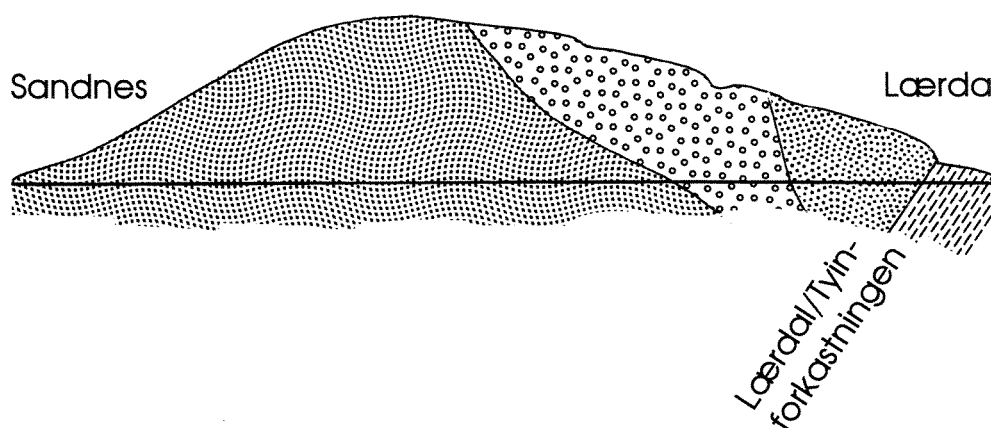


O-92144

# Konsekvensanalyse av dumping av tunellmasse i sjøen i Lærdalsområdet



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-92144	Undernr.:
Løpenr.: 2814	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47 2) 18 51 00	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 32 56 40	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47 2) 18 52 00	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 76 653	Telefax (47 5) 32 88 33	Telefax (47 83) 80 509

<b>Rapportens tittel:</b> KONSEKVENSANALYSE AV DUMPING AV TUNNELMASSE I SJØEN I LÆRDALSOMRÅDET	<b>Dato:</b> 23/11-92	<b>Trykket:</b> NIVA 1992
	<b>Faggruppe:</b> Marinøkologi	
<b>Forfatter(e):</b> Torbjørn M. Johnsen Lars G. Golmen	<b>Geografisk område:</b> Sogn og Fjordane	
	<b>Antall sider:</b> 44	<b>Opplag:</b>

<b>Oppdragsgiver:</b> Statens Vegvesen Sogn og Fjordane	<b>Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):</b>
--	---

## Ekstrakt:

Anlegg av veiforbindelse mellom Årdal og Lærdal innbefatter sprengning av tunnel mellom Fodnes og Lærdal. Overskuddsmassene fra tunneldriften planlegges dumpet i sjøen ved Fodnes i Sognefjorden, ved Mjølkeflaten i ytre del av Lærdalsfjorden og inne ved Lærdal. En konsekvensanalyse basert på data-innsamling og litteraturstudier viser at begrensede miljømessige konsekvenser av dumpingen av sprengsten vil finne sted. Bunnflora og fauna i nærområdene vil bli tildekket av partikler, og vannets gjennomskinnelighet vil bli redusert. Vannmassene vil tilføres nitrat fra rester av sprengstoff, men den miljømessige effekten er relativt sett liten. Grunnfjell med grovkornede bergarter og en nettotransport av vann i det øvre vannlaget i Lærdalsfjorden medfører at stenstøvet representerer liten risiko for laksefisk i fjordene. Det anbefales likevel å unngå stendumping ved Lærdal i perioden mai - august. Skadeeffektene kan begrenses betydelig ved bruk av f.eks. "skjørt" utenfor dumpingsområdene.

4 emneord, norske

1. Konsekvensanalyse
2. Dumping
3. Sprengstein
4. Miljøeffekt

4 emneord, engelske

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

Prosjektleder

Torbjørn M. Johnsen

Før administrasjonen

Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2201-4

O - 92144

**KONSEKVENSANALYSE AV DUMPING AV  
TUNNELMASSE  
I SJØEN I LÆRDALSOMRÅDET**

Bergen 23.11.92  
Torbjørn M. Johnsen  
Lars G. Golmen

## **FORORD**

*Den foreliggende rapport er utført etter oppdrag fra Statens Vegvesen, Vegkontoret i Sogn og Fjordane. Arbeidet har hatt som formål å klarlegge hvilke konsekvenser dumping av steinmasser i Lærdalsfjordområdet har. Spesielt har en ønsket å klarlegge hvordan steinstøv spres i fjordområdet og hvilken effekt dette vil kunne ha, spesielt på laksefisk. Arbeidet har vært basert på litteraturstudier, blant annet for å avklare mulige effekter på fisk, og på en feltdel som har hatt til hensikt å kartlegge strømforholdene, hydrografi og spredning av steinstøv. I tillegg til strømmålinger i en 14-dagers periode har det vært gjennomført to tokt i september 1992.*

*Feltarbeidet har vært gjennomført av Lars G. Golmen og Torbjørn M. Johnsen fra NIVA-Vestlandsavdelingen. Under første tokt deltok Audun Aaland fra Vegkontoret i Sogn og Fjordane som også sørget for båtlease i forbindelse med toktene.*

*Analyser av vannprøver har vært gjort ved NIVA's laboratorium og ved Hordaland Fylkeslaboratorium.*

*NIVA-Vestlandsavdelingen, 23.11.92*

*Torbjørn M. Johnsen  
Prosjektleder*

## INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	side	3
1. INNLEDNING		5
1.1    Bakgrunn		5
1.2    Aktuelle problemstillinger		6
1.3    Omtale av tunnelprosjektet		6
2. TIDLIGERE HYDROGRAFISKE UNDERSØKELSER		9
2.1    Bakgrunn		9
2.2    Presentasjon		10
3. DATAINNSAMLING		15
3.1    Hydrografiske målinger		15
3.2    Strømmålinger		17
3.3    Transmisjonsmålinger		19
3.4    Andre prøver		19
4. MÅLERESULTAT		20
4.1    Hydrografi		20
4.2    Strømmålinger		25
4.2.1    Faststående instrumenter		25
4.2.2    Profilerende sonde		31
4.3    Transmisjon		32
4.4    Andre prøver		39
5. DISKUSJON OG VURDERINGER		40
6. TILRÅDNINGER		43
LITTERATURLISTE		44

## SAMMENDRAG

I forbindelse med at Statens Vegvesen anlegger ny vei mellom Årdal og Lærdal, skal det sprenges en tunnel mellom Fodnes og Lærdal. Deler av steinmassene fra tunnelsprengningen er overskuddsmasser som er tenkt dumpet i sjøen.

Målsetningen med konsekvensanalysen var å undersøke hvilke konsekvenser dumping av sprengsteinmasser i sjøen ved Fodnes, Mjølkeflaten/Kvidaskreda og Fylkeskaia vil ha på vannmassene og spesielt om skadelig virkning på laksefisk kan forventes.

Til hjelp for vurderingen er det gjennomført hydrografiske målinger, næringssaltanalyser, strøm- og transmisjonsmålinger. Dessuten er hydrografiske data innhentet fra NVE benyttet som grunnlagsmateriale i forbindelse med analysen.

Strømmålingene viste at det i måleperioden var sterkere strøm ved Mjølkeflaten/Kvidaskreda enn inne ved Fylkeskaia. Dominerende strømretning var rettet ut fjorden slik at det i de øvre 8 meter var en nettotransport ut fjorden.

Transmisjonsmålingene viste at under prøvedumping av steinmasser ble vannets lysgjennomskinnelighet sterkt redusert nær dumpingsområdet som et resultat av økt mengde uorganiske partikler i vannet. Partikkeltransporten var sterkest langs land med liten transport rett ut fra dumpingstedet.

Næringssaltanalyser viste at dumpingen av sprengstein førte til forhøyede nitratverdier nær dumpingsstedet. Nitrat er et nærings salt som er lett tilgjengelig for alger og som derfor kan bidra til øket algeproduksjon. Det øvre vannlaget i Sogne- og Lærdalsfjorden er imidlertid sterkt påvirket av ferskvann slik at algenes produksjon er fosfatbegrenset i store deler av vekstsesongen. Nitrattilførselen vil derfor ha liten eutrofierende virkning i dette tilfellet.

Dumpingen av steinmasser vil føre til at bunnflora og fauna i nærområdene vil bli nedslammet. Den bratte helningen av bunnen ved Fodnes og Mjølkeflaten/Kvidaskreda og den utoverrettede strømmen vil føre til at en stor del av partiklene føres utover fjorden samtidig som det skjer en fortykning.

Berggrunnen består av grunnfjell med grovkornete bergarter som ikke gir spikeldannelse, og faren for alvorlige effekter på fisk på grunn av steinstøvet ansees derfor for minimal.

Ved Fylkeskaia kan en imidlertid ut fra de utførte målingene kunne få en akkumulering av partikler i vannmassene hvor partiklene stammer både fra steinstøv og fra resuspensjon av bunnmateriale. Laksefisk i dette området kan derfor til tider bli eksponert for partikler med ulik bakgrunnsbelastning. Selv om konsentrasjonen av partikler ikke skulle representere noen akutt fare, bør steindumping helst unngås i tidsrommet mai-august.

For å begrense skadeeffektene av dumping av steinmasser anbefales det å sette i verk avgrensede tiltak som f.eks. opphenging av duk rundt dumpingsstedene.





Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Sogn og Fjordane har imidlertid krevd i brev av 06.07.92 at det gjennomføres en konsekvensanalyse før det kan gis tillatelse til dumping av sprengningsmasser.

## 1.2 Aktuelle problemstillinger

I følge Vegkontoret er det utpekt tre aktuelle steder for dumping av tunnelmassene (jfr. fig. 1.1). Mellom Sandnes og Fukkanes (senere kalt Fodnes) kan det bli dumpet inntil 400 000 m<sup>3</sup> sprengstein, ved Mjølkeflaten/Kvitaskreda ca. 3 km på vestsiden utover langs Lærdalsfjorden inntil 300 000 m<sup>3</sup> og mellom Urdasanden og Raudberghuset (senere kalt Fylkeskaia) like vest for Lærdalsøyri inntil 150 000 m<sup>3</sup>. Hvor store mengder sprengstein som vil bli dumpet på hvert sted, er ikke helt klarlagt. De angitte steinvolumene er derfor å anse som maksimumsmengder hvert enkelt sted. Den totale dumpingsmassen skal imidlertid ikke overstige 550 000 m<sup>3</sup>.

De planlagte steindumpingene reiser en del aktuelle problemstillinger og etter NIVA's syn må følgende konsekvenser tilknyttet vannmassene utredes:

### 1.

Steinpartikler som fremkommer ved sprengning av stein, regnes som spesielt skarpkantende og kan derfor tenkes å ha skadelige effekter på fisk. Lærdalselva er en meget viktig fiskeelv med normalt stor oppgang av laksefisk og er fra gammelt av betraktet som en av landets viktigste lakseelver. Til laksefisket er det knyttet sterke kommersielle interesser. Eventuelle negative effekter på laksefisk som følge av steindumping må derfor belyses. Partikkeleksponering kan også tenkes å ha effekt på andre fiskearter som f.eks. brisling.

### 2.

Partikler fra steinmassene vil kunne bli transportert med vannmassene og dermed øke vannets turbiditet.

### 3.

I steinmasser som produseres ved sprengning, er det ofte et høyt nitrogeninnhold. Dette er forårsaket av at sprengstoff inneholder nitrogenforbindelser.

## 1.3 Omtale av tunnelprosjektet

Veien mellom Årdal og Lærdal må føres gjennom fjellet fra Sandnes til Lærdal i en 6,4 km lang tunnel. Tunnelens tverrsnitt er satt til 60 m<sup>2</sup>. For å få en oversikt over fjellets beskaffenhet, har Vegkontoret fått gjennomført en geologisk undersøkelse. Lærdal ligger i et område med grunnfjell. De geologiske analysene viser da også at fjellet som tunnelen skal føres gjennom, består av de harde bergartene gabbro, granodioritt, anortosittisk gabbro og gneis og granitt (fig. 1.2).

# GEOLOGISK PROFIL

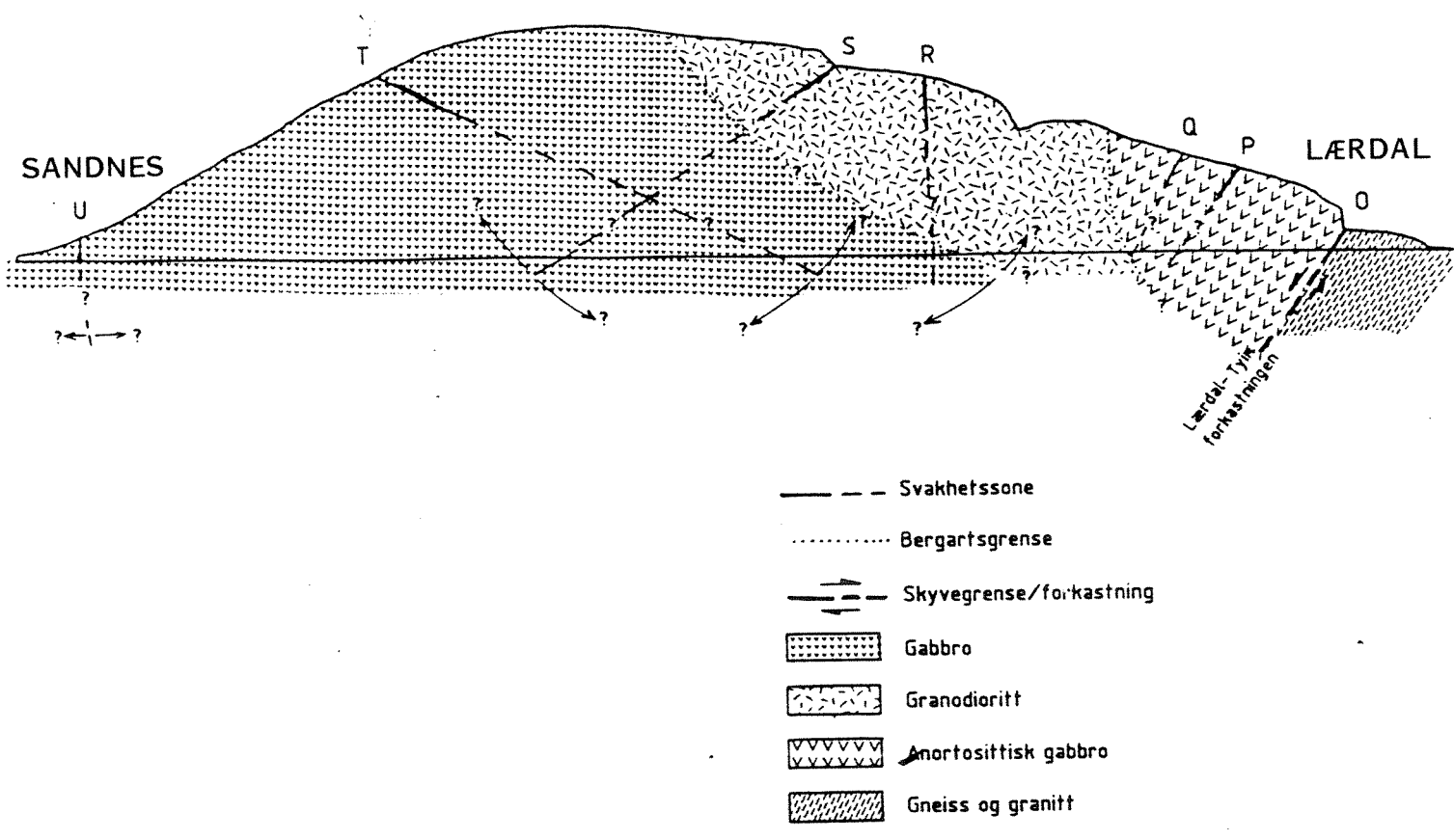


Fig. 1.2 Geologisk profil av fjellgrunnen fra Sandnes til Lærdal.

Mesteparten av steinmassene som skal sprenges ut, består av gabbro, og det er derfor denne bergarten som ønskes deponert ved Sandnes. Bergarten er basisk grovkornet med tetthet 2,9. Gabbro består av plagioclas, pyroxen og svært ofte olivin som kan danne fibrige spikler. Olivinnholdet i gabbro er imidlertid svært lavt (<5 %).

Mot Lærdalsiden består fjellet ved tunnelinnslaget av gneis og granitt som raskt går over i anortosittisk gabbro som etterfølges av granodioritt. Granitt og dioritt er grovkornede sure bergarter.

## 2. TIDLIGERE HYDROGRAFISKE UNDERSØKELSER

NIVA har fått tilgang til et større datamateriale fra Norges Vassdrags-og Energiverk (NVE), i samband med den foreliggende konsekvensvurderingen ved Lærdal og Fodnes. Siden NIVAs undersøkelse var svært begrenset tidsmessig sett, var det nødvendig å nytte andre mulige datakilder for å kunne danne seg et inntrykk av årsvariasjoner i sprangsjiktsdyp m.m. Sprangsjiktsdyp og sjiktning er viktig for bestemmelse av i hvilket dyp finpartikulært materiale spres, og er i tillegg nøye knyttet til forekomst og vekst av pelagiske organismer (alger og zooplankton) og også fisk (laks velger særskilte sjikt ved oppgang).

### 2.1 Bakgrunn

NVE har i mer enn 20 år organisert innsamling av hydrografidata (måling av temperatur og salinitet i sjøen) i flere norske fjorder, deriblant Sognefjorden. I denne fjorden er det flere fjordarmer som har vært gjenstand for omfattende undersøkelser i forbindelse med vassdragsreguleringer. Her kan nevnes Lusterfjorden, Årdalsfjorden og Lærdalsfjorden.

Målingene har for det meste vært utført av lokal observatør ved hjelp av utlånt utstyr slik som Salinoterm-sonder. Målingene er foretatt med regelmessige mellomrom, f.eks. en gang pr måned, og da i forhåndsutvalgte faste posisjoner ("stasjoner"). Det er vanligvis målt med faste dybdeintervaller; små i øvre lag og noe større intervaller nedover i dypet.

Målingene har fra NVE sin side vesentligst vært knyttet til behov for eller pålegg om å dokumentere virkninger av vassdragsreguleringene på tilstøtende fjorder. Blant annet har virkning på islegging stått sentralt.

Det er ikke foretatt noen kvalitetskontroll av datamaterialet fra NIVAs side. Vi har heller ikke vurdert effekter (endring i hydrografi) av eventuelle vassdragsreguleringer innenfor den aktuelle perioden 1980-1990. Målingene antas å gjenspeile hydrografiske forhold som også kan oppstå i den aktuelle perioden for steindumping.

## 2.2 Presentasjon

Vi har plukket ut data fra NVEs stasjoner 1 (innerst) og 2 i Lærdalsfjorden, og stasjon 35 i Sognefjorden like NV for Fodnes. Førstnevnte stasjoner har posisjoner om lag som NIVAs stasjon L1 og L2 (fig. 3.1a). Vi har begrenset oss til å analysere data fra perioden 1980 til 1990 med fokus på vår og midt-sommer eller så tidsmessig nært disse periodene som dataene muliggjør. Førstnevnte periode dekker planlagt oppstart for fyllingsarbeider, mens sistnevnte dekker antatt følsom periode for påvirkning av laksefisk.

Vertikalprofiler for salinitet, temperatur og beregnet tetthet ( $\sigma_t$ ) for nevnte periode og stasjoner er presentert i appendiks. Tetthetskurvene følger stort sett saliniteten. Endringer i temperaturen har relativt sett mindre innvirkning på tettheten.

Fig. 2.1 og 2.2 viser profilene fra stasjon 35 ved Fodnes (periode 1985-1990). Det er først og fremst mai måned (ingen målinger i juni-august) som viser mest markert sjiktning med sprangsjikt typisk rundt 5 m dyp. Det er imidlertid tale om år-til-år variasjoner med 1985 og 1988 som mest markert. Tidlig på våren var det tendens til noe dypere sprangsjikt, men langt mindre kontraster vertikalt.

Data fra stasjon 1 i Lærdalsfjorden er presentert i fig. 2.2 og fra stasjon 2 i fig. 2.3. Også her er det mai-juli som har mest markert øvre lag med sprangsjikts dyp typisk rundt 3,5-4 meter, altså noe grunnere enn ute ved Fodnes. Ferskvannspåvirkningen disse månedene var også vesentlig mer markert enn ved Fodnes med tetthetsverdier i øvre lag ned mot 0, d.v.s. nesten ferskvannskaraktistikk.

Kritisk dyp for påvirkning vil være nøye knyttet til sprangsjiktsdypet og til hvilke organismer som befinner seg over, i og under dette i aktuelle perioder for utfylling. Perioder med kraftig ferskvannspåvirkning vet en er assosiert med en utoverrettet brakkvannsstrøm i overflaten og en innoverrettet strøm i dyp i og like under sprangsjiktet. Partikler som virvles opp og ansamles like under sprangsjiktet vil da bli ført innover i retning mot elvemunningen. Noe vil bli medrevet oppover og inn i den uttoverrettede strømmen, og noe vil sannsynligvis sedimentere ut på veg innover.

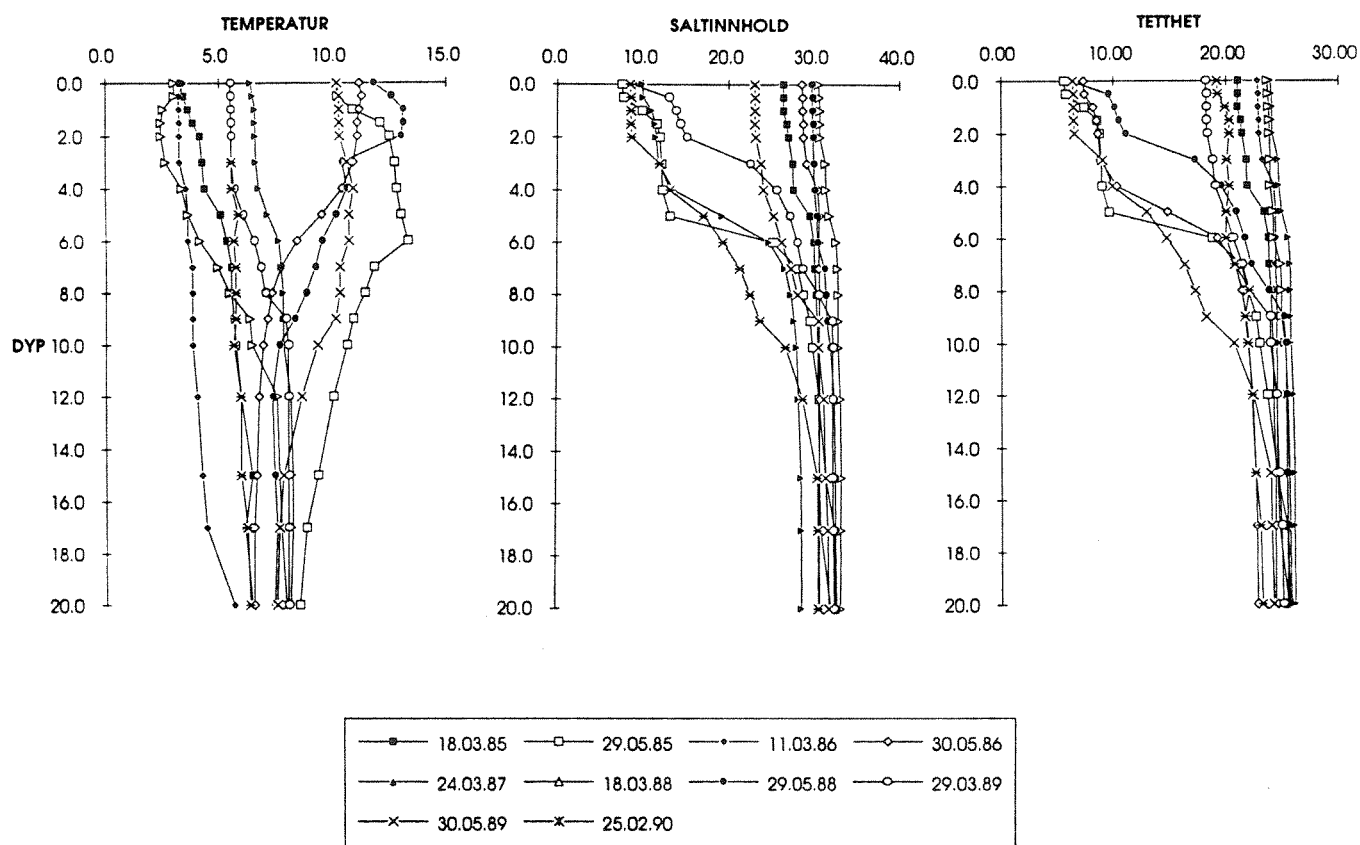


Fig 2.1. Temperatur -, saltholdighet - og tetthetsprofiler fra NVE's stasjon 35 for perioden 1985-1990.

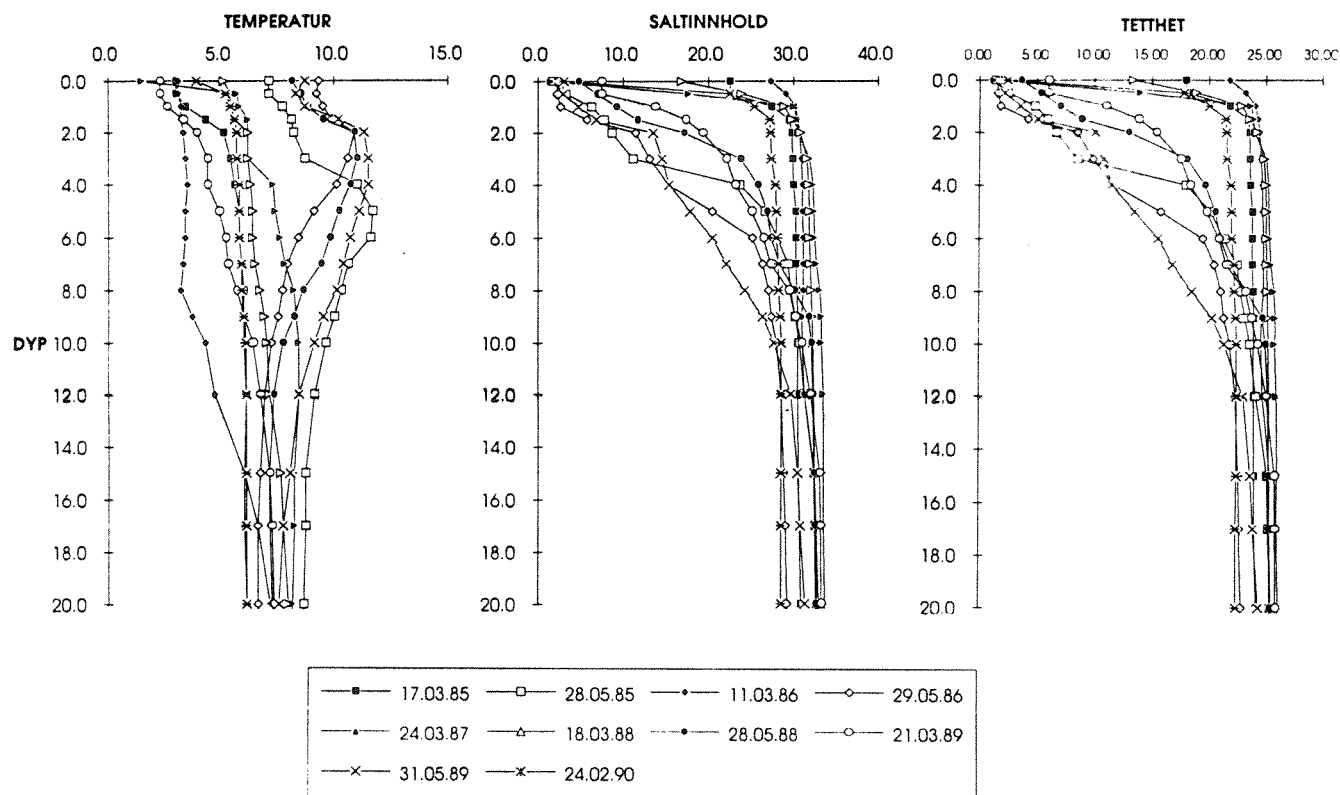
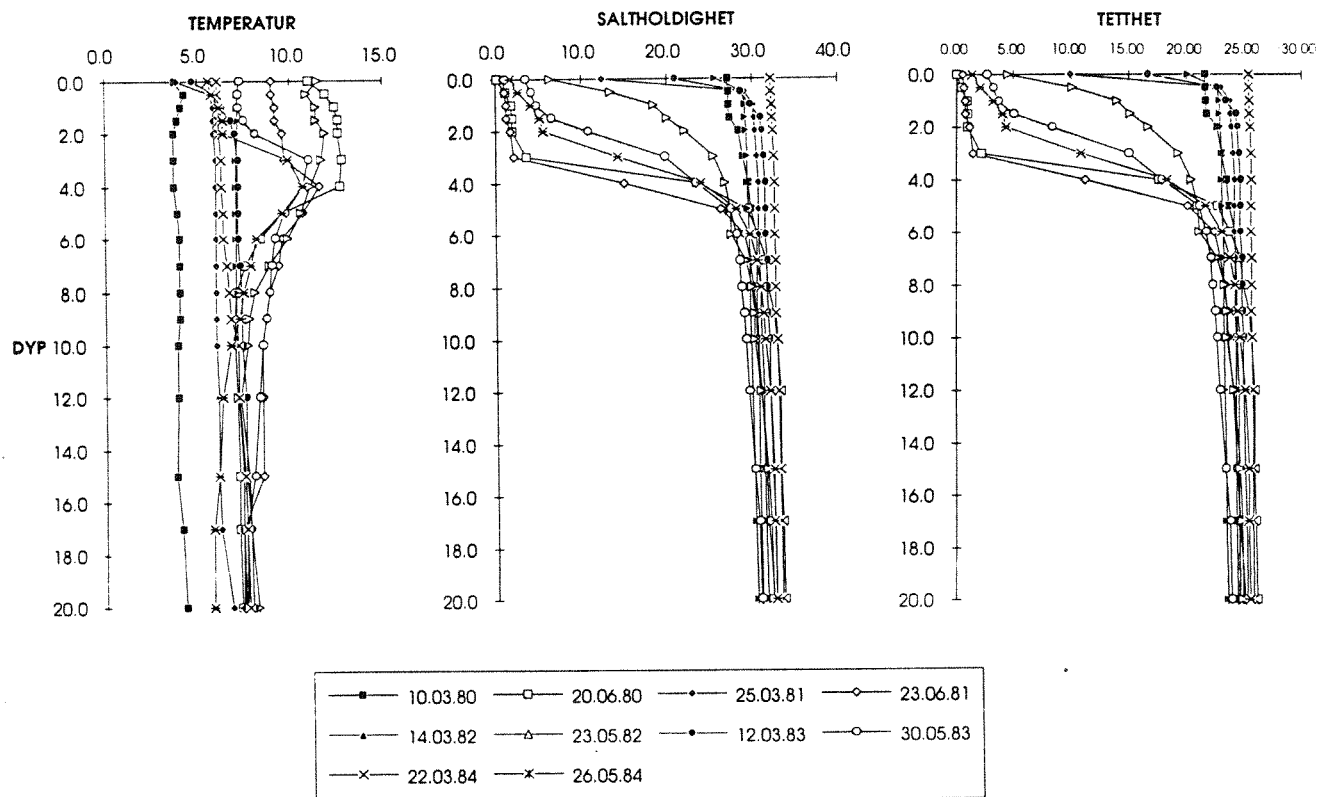


Fig. 2.2. Temperatur -, saltholdighet - og tetthetsprofiler fra NVE's stasjon 1 for perioden 1980-1990.

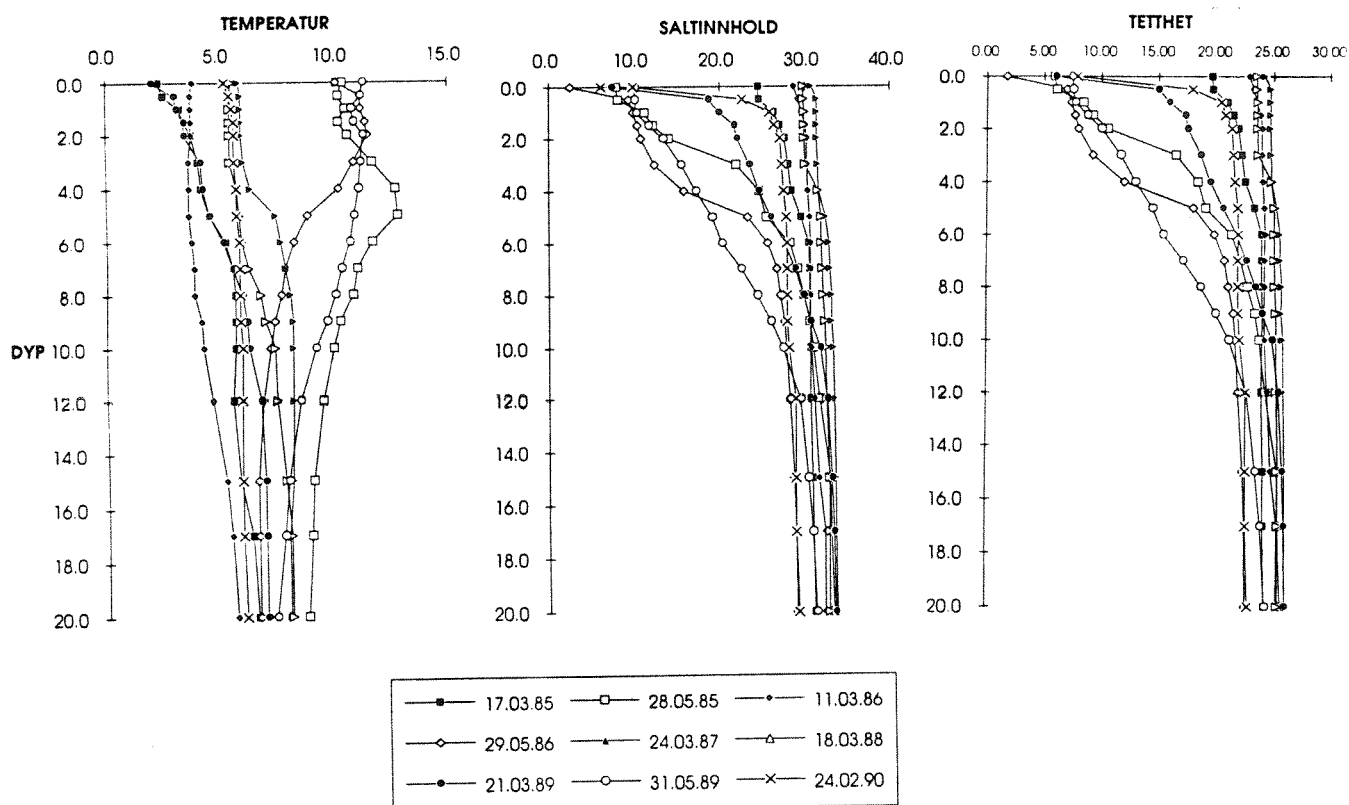
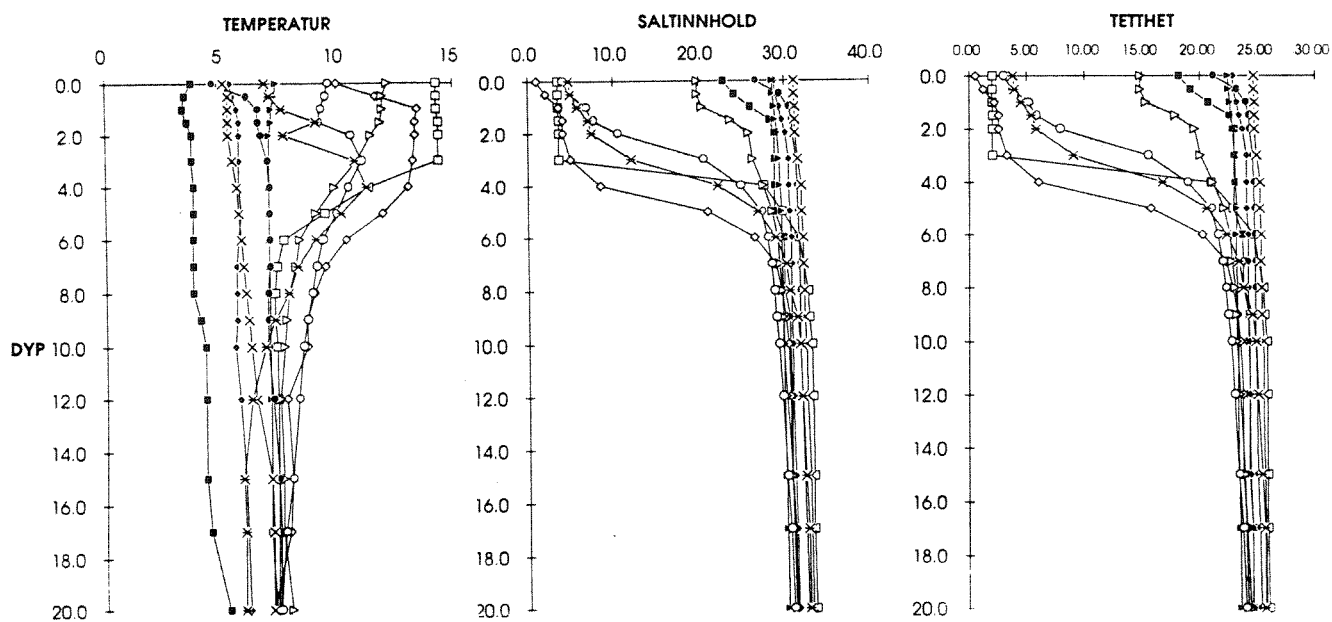


Fig.2.3. Temperatur -, saltholdighet - og tetthetsprofiler fra NVE's stasjon 2 for perioden 1980-1990.



Det presenterte materialet viser at det kan forventes store variasjoner i brakkvannskarakteristikken og i sprangsjiktets gradienter. Sprangsjiktdypets variasjon synes å variere innenfor begrensede intervaller (3.5 til 5-6 meter) og er derfor ikke av like stor viktighet med omsyn til å vurdere endrede miljøeffekter som følge av årstidsvariasjoner.

### 3. DATAINNSAMLING

Dette kapittelet gir en kort oversikt over de målingene som ble utført i samband med det foreliggende prosjektet i september 1992.

#### 3.1 Hydrografiske målinger

Ulike steder i Lærdalsfjorden og ved Fodnes ble det profilert med automatisk registrerende sonder. Måleposisjonene er vist i fig. 3.1a,b. Et nedsenkbart instrument; kombinert strømmåler og STD (salinitet-temperatur-dyp) måler, ble benyttet til de fleste målingene 8. og 9. september. Dette instrumentet (type Simtronix UCM-40) registrerer kontinuerlig etter hvert som sonden senkes nedover i vannet. Alle måledata overføres direkte via kabel til medbrakt PC i båten.

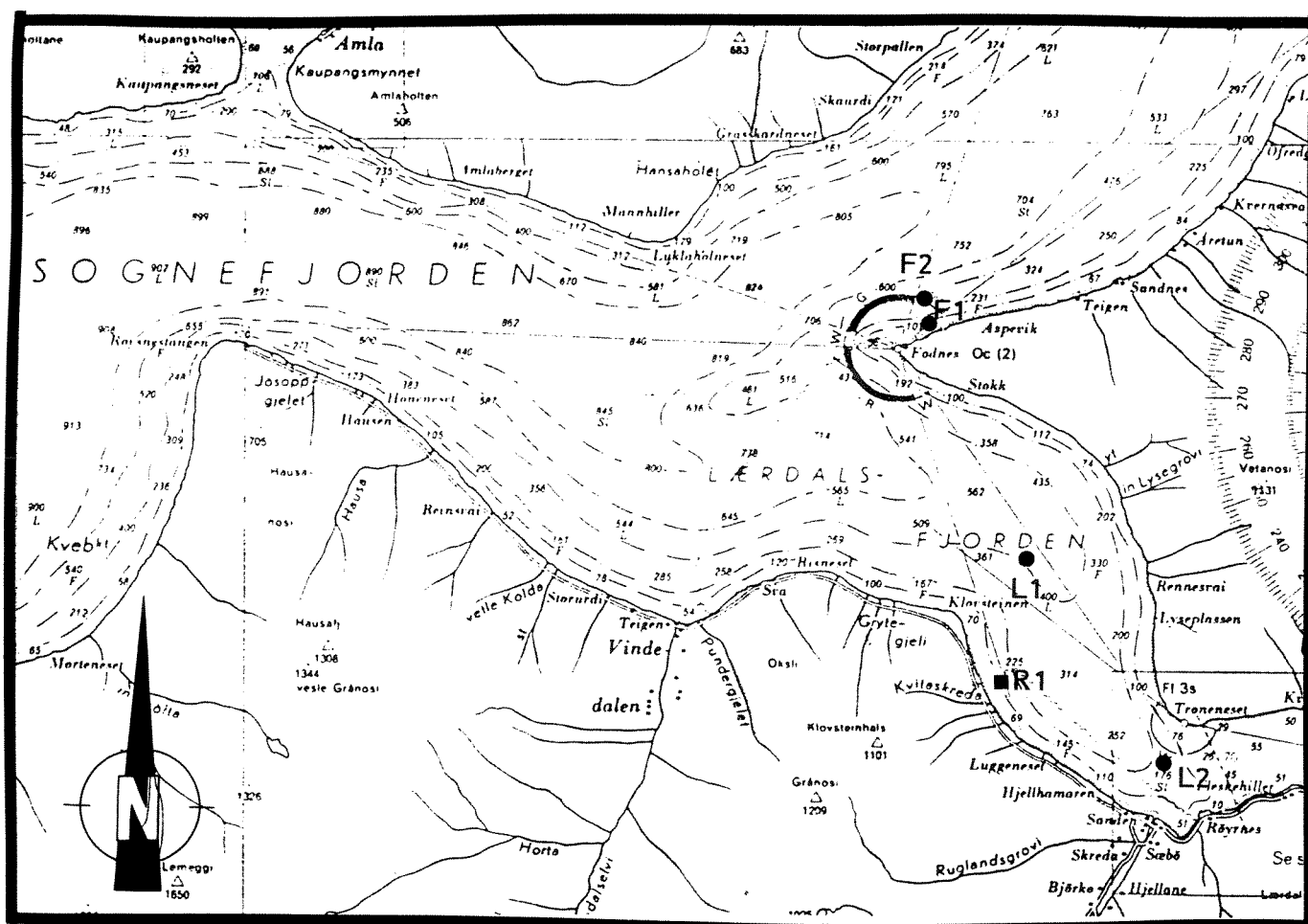


Fig. 3.1a. Utsnitt av sjøkart nr 252, med NIVAs hydrografistasjoner og strømmålerposisjoner i september 1992 markert.



Til noen av registreringene ble det benyttet et instrument av type Sensordata SD200, som logger måledata internt med faste tidsmellomrom (5 sekunder i våre tilfeller) etter hvert som sonden fires nedover i et tau e.l.

### 3.2 Strømmåling

Strømmålinger ble gjort i to posisjoner; en vest for Fylkeskaia og en ved Mjølkeflaten/Kvitaskreda (fig. 3.1a,b). Målingene ble gjort ved hjelp av automatisk registrerende instrumenter av type Sensordata SD2000. Disse registrerer med faste mellomrom strømstyrke, strømrretning, samt sjøens temperatur.

Strømstyrke måles ved hjelp av omdreininger til en Savonius rotor, og strømrretningen ved hjelp av et ror som dreier instrumentet opp mot strømmen, samt et dertil egnet kompass. Måledata lagres i et elektronisk minne. Etter opptak av instrumentet foretas optisk avlesing med PC og egnet kommunikasjonsprogram.

Selve riggopphengget er skissert i fig. 3.2. En bøye med ca 35 kg oppdrift holder instrumentene i sine respektive faste dyp. Et anker sørger for at riggen holder seg på plass. Selve måleinstrumentene er opphengt i en spindel-anordning, slik at rotor og måler fritt kan dreie seg med strømmen. Riggen må ha lite slakk, men tilstrekkelig til å kunne ta opp høyt høyvann.

Måleperioder og andre data tilknyttet måleseriene er presentert i tabell 3.1. Datagjennfangsten var 100 %, i forhold til målsettingen.

I samband med den hydrografiske profileringen med UCM-40 sonden, ble det også målt strøm. Noen av disse strømprofilene er tatt med i denne rapporten. Det dreier seg om målinger ved hjelp av ultralyd. Målingene gir strøm relativt til måleplattformen (båten). Dersom båten driver (dette var for det meste tilfelle) gir instrumentet et strømprofil relativt til overflatestrømmen på stedet.

**Tabell 3.1.** Oversikt over målinger i faststående rigger i Lærdal og ved Fodnes i september 1992. Måleintervallet var satt til 12 minutt for alle fire instrument.

Måleposisjon	Måledyp	1. måling	Siste måling
N/V Fylkeskaia	3 m	9/9 1992 1155	25/9 1992 1200
---"---"---	8 m	---"---"---	---"---"---
Ved Mjølkeflaten	3 m	9/9 1992 1215	25/9 1992 1230
---"---"---	8 m	---"---"---	---"---"---

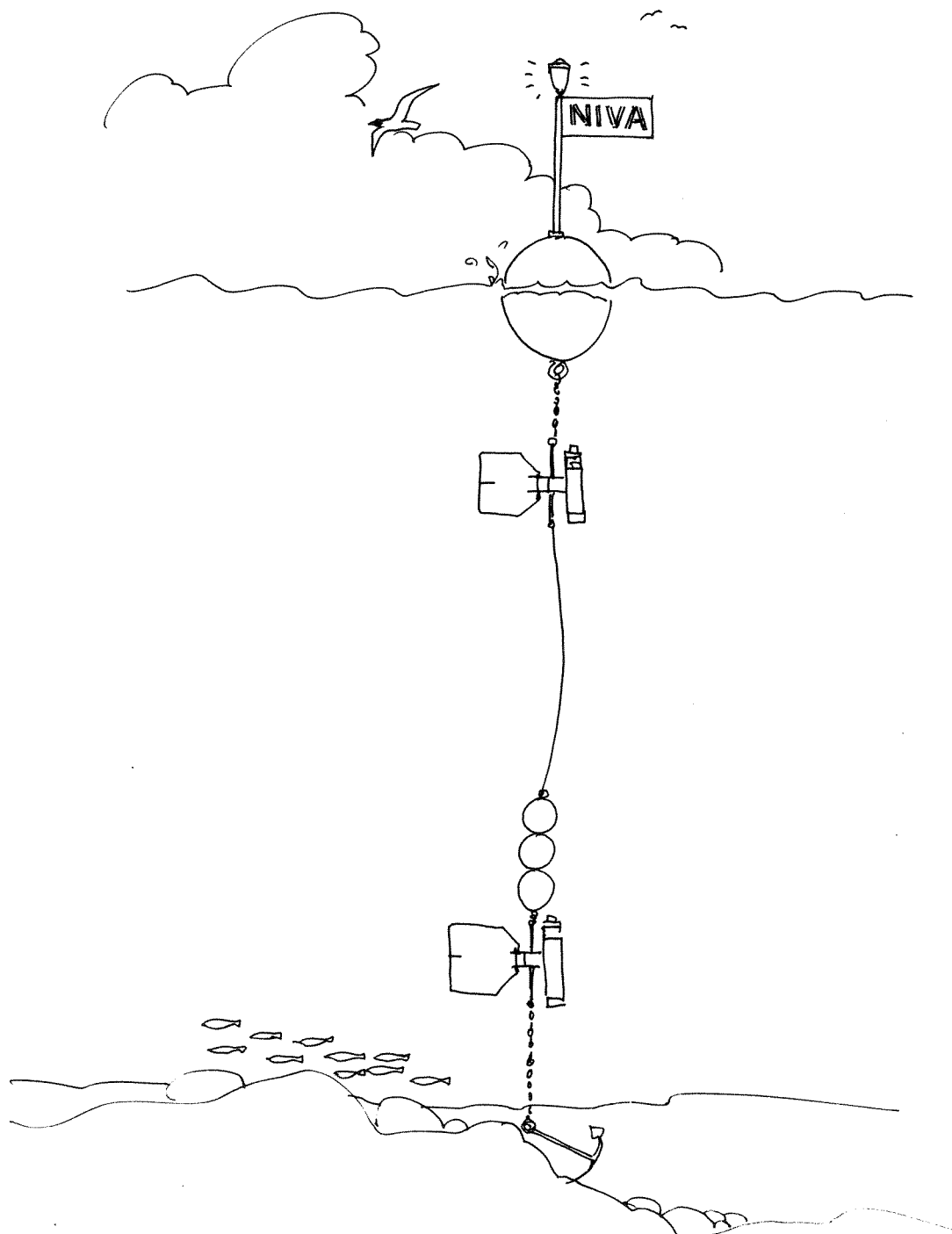


Fig. 3.2 Skisse av strømmålerigg med Aanderaa RCM strømmåler, som ble benyttet ved Storavikholmene.

### 3.3 Transmisjonsmålinger

Transmisjonsmålingene er gjort ved bruk av et Martec transmisjonsmeter med grønt fargefilter (520 nm) og hvor lysveien er 1 meter. På stasjonene ble instrumentet firt ned til 50 m eller til 5 meter over bunnen. Vannets prosentvise transmisjon ble så målt under heving til overflaten, og resultatene ble skrevet ut direkte som XY-plott. Lysets svekningskoeffisient ( $c_{520}$ ) kan beregnes ved bruk av formelen:

$$c_{520} = -\ln(T/100)$$

hvor T er den transmisjonen angitt i prosent. I tillegg til måling av vannets gjennomsjkinnelighet ved bruk av transmisjonsmeter ble det foretatt målinger av siktedyp.

For å undersøke om redusert transmisjon skyldtes uorganisk partikulært materiale, ble det tatt vannprøver på aktuelle dyp for analyse av totalt suspendert tørrstoff og gløderest av dette.

Målinger av transmisjon ble gjennomført første gang 8. september på 2 stasjoner. St.1 var ca. 70-80 meter fra land og st.2 mellom 5 og 10 meter like utenfor tippområdet. Dagen etter ble det gjennomført prøvedumping av sprengningsmasser, og nye transmisjonsmålinger ble foretatt etter at ca. 2 000 m<sup>3</sup> stein var dumpet i sjøen i løpet av ca. 1,5 timer.

Dumpingen av steinmasser ga et synlig influensområde. Visuelle observasjoner av "grå sjø" ble derfor gjort.

25. september ble vannets transmisjon i området målt igjen. Det hadde da ikke vært foretatt dumping av steinmasser i sjøen den senere tiden.

### 3.4 Andre prøver

Under første tokt ble det tatt vannprøver i og utenfor influensområdet fra dumpingen av sprengmasser. Prøvene ble analysert for nitrat, totalt nitrogen, fosfat og totalt fosfor.

## 4. MÅLERESULTAT

Vi gir her en kortfattet oppsummering av de viktigste måleresultatene, med vekt på de verdier som har antatt mest betydning for de videre vurderingene.

### 4.1 Hydrografi

#### FODNES

Målinger ved Fodnes den 8. september er vist i fig. 4.1. Den ene profilen (stasjon F1) er tatt til bunns like ved fyllingsstedet (fig. 4.1a). Målingene viste et godt gjennomblandet øvre lag, av ca. 3 m tykkelse. Salinitet og temperatur lå henholdsvis rundt 14,6 p.p.t. og 11,5 °C h.h.v. Sprangsjiktet under var tynt (ca 0,5 m) med markerte gradienter mot vann dypere nede.

Fig. 4.1b viser vertikalprofil tatt like etter forrige profil, men ca 120 m fra land (stasjon F2). Egenskaper og verdier for øvre lag er temmelig like de som ble målt inne ved land (h.h.v. 15,2 p.p.t. og 11,5°C). Med andre ord var det liten variasjon i øvre lag over den involverte avstanden. Sprangsjiktet synes ikke fullt så skarpt som innerst ved land, men dette kan skyldes litt ulik prøvetaking i sjiktet.

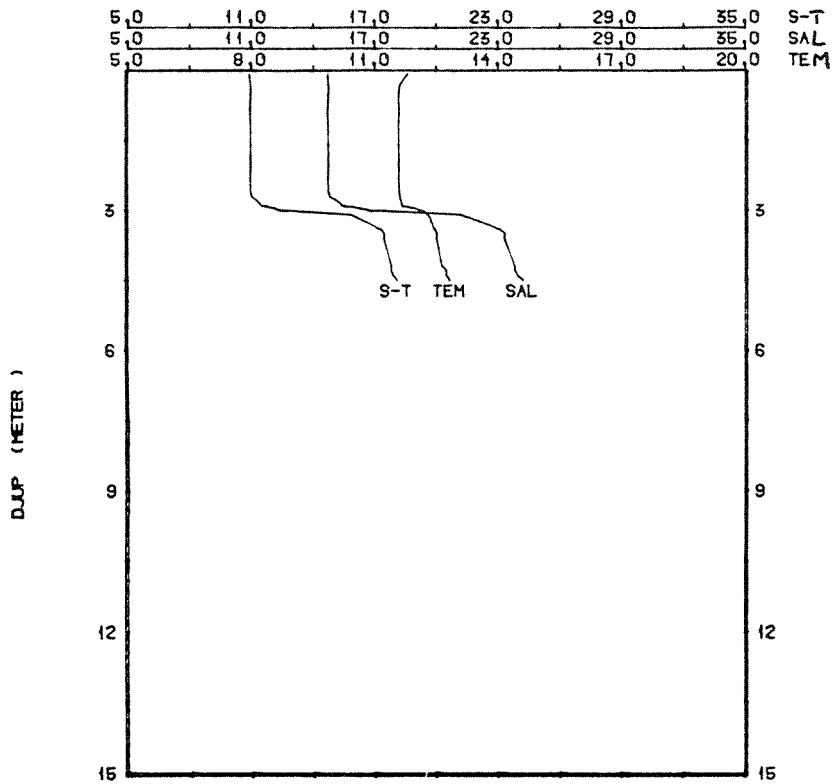
Profilene i fig. 4.1b gikk imidlertid dypere enn foregående og avdekker tilstanden lenger ned i vannsøylen. Det framgår at under det mest markerte sprangsjiktet øker alle verdier (inkl. tetthet) tilnærmet lineært til ca 31 p.p.t. og 13,4°C (for henholdsvis S og T) i 12-15 meters dyp.

Fig. 4.2 viser vertikalprofil ved Fodnes tatt 25. september 1992 i posisjon F2. I forhold til foregående profiler var sjiktingen omlag uendret med unntak av et tynnere sekundær-sjikt i øverste 0,7 meter. Sprangsjiktet sluttet ved ca 5 m dyp, noe grunnere enn forrige gang.

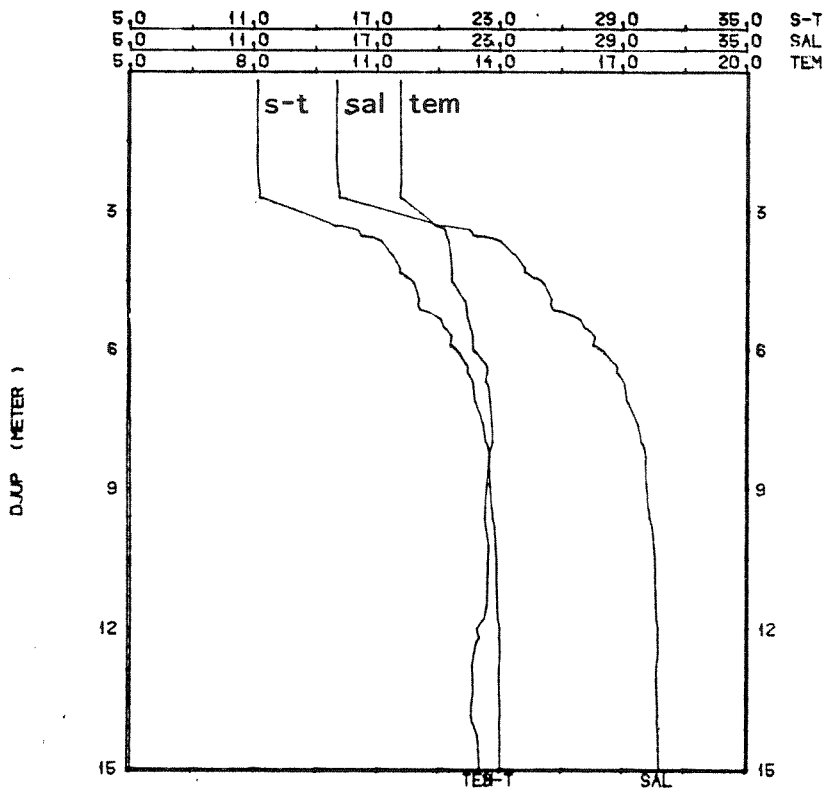
#### LÆRDALSFJORDEN

Den 9. september ble det tatt fire stasjoner L1-L4 fra innenfor lykten på Fodnes og innover fjorden (Fig. 3.1a,b) til elveosen. Resultatene er vist i fig. 4.3a-d. Innblandingen av sjøvann øker utover i fjorden. Det synes imidlertid som om det var noe høyere overflatesalinitet inne ved elveosen (fig. 4.3d) enn litt lenger ute NV for Fylkeskaia (fig. 4.3c). Dette kan henge sammen med at vi målte litt utenfor selve elvestrålen, men verdiene indikerer også at det raskt skjer en blanding med underliggende vann inne i elveosen.

Sprangsjiktet utover i Lærdalsfjorden lå i 4-5 meters dyp, men var mindre karakteristisk enn ute ved Fodnes, på grunn av et relativt kontinuerlig sjiktet øvre lag. Strukturen i øvre lag indikerer også aktiv blanding mellom vannmasser i fjorden (elvevann/fjordvann).



VERTIKAL PROFIL: LERDAL-UCHI SEPT 1992, NIVA  
 STNR 911 ; POS:61.000°N 6.000°E ; DATO:92. 9. 8 : 15.45



VERTIKAL PROFIL: LERDAL-UCHI SEPT 1992, NIVA  
 STNR 913 ; POS:61.000°N 6.000°E ; DATO:92. 9. 8 : 16.40

Fig. 4.1a,b. Vertikalprofiler av salinitet (SAL), temperatur (TEM) og tetthet (S-T, kg/m<sup>3</sup> - 1000) fra Fodnes, stasjon F1 (øverst) og F2 8. september 1992.



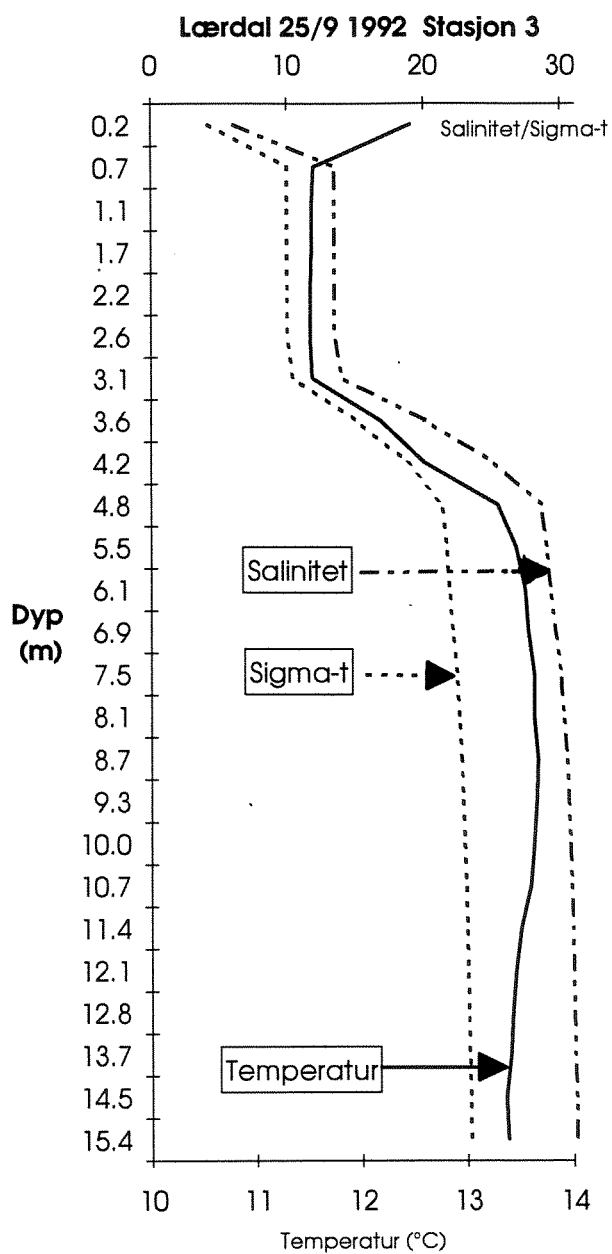


Fig. 4.2. Vertikalprofiler av salinitet, temperatur og tetthet (Sigma-t,  $\text{kg/m}^3 - 1000$ ) fra Fodnes, stasjon F2, 25 september 1992.

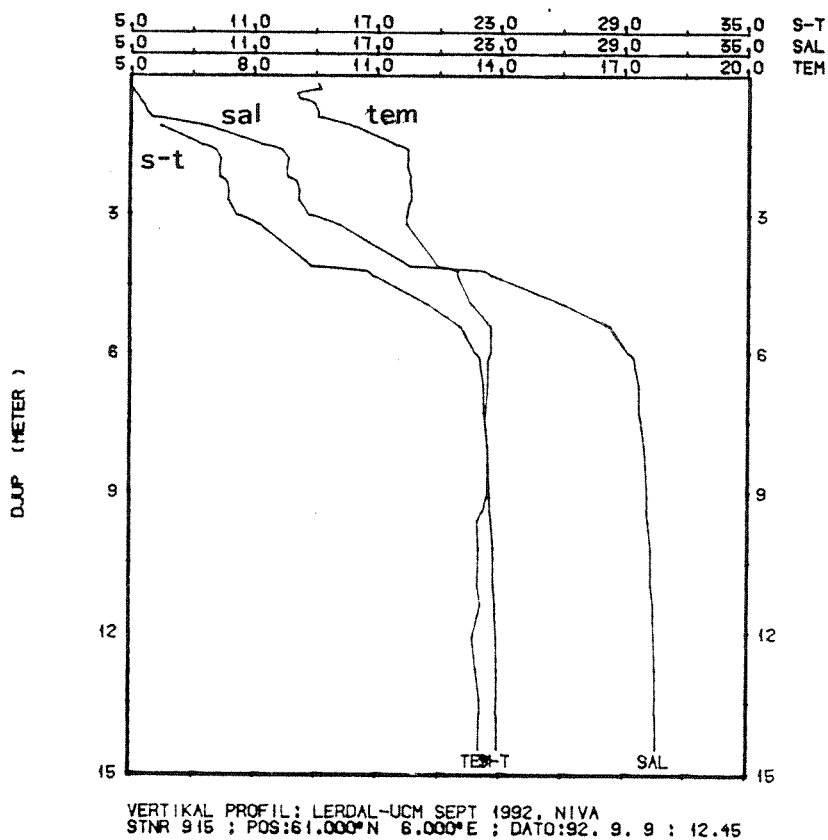
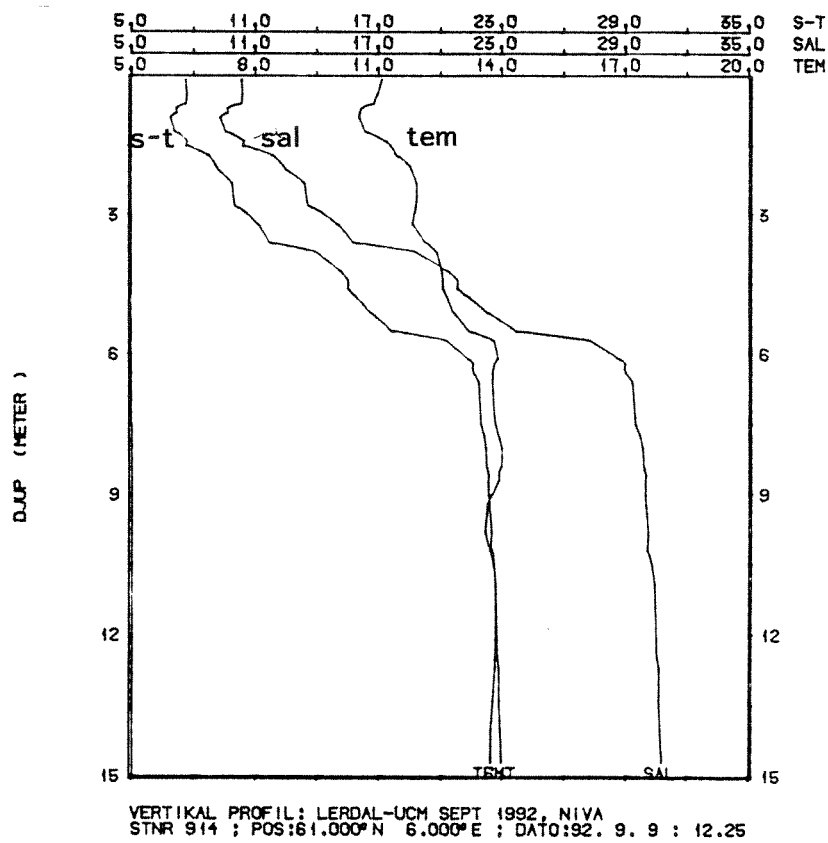


Fig. 4.3a,b. Vertikalprofiler av salinitet (SAL), temperatur (TEM) og tetthet (S-T,  $\text{kg/m}^3 - 1000$ ) fra Lærdalsfjorden, stasjon L1 (øverst) og L2 9. september 1992.

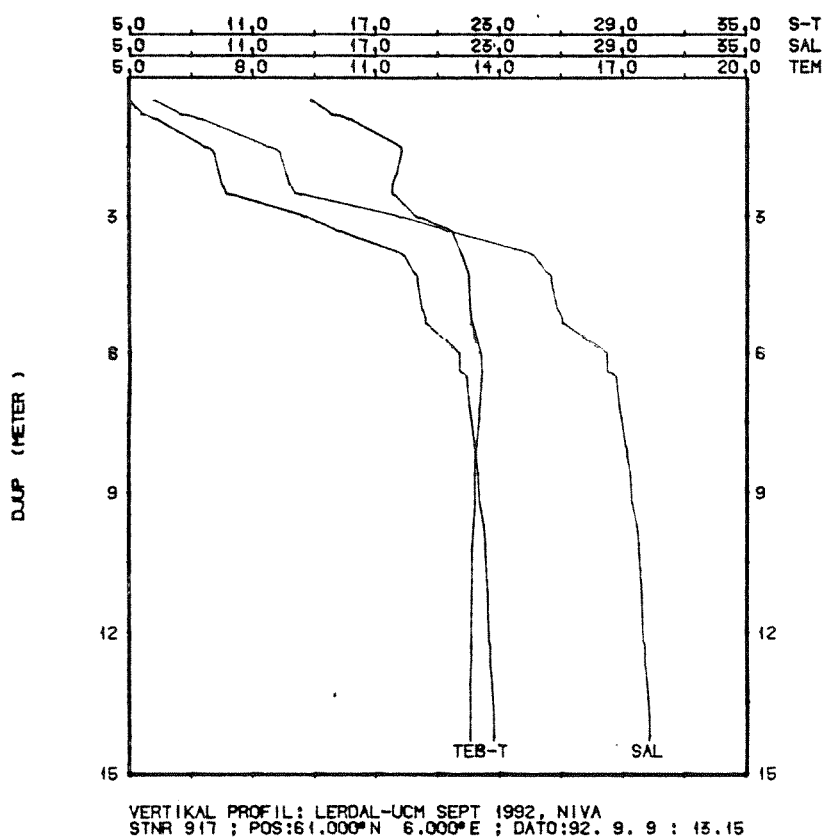
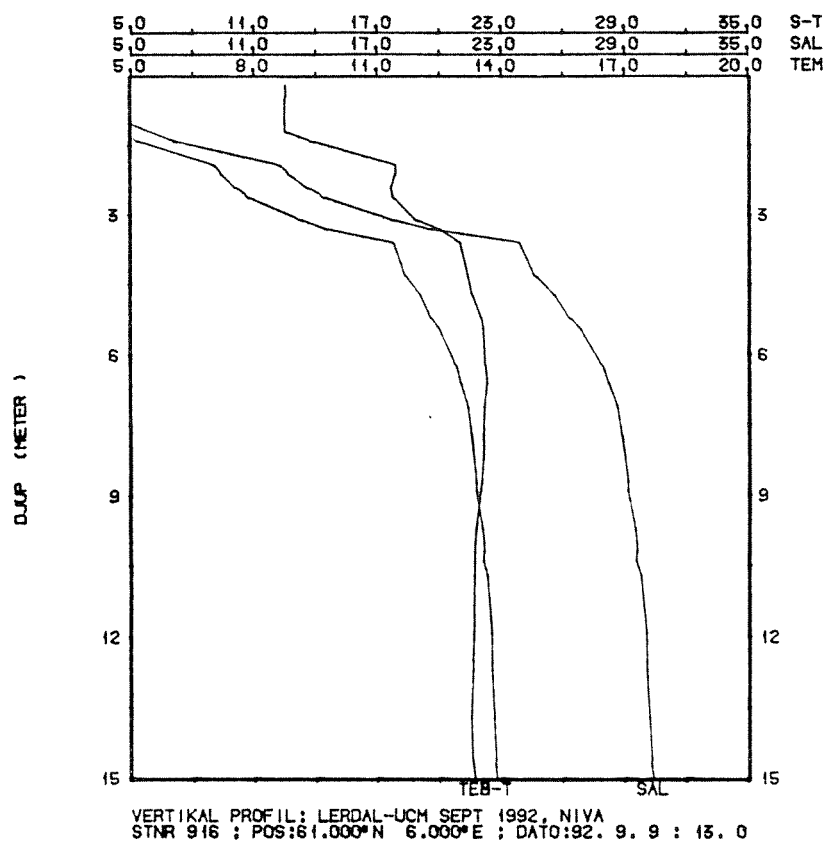


Fig. 4.3c,d. Vertikalprofiler av salinitet (SAL), temperatur (TEM) og tetthet (S-T,  $\text{kg/m}^3 - 1000$ ) fra Lærdalsfjorden, stasjon L3 (øverst) og L4 9. september 1992.

Temperaturkurvene fra de faststående strømmålerene (neste avsnitt, fig. 4.4a-d) gir en indikasjon på variabilitet i vannmassene. Variasjonen var vesentlig større i 3 meter enn i 8 meter. Variasjonene var imidlertid innenfor 1-2 °C, og skyldes for en del vanlig dag/natt variasjon. Over den 14 dager lange måleperioden var det liten trend til endring (høstavkjøling).

## 4.2 Strømmåling

### 4.2.1 Faststående instrumenter

Strømmålingene er analysert og framstilt grafisk, for å få fram de viktigste resultatene. Tidsserieplott av de fire seriene er vist i figurene 4.4a,d. Fig. 4.4a,b viser målingene fra stasjon R2 (ved Fylkeskaia), og fig. 4.4c,d viser målingene fra Mjølkeflaten.

Av resultatene framgår det at strømstyrken var vesentlig høyere ved Mjølkeflaten enn ved Fylkeskaia (R2) i begge måledyp. Inne ved Fylkeskaia var det lange perioder (inntil 1 dags lengde i 8 m dyp) der strømmen var lavere enn instrumentets deteksjonsgrense (ca 2 cm/s). I 3 m dyp dreide det seg om perioder med varighet inntil ca 8 timer.

Maksimalstrøm i 3 m dyp var ca 20 cm/s (Fylkeskaia) og i 8 m dyp ca 15 cm/s (Mjølkeflaten). Tabell 4.1 gir en del statistiske verdier for de ulike seriene. Basis for noen av verdiene er framstillingen i fig. 4.5, hvor middelerdi for strømretning innafor ulike retningsintervaller er plottet.

Det framgår fra fig. 4.5 at området ved Mjølkeflaten hadde de høyeste middelerdi, med skiftende strømretning mellom 150-180° (retning mot sør-sørøst) og 330-360° (retning mot nord-nordvest). Dominerende strømretning (netttransport) var rettet ut fjorden i begge dyp, med klareste karakteristikk i 3 meter.

Ved Fylkeskaia, 3 m dyp, var dominerende strømretning 300° grader, d.v.s. retning ut av fjorden. I 8 m dyp var retningsfordelingen noe mer ensartet, men retning ut fjorden var hyppigst forekommende, og hadde relativt markert middelstrøm. M.a.o. netto strøm rettet utover fjorden.

**Tabell 4.1.** Oversikt over de viktigste målesresultatene for strøm i posisjon R1 (Mjølkeflaten) og R2 (NV for Fylkeskaia).

Posisjon	Maksimalstrøm	Middelstrøm	domin. retning
R1, 3m	18 cm/s	4,2 cm/s	ut fjorden
R1, 8m	15 cm/s	2,0 cm/s	ut fjorden
R2, 3m	19 cm/s	2,4 cm/s	300°
R2, 8m	10 cm/s	1,7 cm/s	320°

Lærdal, september 1992  
Temperatur Fylkeskaia 3 m

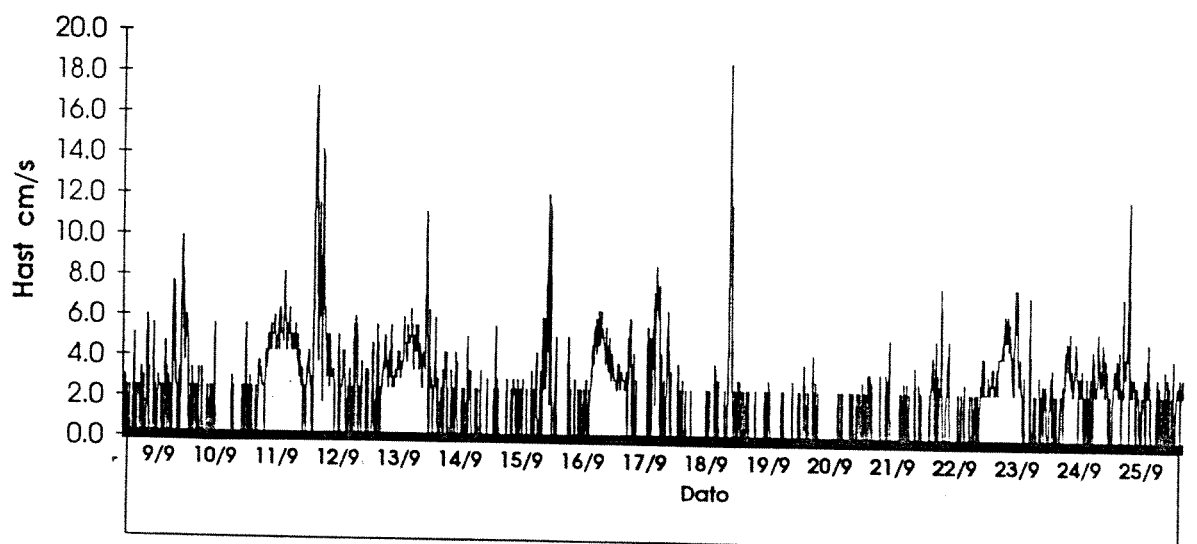
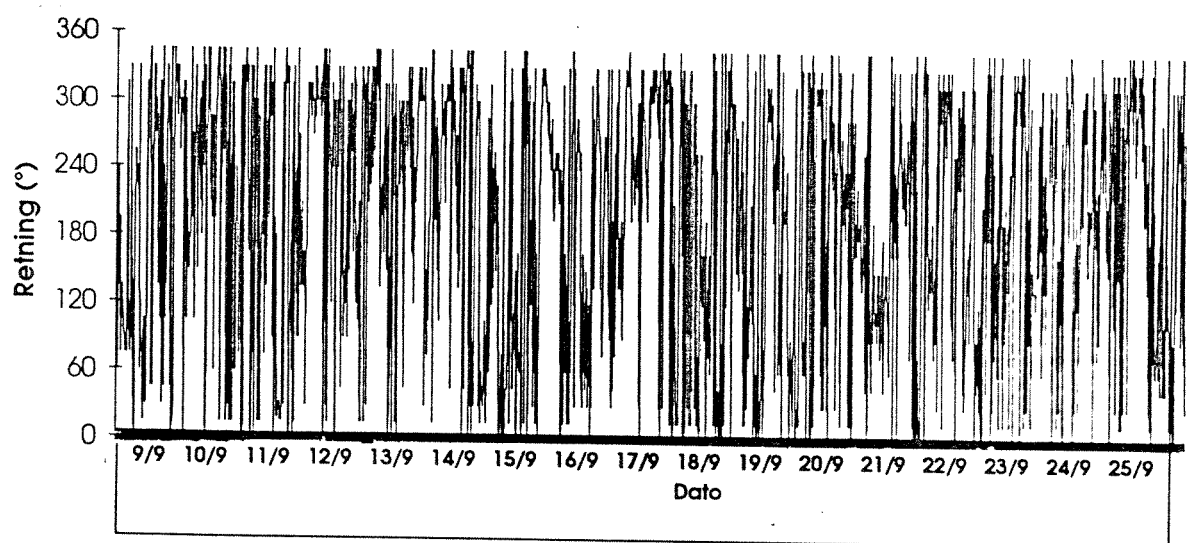
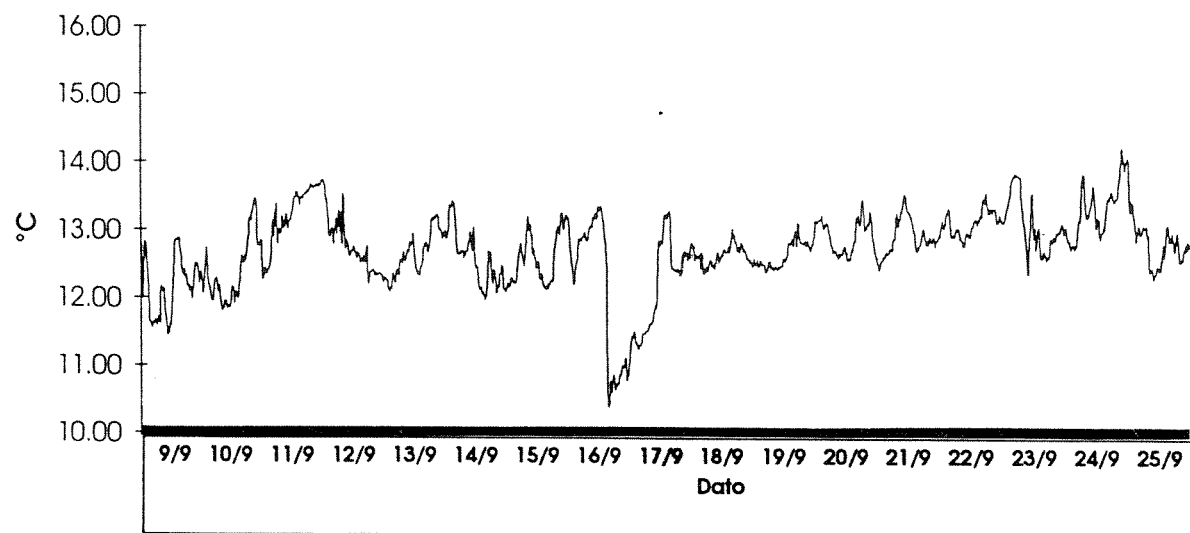


Fig. 4.4a. Tidsserier for målt temperatur, strømrretning og strømhastighet i posisjon R2, 9-25 september 1992. Måledyp: 3m.

Lærdal, september 1992  
Temperatur Fylkeskaia 8 m

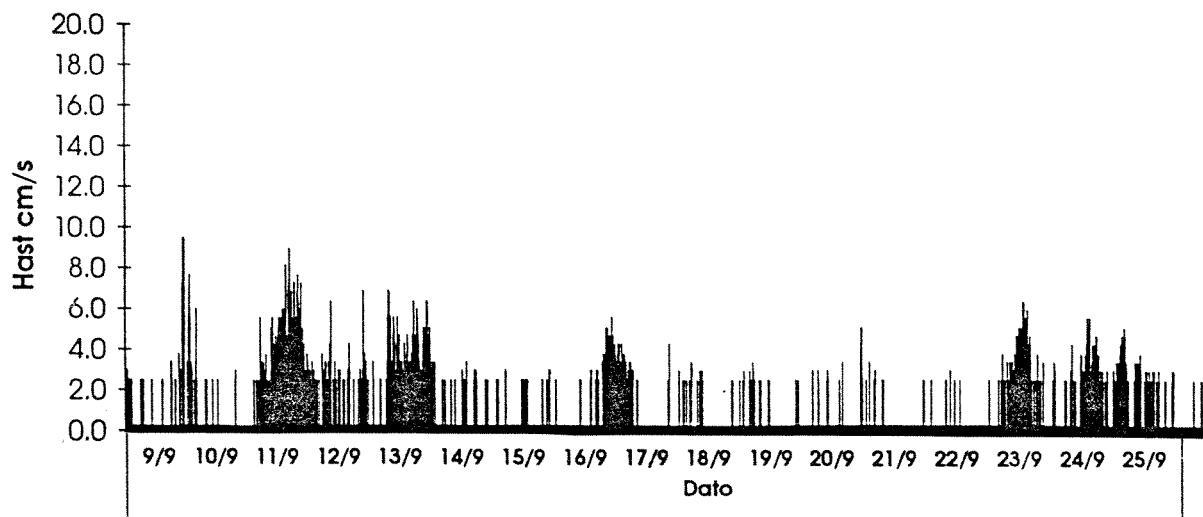
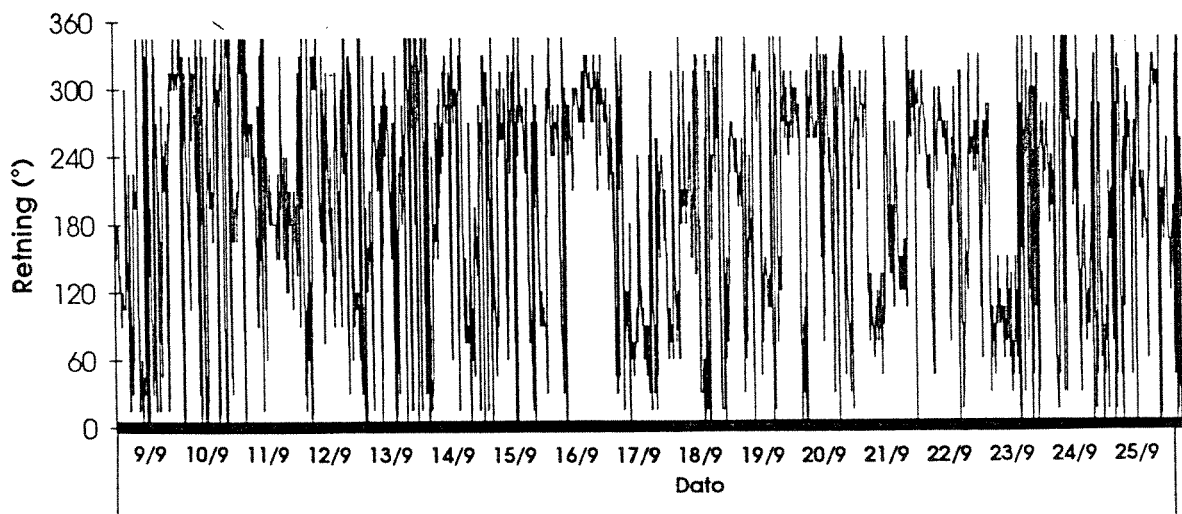
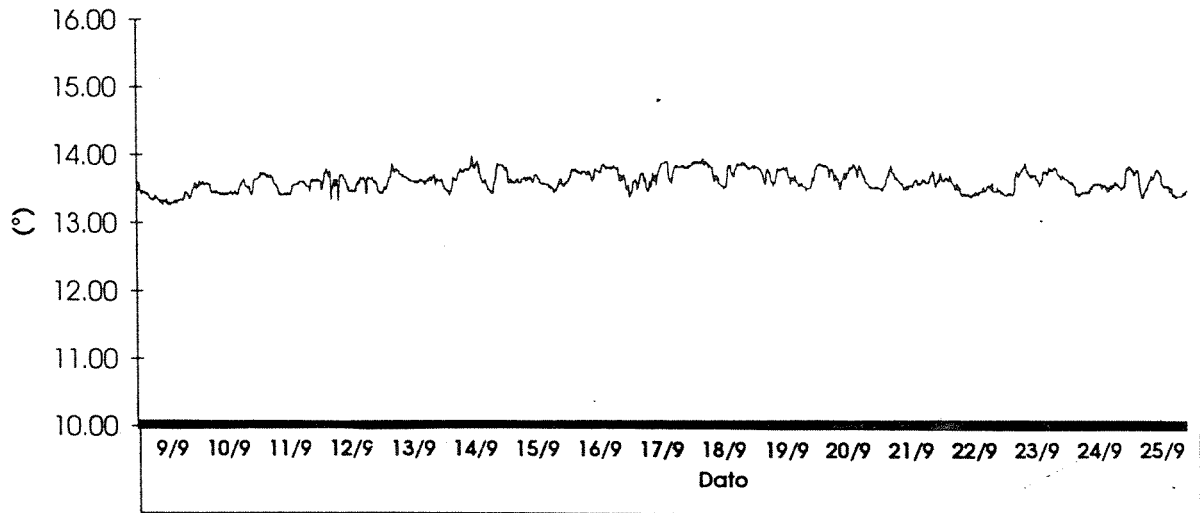


Fig. 4.4b. Tidsserier for målt temperatur, strømretning og strømhastighet i posisjon R2, 9-25 september 1992. Måledyp: 8m.

Lærdal, september 1992  
Temperatur Mjølkeflaten 3 m

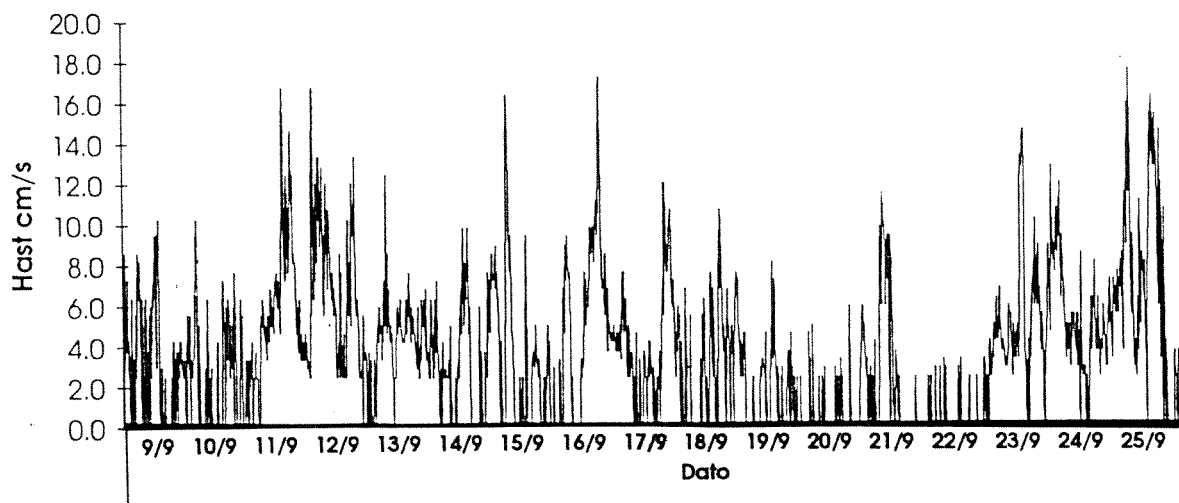
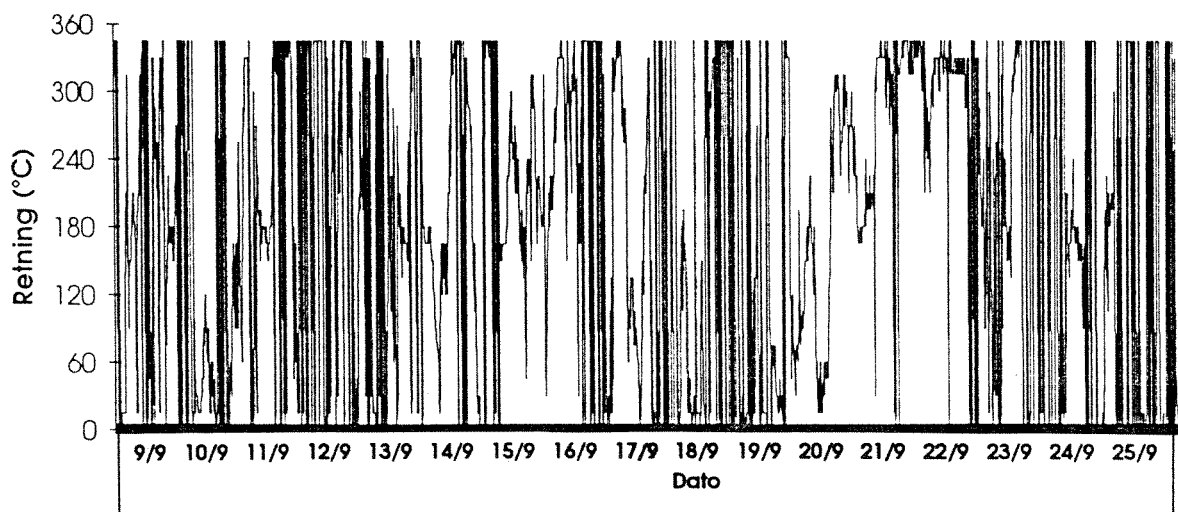
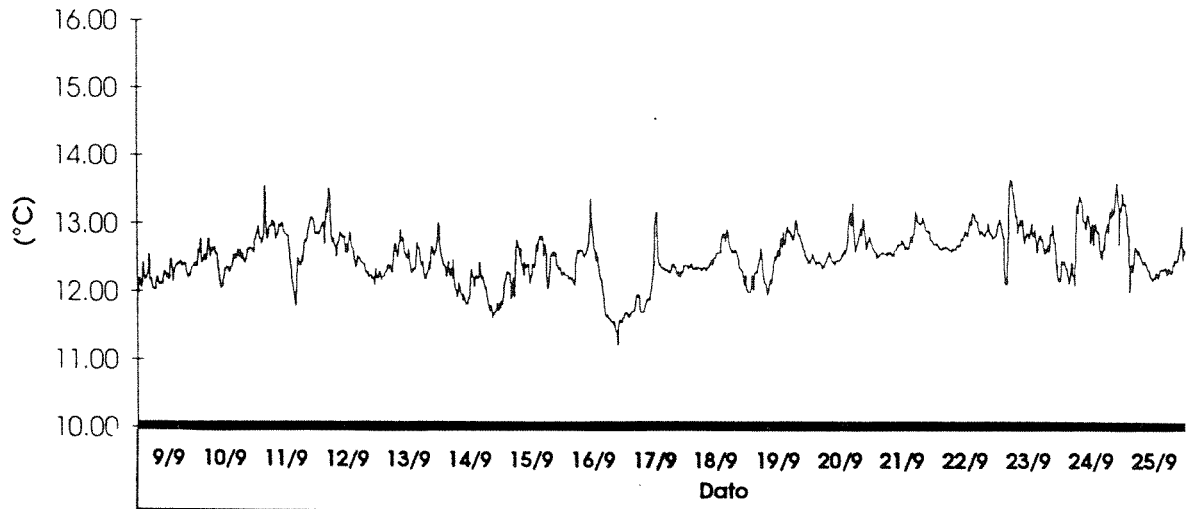


Fig. 4.4c. Tidsserier for målt temperatur, strømretning og strømhastighet i posisjon R1, Mjølkeflaten, 9-25 september 1992. Måledyp: 3m.

Lærdal, september 1992  
Temperatur Mjølkeflaten 8 m

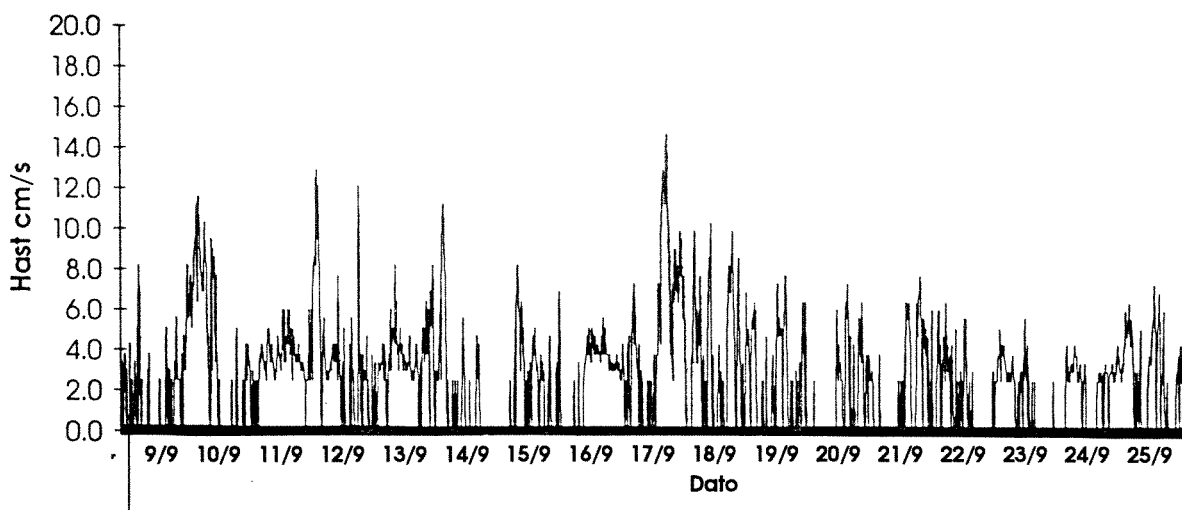
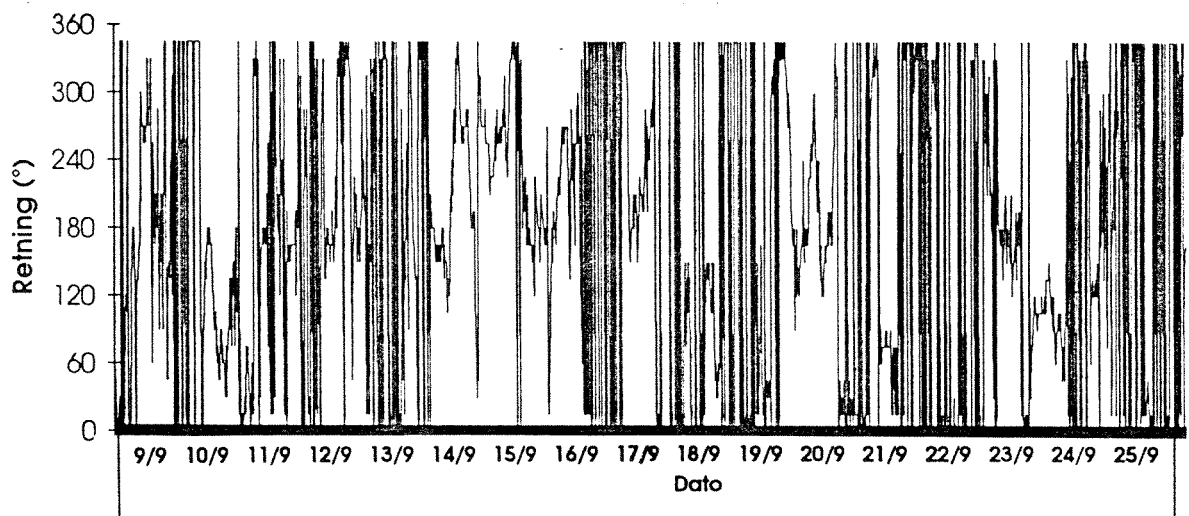
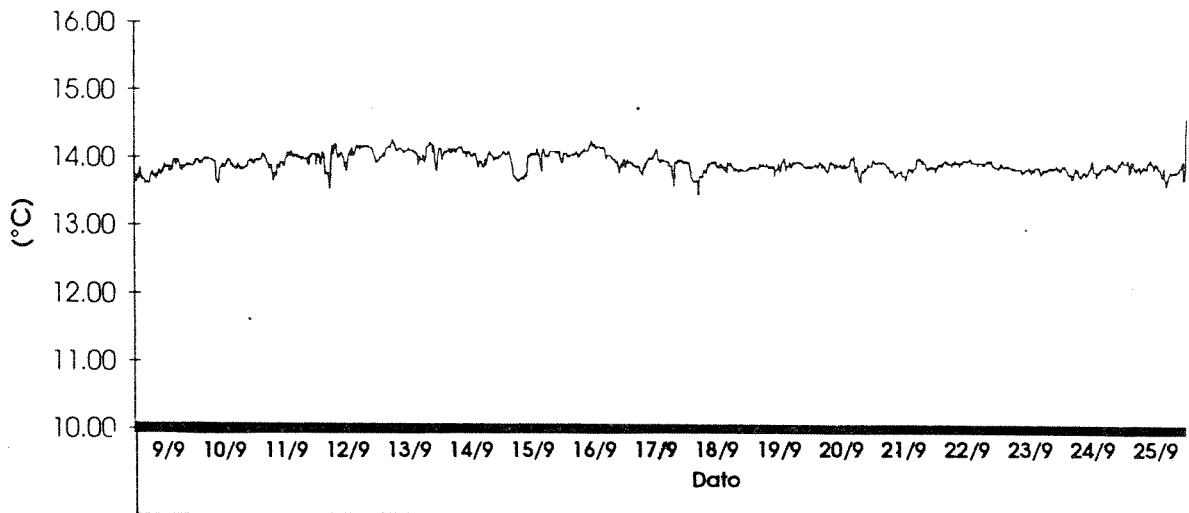
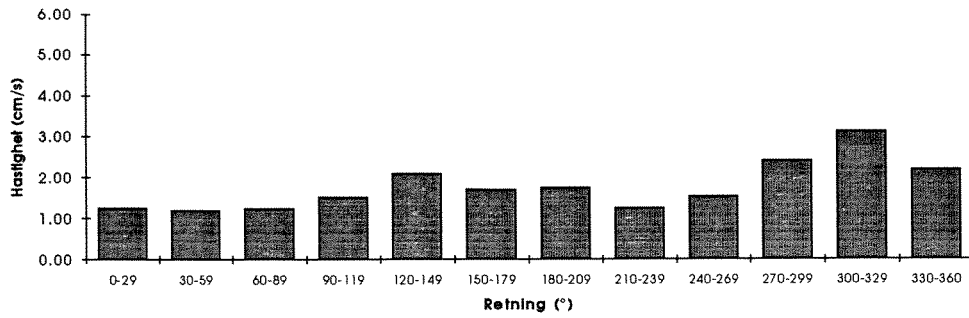
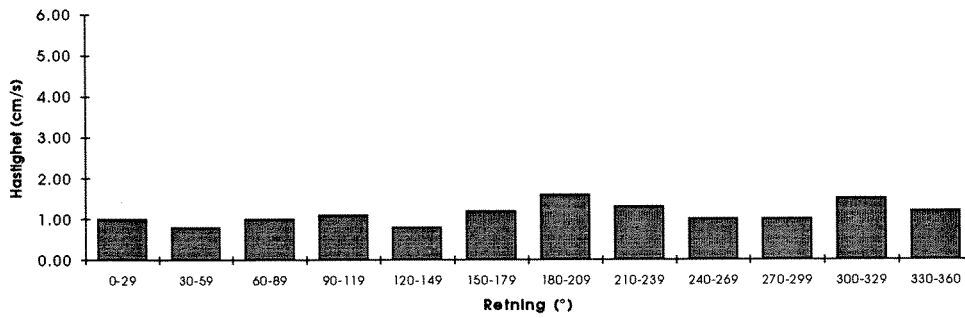


Fig. 4.4d. Tidsserier for målt temperatur, strømretning og strømhastighet i posisjon R1, Mjølkeflaten, 9-25 september 1992. Måledyp: 8m.

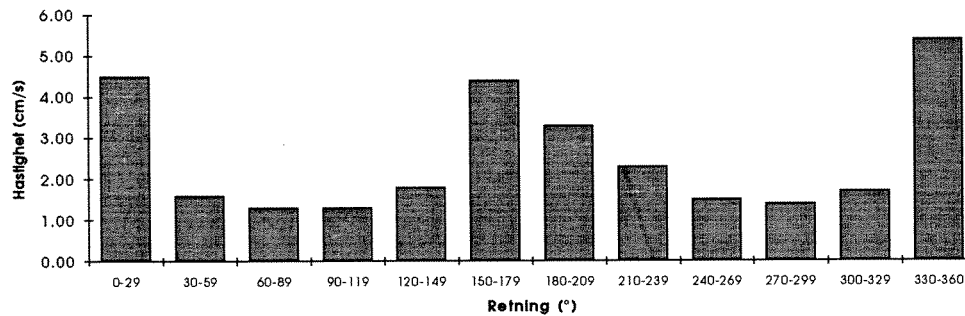




Lærdal september 1992 - Fylkeskala 8 m  
Middelverdi



Lærdal september 1992 - Mjølkellaten 3 m  
Middelverdi



Lærdal september 1992 - Mjølkellaten 8 m  
Middelverdi

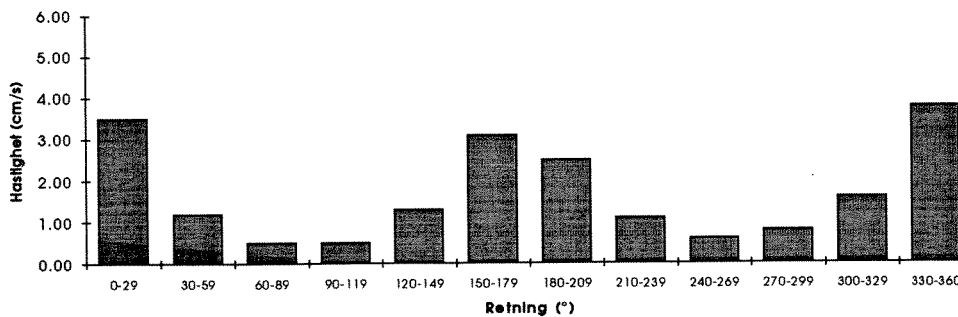


Fig. 4.5. Statistisk fordeling (middelverdier) av hastighet innafor respektive retningsintervaller for de fire måleseriene fra Lærdalsfjorden.

#### 4.2.2. Profilerende sonde

Vi tar med et eksempel fra målingene med profilerende sonde. Fig. 4.6 viser hastighetsprofil tatt fra båten mens denne lå fortøyd til kaia ved Fodnes. På tidspunktet for målingene var strømmen ca 4 cm/s ned til 2,5 m dyp, og ca 3 cm/s ned til 5 m dyp. Målingene ble gjort kl 1545, d.v.s. ca 1/2 time før lavvann i Lærdal i følge Tidevannstabellen. Retningsmålingene (ikke framstilt grafisk) indikerte retning ut fjorden fra overflate ned til ca 2.5 m dyp, og retning inn fjorden i et tynt sjikt mellom 2.5 og ca 3 m dyp, med utgående strøm under dette sjiktet igjen.

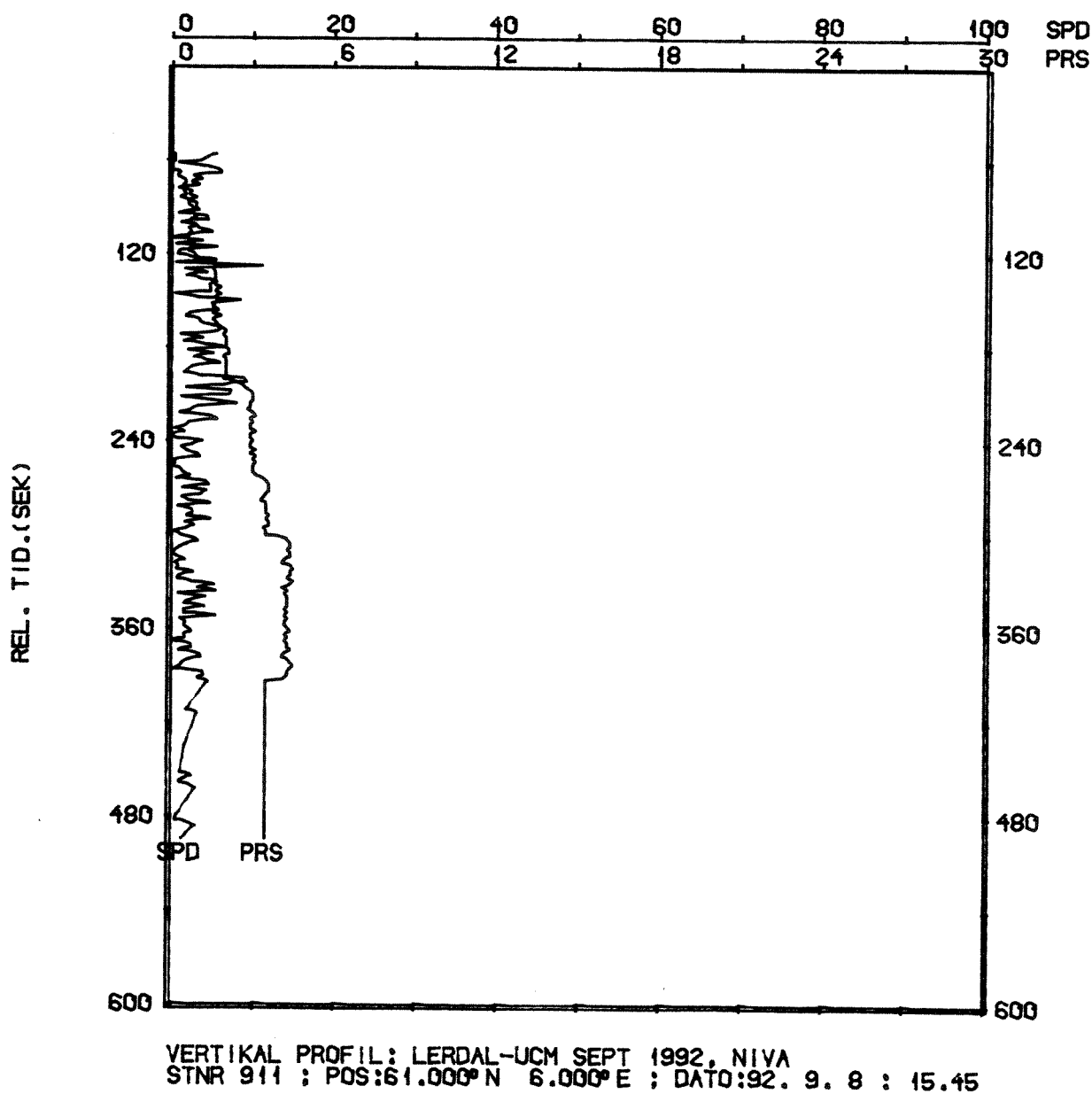


Fig. 4.6. Målt strømhastighet (SPD, cm/s) samt måledyp (PRS, m), som funksjon av tid (fra målestart) ved kaia på Fodnes, 8/9 199 kl 1545.

### 4.3 Transmisjon

Begge målingene av vannets transmisjon som ble gjennomført 8. september, viste en generell trend med et 1,5-2 meter tykt øvre vannlag hvor transmisjonen lå ca. 41 og 47 % henholdsvis helt inne ved land (F1) og 100 meter utenfor stranden (F2). Under dette øvre vannlaget og ned til ca. 6 m dyp ble det registrert to adskilte vannskikt som virket kraftig absorberende på lyset (fig. 4.7 a og b). Siktedypet ble målt til 6,5 meter på begge stasjonene.

Målingene 9. september etter at det var foretatt prøvedumping av sprengstein, viste like utenfor dumpingsstedet redusert transmisjon i overflatelaget (fig. 4.7 c). Transmisjonen var redusert til ca. 30 % og siktedypet var redusert til 4,5 meter. Utenfor påvirkningsområdet for steindumping var lysgjennomskinneligheten i den øvre meteren den samme som dagen før (fig. 4.7 d) og med et siktedyp på 7 meter. Det samme mønsteret med to avgrensede lag med redusert transmisjon ble registrert også denne dagen.

25. september ble det gjennomført transmisjonsmåling kun på en stasjon pga. at det ikke var dumpet steinmasser i sjøen dagene forut for målingen. I et ca. 2 meter tykt overflatelag var transmisjonen 33 %. I motsetning til de forrige målingene ble det nå registrert kun ett tynt sjikt som var sterkt lysabsorberende (fig. 4.7 e). Siktedypet var 7 meter og var dermed det samme som 2 uker tidligere.

For å klargjøre om de lysabsorberende sjiktene som transmisjonsmålingene viste, stammet fra uorganiske partikler ble en del vannprøver for bestemmelse av uorganisk innhold tatt på dyp hvor transmisjonen viste lave verdier. Resultatene er satt opp i tab. 4.2 og viser at vannsjiktene som ga sterk lysabsorpsjon, ikke kan settes i sammenheng med høye konsentrasjoner av uorganisk materiale, men er sannsynligvis et resultat av store ansamlinger av alger som ligger i helt avgrensede vannskikt. Den store reduksjonen i transmisjon som disse store algekonsentrasjonene forårsaker, medfører at tilførsel av uorganisk materiale akkurat i disse lagene vanskelig lar seg måle ved lystransmisjonsmålinger. Det 1,5 til 2 meter tykke overflatelaget er imidlertid av en slik art at det kan benyttes til å måle endringer i transmisjonen forårsaket av uorganiske partikler.

Hvis en sammenligner verdiene for tørrstoffets gløderest på 1 meters dyp på stasjon 3 og 4, ser en at gløderesten er høyere på stasjon 4 enn på stasjon 3. Dette faller sammen med en reduksjon i transmisjonen som kan tilskrives økt mengde uorganiske partikler i vannet. Dette kunne også sees rent visuelt og resulterte i en reduksjon i siktedypet fra 6,5 til 4,5 meter etter at steinmasser var dumpet i sjøen.

Fig. 4.8 viser et situasjonsbilde fra området som var influert av partikler fra steindumping. Den "grå sjøen" spredte seg langs land i begge retninger fra dumpingsstedet, men hadde lengst utstrekning mot Fodnes. Den synlige effekten strakk seg imidlertid bare 15-20 meter ut fra land. Siktedypsmålinger viste en gradvis forbedring jo lenger bort fra dumpingsstedet en kom og dette har nok sammenheng både med en fortykning av partiklene og at partiklene synker mot bunnen.

FODNES 2. 8/9-92

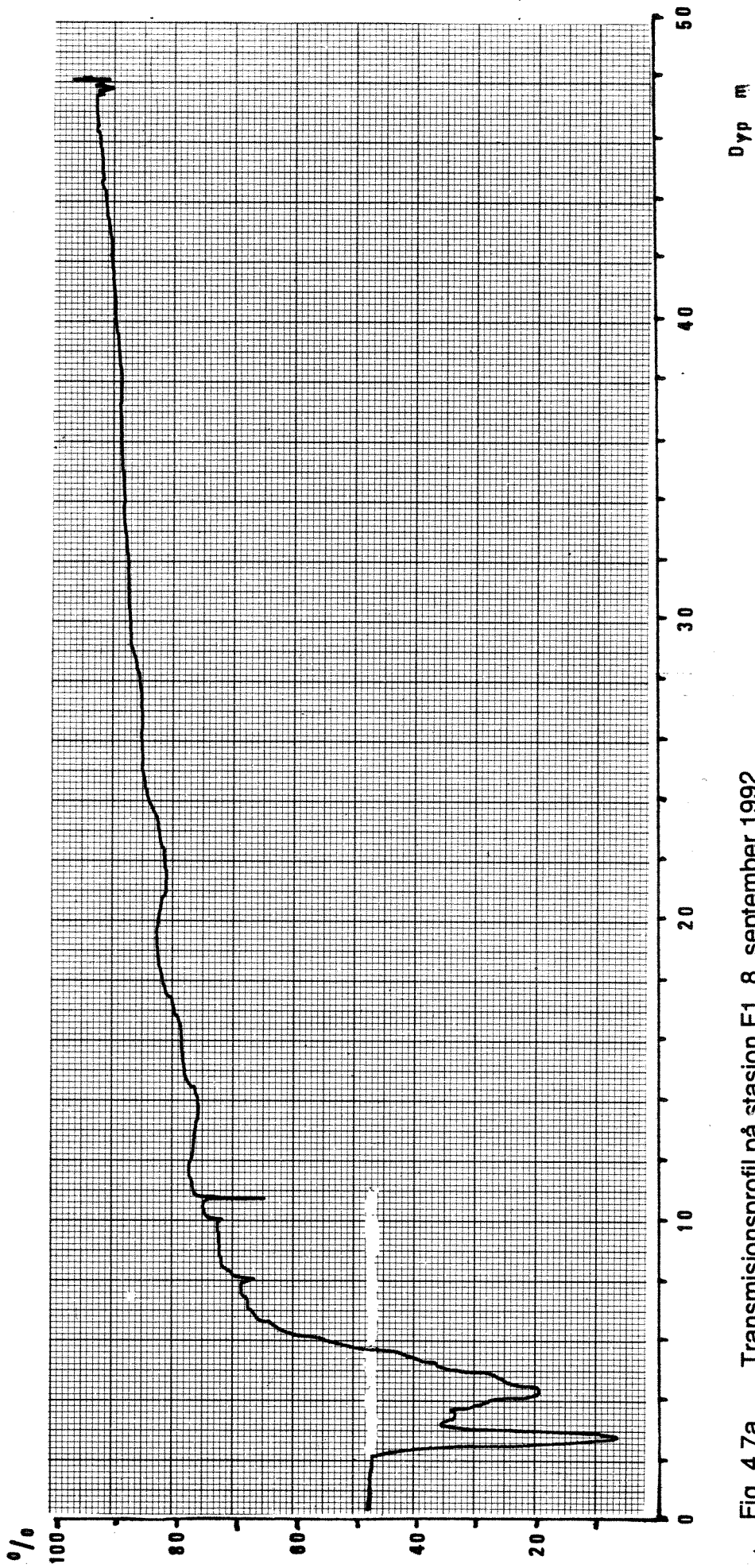


Fig. 4.7a. Transmisjonsprofil på stasjon F1, 8. september 1992.

FODNES 1. 8/9-92

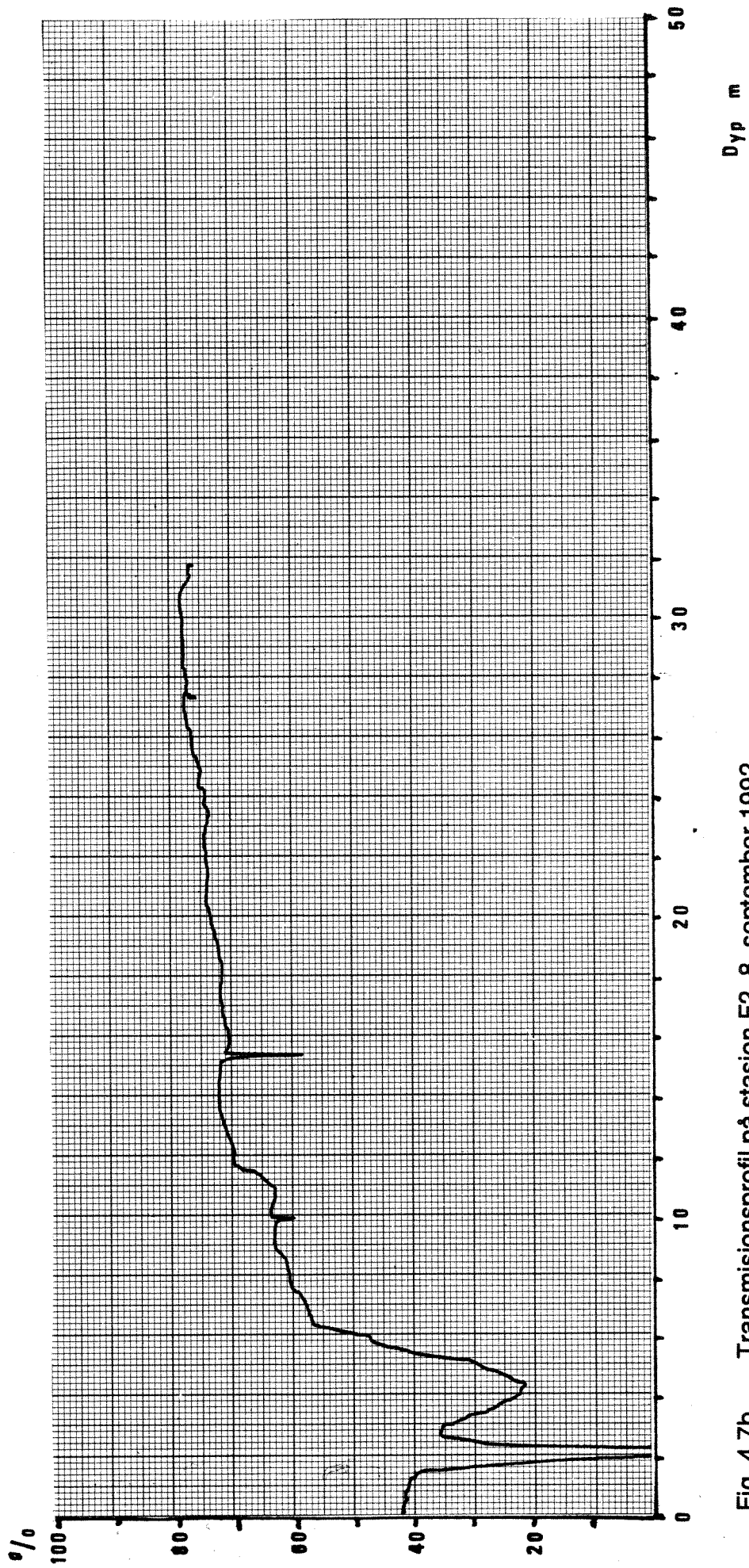


Fig. 4.7b. Transmisjonsprofil på stasjon F2, 8. september 1992.

FODNES 4. 9/9-92

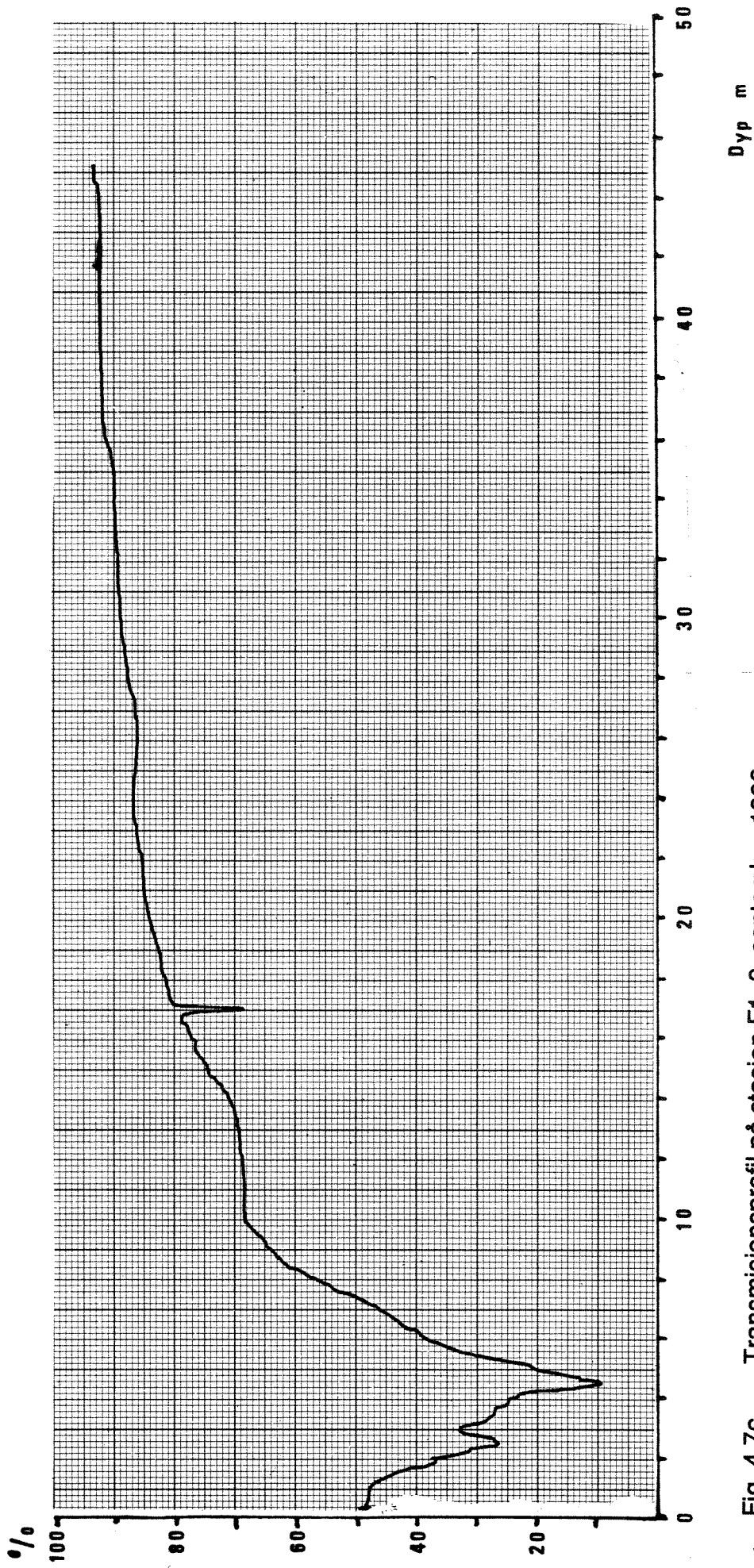


Fig. 4.7c. Transmisjonsprofil på stasjon F1, 9. september 1992.



FODNES 3. 9/9-92

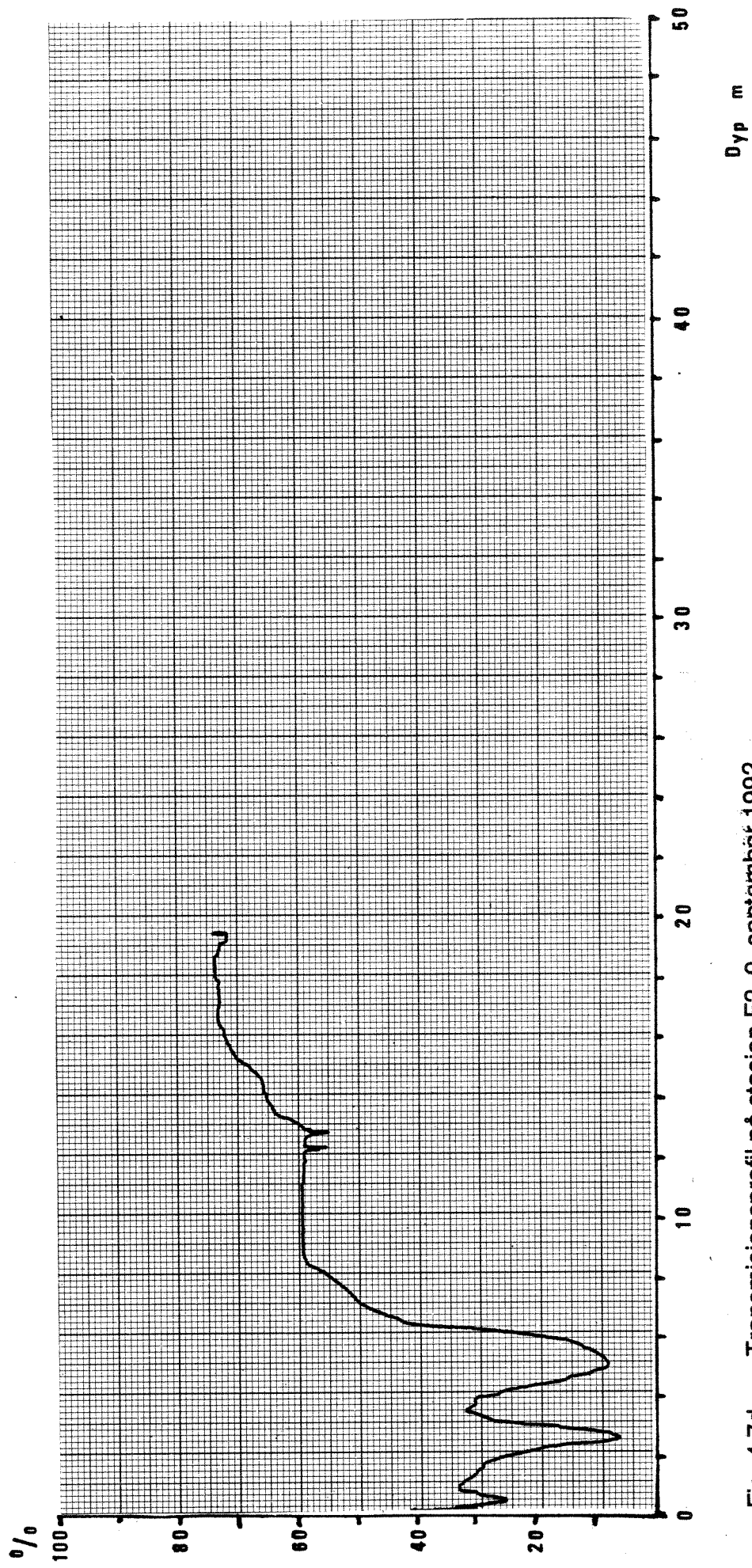


Fig. 4.7d. Transmissionsprofil på stasjon F2, 9. september 1992.

FODNES 5. 25/9-92

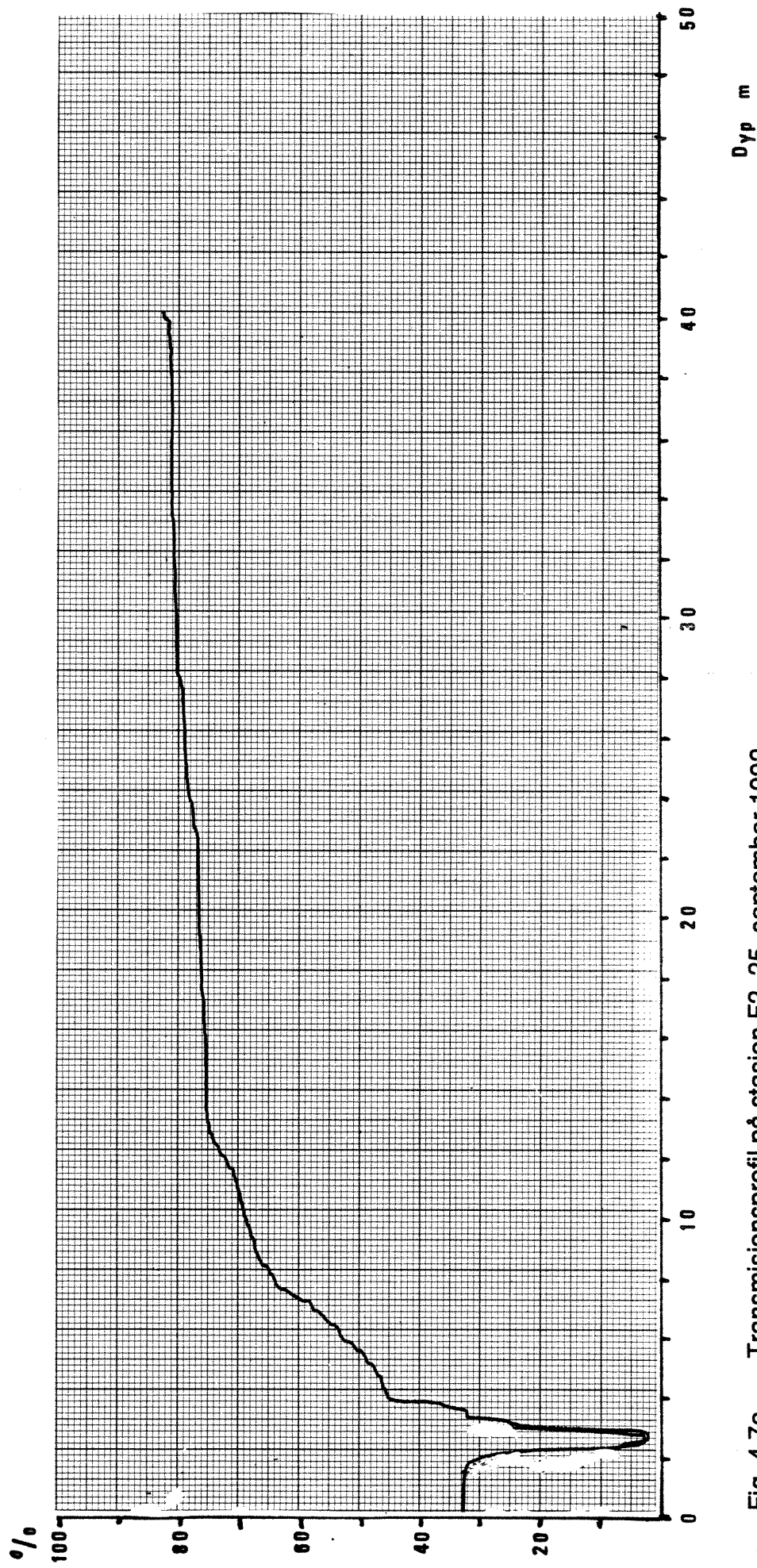


Fig. 4.7e. Transmisjonsprofil på stasjon F2, 25. september 1992.



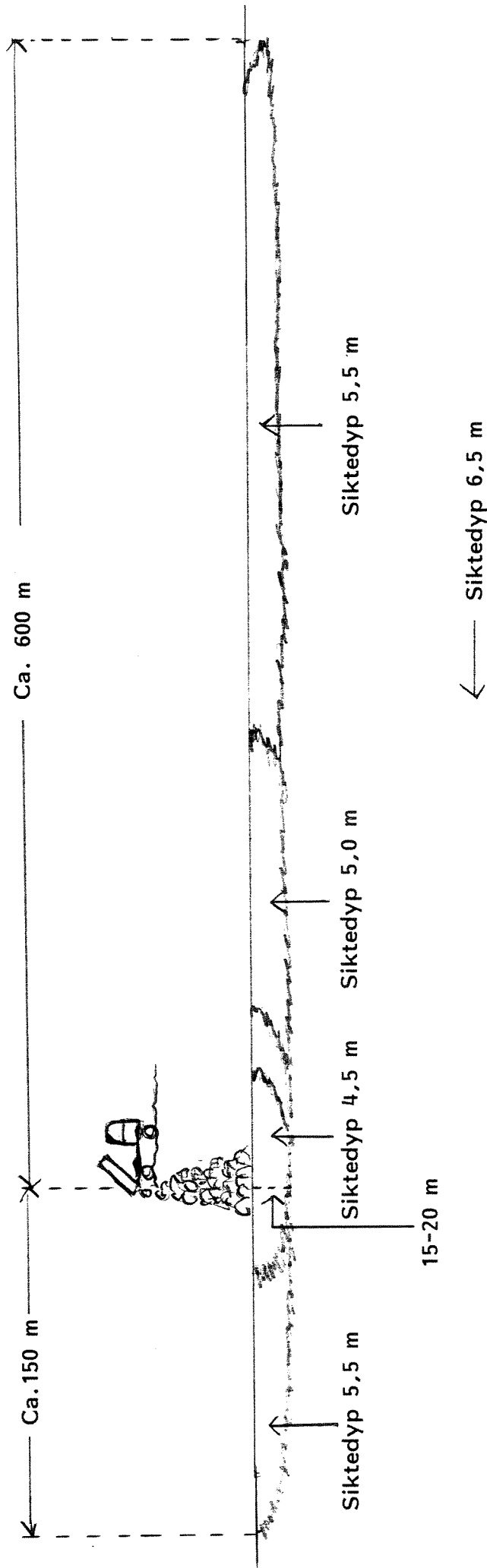


Fig. 4.8. Skisse av visuell observasjon av partikkelutbredelse ved stasjon F1 etter prøvedumping av sprengmasser 9. september 1992.

#### 4.4 Andre prøver

Målingene av nærings saltene nitrat og fosfat og totalverdiene for nitrogen og fosfor viser for nitrat noe forhøyede verdier i overflatelaget på stasjonen nær land (F 1) etter dumping av sprengstein (tab. 4.3). De forhøyede nitratverdiene opptrer på tross av noe lavere verdier for totalt nitrogen sammenlignet med vannet utenfor influensområdet.

Tab. 4.2. Mengde suspendert tørrstoff, tørrstoff gløderest og transmisjon.

Dato	Stasjon	Dyp (m)	Susp. tørrstoff (mg/l)	Gløderest tørrst. (mg/l)	"Organisk" stoff (mg/l)	Transmisjon %
09.09.92	F1	1	3,9	3,4	0,5	33
	F1	2	2,8	2,0	0,8	20
	F1	15	1,7	0,7	1,0	68
	F2	1	1,5	0,8	0,7	48
	F2	2	1,2	0,5	0,7	35
	F2	15	1,7	0,9	0,8	75
25.09.92	F2	1	2,2	1,3	0,9	33
	F2	2,5	2,0	0,9	1,1	2
	F2	10	1,9	0,9	1,0	68
	F2	20	0,9	0,4	0,5	76

Tab. 4.3. Nærings saltkonsentrasjonen i vannmassene på stasjon F1 og F2 etter prøvedumping av steinmasser 9. september 1992.

Dato	Stasjon	Dyp (m)	Nitrat $\mu\text{g/l}$	Tot-N $\mu\text{g/l}$	Fosfat $\mu\text{g/l}$	Tot-P $\mu\text{g/l}$
09.09.92	F1	1	9	122	1	5
	F1	2	8	126	2	5
	F1	15	5	143	2	7
	F2	1	6	182	2	4
	F2	2	6	143	6	11
	F2	15	5	128	2	6

## 5. VURDERINGER OG DISKUSJON

Når effekter av partikkelpåvirkning på fisk skal vurderes, er det viktig å ta hensyn til partikkeltype. Steinmassene som skal deponeres i forbindelse med vegprosjektet mellom Årdal og Lærdal, vil være av sprengsteintypen. Dette er en partikkeltype som inneholder nydannede partikler som er spisse og skarpkantede i motsetning til partikler fra breslam og erosjonsmateriale som er mer avrundede og uten skarpe kanter. Derfor må partikler fra sprengstein og borestøv generelt ansees som mer skadelige enn partikler fra breslam og leire.

I litteraturen er det forholdsvis lite å finne når det gjelder beskrivelser av hvordan fisk påvirkes av uorganiske partikler. Når det gjelder effekter på avkastning av ferskvannsfisk, har den europeiske innlandsfiskekommisjonen (EIFAC 1965) foreslått følgende grenseverdier for eksponering av suspenderte partikler (Alabaster og Lloyd 1982):

<25 mg/l:	Ingen skadelige effekter
25-80 mg/l:	Noe redusert avkastning
80-400 mg/l:	Betydelige reduksjoner i avkastning
>400 mg/l:	Meget dårlig fiske.

Dette sier imidlertid ingenting om direkte skadeeffekter f.eks. på fiskens gjeller. Dessuten vet en at partikkeltoleransen hos fisk er svært artsavhengig med generelt lavest toleranse hos laksefisk (Grande 1986).

Fra Norge har en flere eksempler på at det ikke er mengden partikler som er avgjørende for om partiklene gir mekanisk skade på fisk, men mer partiklenes form. I et oppdrettsanlegg fant Jacobsen m. fl. (1987) at fiskedød kunne settes i forbindelse med tunnelarbeid ovenfor ferskvannsinntaket til anlegget selv om partikkelkonsentrasjonen ikke oversteg 5 mg/l. Tunnelarbeidet foregikk imidlertid i bløte bergarter som ga nåleformede, fiberlignende partikler som var i stand til å penetrere gjellevevet.

I en undersøkelse i Måselvvasdraget i forbindelse med regulering av dette fant ikke Andersen (1979) påviselige skader på laks og ørret. Partikkelkonsentrasjonene i vannet oversteg i dette tilfellet ikke 12 mg tørrstoff/l. En annen undersøkelse fra Vetlefjordelva viste moderat slimutskillelse på gjellene hos fisk, men ingen akutt dødelighet selv om partikkelkonsentrasjoner på opptil 700 mg/l ble målt som følge av at tunnelmasse ble tippet direkte i elveløpet (Hessen m.fl. 1989).

I et kontrollert laboratorieforsøk med ørret hvor vannet ble tilsatt 10, 100 og 500 mg borestøv, ble det selv ved de høyeste partikkelkonsentrasjonene ikke påvist slimdannelse på gjellene (Hessen 1992). Elektronmikroskopiske analyser viste heller ingen klar respons som funksjon av partikkeleksponering. Lang eksponering (7 dager) ga imidlertid tegn til mekanisk slitasje hos enkelte individ på den ytre gjellebuen.

Høyeste verdi for gløderest målt ved Fodnes var 3,4 mg/l. Observasjonene gjort i forbindelse med prøvedumping av sprengmasser ved Sandnes viser at partiklene fraktes i det øvre brakke vannlaget med strømmen langs land, men synes å sedimentere relativt raskt. Hvis de målte verdiene for uorganisk stoff og utbredelsen av dette, er representative for situasjonen som vil oppstå under tunneldriften, vil partikkelkonsentrasjonen ved Fodnes ikke representere noe stort problem, iallfall ikke for laksefisk. Fjellets beskaffenhet med hovedsaklig grunnfjell som er grovkornet, skulle heller ikke representere noen fare for denne type fisk.

Mer eller mindre kontinuerlig dumping vil imidlertid med stor sannsynlighet føre til at den fineste partikkelfraksjonen ikke sedimenterer i samme tempo som tilførselen slik at influensområdet blir noe mer omfattende enn det som ble observert under prøvedumping 9. september hvis ikke begrensede tiltak settes i verk. En økning i partikkelkonsentrasjonen i fjorden vil redusere lysets gjennomtrengning i vannmassene og redusere primærproduksjonen. Stor konsentrasjon av partikler fra sprengmasser kan også tenkes å ha negativ effekt på fiskeslag slik som brisling.

Bunnflora og fauna i nærområdet vil bli nedslammet, men avgrensede tiltak vil kunne redusere skadevirkningene betraktelig. Den bratte helningen av bunnen både ved Fodnes og ved Mjølkeflaten/Kvitaskreda gjør at det er et relativt lite areal og dermed et lite område som blir berørt av steindumping hvis avgrensede tiltak iverksettes. Oppvirvling av bunnsedimenter når steinmassene treffer bunnen vil heller ikke representere noe stort problem disse stedene på grunn av stor helning mot bunnen og store dyp. Observasjonene under prøvedumping viser ellers at det er områdene langs land som utsettes for partikkelsedimentering.

Strømbildet ved Mjølkeflaten/Kvitaskreda viste at strømmen både i det øvre brakke vannlaget og på 8 meters dyp hadde en dominerende strømrøtning som var rettet ut fjorden. En dumping av sprengmasser her vil med andre ord føre til at partikler i vil føres utover fjorden samtidig som det skjer en fortykning. Berggrunnen på Lærdalssiden av tunnelen består også av grunnfjell med grovkornete bergarter slik at fare for spikeldannelse er liten. Faren for alvorlige effekter på laksefisk i dette området synes derfor minimal.

Ved Fylkeskaia ble det målt svakere strøm enn ved Mjølkeflaten. Strømrøtningen var noe varierende, men med en netto strøm utover fjorden både i 3 og 8 meters dyp. Mellom disse dypene bør det forventes at det ligger en kompensasjonsstrøm som er motsatt rettet. Disse strømmene vil sannsynligvis bli sterkere når det er stor vannføring i Lærdalselva.

Dumping av steinmasser med finpartikulært materiale i dette området vil ut fra de gjennomførte målingene, kunne føre til en akkumulering av partikler i vannmassene. I dette området er det relativt grunt (20-30 m) med forholdsvis flat bunn med sandig silt. Dette vil føre til en resuspensjon av partikler fra bunnen under dumping av steinmasser. Slike partikler representerer imidlertid sjelden noe fare på grunn av at de hovedsakelig består av "naturlige" og eroderte partikler med forholdsvis høy bakgrunnsbelastning. Laksefisk som blir stående utenfor elvemunningen før den går

opp i Lærdalselva, kan derfor til tider bli eksponert for partikler med ulik bakgrunnsbelastning fra dumpingsområdet. Hvilken effekt dette vil ha på fisken, er sannsynligvis noe avhengig av eksponeringstiden. Selv om konsentrasjonen av partikler som det her er snakk om, ikke skulle representere noen akutt fare, bør det utvises spesiell varsomhet i dette området særlig i den perioden hvor en har lakse- og sjøørretoppgang i elva. Det vil si at en helst bør unngå steindumping i dette området i tidsrommet mai-august.

I dumpingsområdet inne ved land ved Fodnes ble det funnet litt forhøyede nitratverdier sammenlignet med nitratkonsentrasjonen utenfor influensområdet. Sannsynligvis er dette et resultat av at det i de sprengte steinmassene finnes rester av nitrogen fra sprengstoffet. Felles for de fleste sprengstofftyper er at de inneholder nitrat ( $\text{NO}_3$ ) eller nitratderivater som under sprengning omdannes til nitrøse gasser. Noe av sprengstoffet blir imidlertid liggende igjen og gir opphav til forhøyede nitratverdier når sprengningsmassene tippes i sjøen. Høye nitrogenverdier i avrenningsvann fra områder med anleggsvirksomhet er målt i mange tilfeller (f.eks. Tryland 1979, Erlandsen m. fl. 1981, Erlandsen 1985, Lande 1986). Forhøyede nitrogenkonsentrasjoner må i slike tilfeller stamme fra sprengstoff fordi en ikke finner nitrogen i geologiske avsetninger.

Nitrat er et næringssalt som er lett tilgjengelig for alger, og som gi en eutrofieringseffekt i vannmasser som er nitrogenbegrensede. Det øvre vannlaget i Sogne- og Lærdalsfjorden er sterkt påvirket av ferskvann. Normalt inneholder ferskvann betydelige mengder nitrat, men lite fosfat. Dette innebærer at en må forvente at algenes produksjon i det øvre brakkevannslaget i fjordsystemet er fosfatbegrenset store deler av vekstsesongen. Dette sammen med at dumping av steinmasser vil foregå over kortere perioder gjennom døgnet slik at nitrattilførselen ikke kan betraktes som en kontinuerlig kilde, men en kilde med støtutslipp, vil bety at nitrattilførselen har liten eutrofierende virkning i dette tilfellet.

## 6. TILRÅDNINGER

For å begrense skadeeffektene av dumping av steinmasser anbefaler vi at det rundt dumpingsstedene iverksettes avgrensende tiltak som for eksempel opphenging av duk i en dybde av 8-10 meter. Dette vil medføre at det bunnområdet som påvirkes av dumpingens begrenses betraktelig, samtidig som spredningen av partikler reduseres kraftig ved at partiklene hovedsaklig vil sedimentere innen et avgrenset område.

For å unngå konflikter med sportsfiskeinteresser i Lærdalselva, bør dessuten dumping av steinmasser ved Fylkeskaia unngås i den perioden hvor hovedoppgangen av laks og sjørret forekommer, det vil si i tidsrommet mai-august.

**LITTERATURLISTE**

- Alabaster, J.S., & R. Lloyd, 1982. Water quality criteria for freshwater fish. Butterworths, London.
- EIFAC 1965. Working party on water quality criteria for European freshwater fish. Report on finely divided solids and inland fisheries. (EIFAC Technical Paper no. 1). Air and water Pollution, 9:151-168.
- Erlandsen, A.H., P. Brettum, B. Faafeng og J.E. Løvik, 1981. Vurdering av planlagte vassdragsreguleringer i Ranavassdraget. NIVA-rapport O-75114.
- Erlandsen, A.H., 1985. Orienterende undersøkelser av eventuell forurensning fra anleggsaktiviteten ved Kobbelv kraftverk. NIVA-rapport O-84115.
- Grande, M. 1986. Virkning av partikler på fisk. Norsk Limnologforening. Seminar på Dombås. s.71-91. ISBN 82-990973-9-8.
- Hessen, D.O., 1992. Uorganiske partikler i vann. Effekter på fisk og dyreplankton. NIVA-rapport, l.nr. 2787.
- Hessen, D.O., V. Bjerknes, T. Bækken og K.J. Aanes, 1989. Økt slamføring i Vetlefjordelva som følge av anleggsarbeid. Effekter på fisk og bunndyr. NIVA-rapport, l.nr. 2226.
- Jacobsen, P., M. Grande, K.J. Aanes, H. Kristiansen og S. Andersen, 1987. Vurdering av årsaker til fiskedød ved G.P. Jægtvik A/S, Langstein. NIVA-rapport O-87114.
- Lande, A., 1986. Nitrogenavrenning fra sprengstein i øvre Otra. NIVA-rapport O-83143.

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-2201-4