Maksimal tidevasstraum blir teoretisk (avsn. 2.2) om lag 2,5 cm/s, forutsatt at straumen er likt fordelt frå overflate og ned til terskeldjup i begge sunda. Våre målingar syner typisk maksimalstraum rundt 5-6 cm/s (fig. 4.1, 4.2), m.a.o. vesentleg større enn den teoretiske verdien. Avviket kan dels skuldast at tidevasstraumen er lagdelt (sterkast i overflata), og dels at tidevasskurva er forskjellig frå den teoretiske sinus-kurva.

#### Ferskvassdreven sirkulasjon.

Den ferskvassdrevne sirkulasjonen, som skissert i fig. 5.1, vil variere i takt med ferskvasstilrenninga. I følgje avsn. 1.3 kan middelavrenninga settast til  $(8 + 3) \text{m}^3/\text{min}$ .  $\approx 11 \text{m}^3/\text{min}$ ., eller ca. 180 l/sek. Det er rimeleg å anta at dette ferskvatnet breier seg utover vågen i eit tynt lag. Vertikalprofilane av salinitet (fig. 4.6 og 4.7) indikerer ferskvasspåverknad ned til ca. 1 m djup. Dersom den nemnde ferskvasstilrenninga fordeler seg jamt i begge utlaupa ned til 1 meters djup, utan å blande seg med saltvatn, vil dette svare til utoverretta straum i sunda på om lag 0.3 cm/s, m.a.o. langt lågare enn t.d. midlare observert tidevasstraum i 1 meters djup.

I praksis vil ferskvasslaget raskt blande seg med underliggande saltvatn. Våre november-observasjonar synte salinitet i overflata (0 meter) lik 9 på S1 og 12 på S2, m.a.o. ein auke på 3 i salinitet over ein avstand på 250 meter. Desse observasjonane blei tatt like før flo sjø, slik at ein viss oppstuvningseffekt (av ferskvatn inne i vågen) var gjeldande. Overflateobservasjonen på S2 20/12

synte 15 i salinitet. Denne observasjonen vart tatt 2 1/2 time etter flo, slik at effekt av oppstuvning då teoretisk også skulle vere mindre.

Den gradvis auken i salinitet frå 0 til 1 m djup indkerer eit meir samansett straumbilete (vertikalt) nær overflata enn det fig. 5.1 visar. Truleg er brakkvasstraumen sterkast i dei øvste 10-20 centimetrane noko avhengig av den aktuelle ferskvasstilrenninga.

### 5.3. Verknader av vegfyllinga.

Det er konstatert at overflatestraumen i dei to sunnda er tilnærma like sterk i dag. Sidan det vestlege sundet er dobbelt så breidt som det austre, er det vestre sundet sitt bidrag til den totale overflateutskiftinga tilsvarande stor.

Den grunne terskelen i det vestre sundet begrensar djupvassinnstrøyminga der. Bidraget i så måte bør imidlertid ikkje neglisjerast i det dette sundet står i umiddelbart samband med vestre delen av Sauvågen (med ei mindre djuphole), samt med Fyllingavågen, som har innstrøymingsdjup samanliknbart med terskeldjupet i vestre sundet.

Det foreliggende fyllingsforslaget inneber legging av to kulvertar med diam. 1.5 meter i vestre sundet. Ei større innsnevring av det vestre sundet vil umiddelbart føre til sterkare straum i det austre sundet. For utskiftinga i austre delen av Sauvågen vil dette kunne ha ein positiv effekt, i og med større vertikalt og horisontalt straumskjær i og i nærleiken av sundet. Denne positive effekten vil neppe gjelde dei indre og grunnare områda av austre Sauvågen.

For det vestre laupet er det viktig å kunne oppdretthalde ein viss sirkulasjon over den eksisterande terskelen både i

overflata og heilt ned ved botnen. Dette kan løysast ved å legge ein kulvert (evt. rør) så djupt på terskelen som råd. Dimensjonen bør vere minst 1 meter i diamter, for ikkje å få for mykje dynamisk motstand i dette røret.

Inn- og utstrøyming av overflatevatn må sikrast gjennom heile tidevass-syklusen. Rørdiameteren (evt. høgda på kulvertane) bør vere minimum 1.5 m, og øvre kant plassert nær høgvatn-nivå ved springflo. Lengda på eit slikt øvre røyr vil vere bestemt av breidda på vegfyllinga, og vil vere av storleiksorden 10 meter. Dette vil sei at ein må rekne med ein del dynamisk motstand (turbulens) i røret, avhengig av antal rør. Slik motstand vil verke som ei sperre for inn-utstrøyming, slik at straumen blir leidd over til det austre sundet.

For både å oppretthalde tilstrekkeleg sirkulasjon, og å få best muleg horisontalfordelt inn-ut-strøyminga i vestre sundet, bør det leggast minst to røyr/kulvertar av nemnde type, med så stor avstand som råd. Dette er i tråd med Vegkontoret sitt opprinnelege forslag.

Samla gjennomstrøymingsareal i vestre løp vil på denne måten vere maksimalt 5 m<sup>2</sup>, eller om lag 5% av naturleg areal. Med fordeling på 2 røyr i overflata og eit ved botnen er dette sannsynlegvis tilstrekkeleg til ikkje å forverre tilstanden i resipienten. Effekten av horisontal og vertikal straumskjer vil bidra til auka blanding i nærleiken av fyllinga, og til å redusere islegginga der.

Det må forutsettast at utsleppa frå Marin Kultur A/S blir brakt under kontroll, fortrinnsvis ved reinsing av utlaupsvatnet, og redusert merd-oppdrett inne i vågen. Tiltak for å redusere utsleppa vil bli iverksatt i nærmaste framtid i følgje versemda sin leiar.



## REFERANSAR:

- Bjerknes, V., Golmen, L.G., Pedersen, A. og Sørgaard, K. 1988. Kapasitet for fiskeoppdrett i Skogsvågen og i fjordområdet kring Toftarøy på Sotra. Rapport NIVA-Vestlandsavd. nr. 2072.
- Molvær, J., Jacobson, P., Magnusson, J., McClimans, T. og Thendrup, A. 1985. Vurdering av rensekrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapp. nr. 8. NIVA rapport nr. 1721.
- Neuman, G. og Pierson, W.J. 1966. Principles of physical Oceanography. Prentice Hall Inc.
- Nordlie, P.E. 1983. Ei klimavurdering av konsekvensen av auka islegging på fjordane rundt Osterøya skapt av ei eventuell flytebru over Salhusfjorden. Rapport NMI, Oslo.
- Pickard, G.L. 1975. Descriptive Physical Oceanography. 2nd. Ed. Pergamon press.
- Seim, O. og Sæther, T. 1985. Flytebro ved Salhus. Konsekvenser av endrede isforhold for fiskeoppdrettsanleggene i fjordene innenfor. Veritas rapp. nr. 85-1178.
- Sunde, A. 1977. Vindstatistikk for Salhusfjorden. Notat, Vp, Bergen mars 1977.