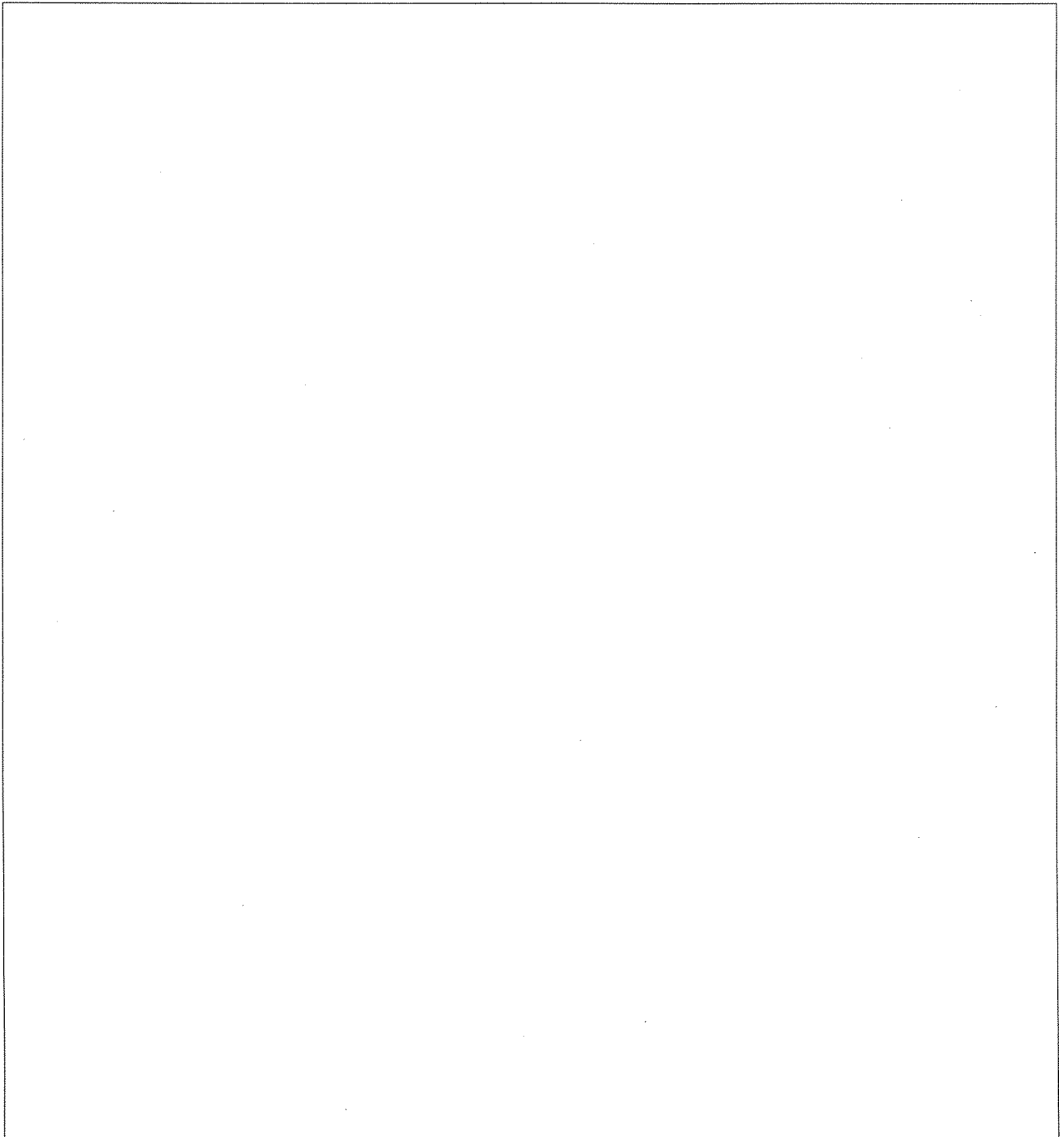



RAPPORT LNR 3329:95

Resipientundersøkelse i Høydalsfjorden



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-94201	Udemr:
Løpenr.: 3329	Begr. distrib.:

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

Rapportens tittel: Resipientundersøkelse i Høydalsfjorden	Dato: oktober 95	Trykket: NIVA 1995
	Faggruppe: Akvakultur	
Forfatter(e): Evy R. Lømsland Lars G. Golmen Eivind Oug	Geografisk område: Sogn og Fjordane	
	Antall sider: 48	Opplag:

Oppdragsgiver: Steinvik Fiskefarm A/S	Oppdragsg. ref.: Alex Vassbotn
---	--

Ekstrakt:

Undersøkelsen omfatter en generell undersøkelse av vannsøyle og bunn på de to oppdrettslokalitetene Seljeseth og Steinvik i Høydalsfjorden. Undersøkelsen viser klart at sedimentet nær anleggene blir utsatt for organisk belastning fra matfiskanleggets virksomhet, men effektene er begrenset til nærområdet rundt anleggene og kan bare så vidt spores 70-100 meter fra anleggene. I tillegg ble det utført strømmålinger ved Seljeseth og ved en ny lokalitet øst for Hjortøya. Strømmålingene gav inntrykk av lavere strømstyrke på lokaliteten ved Hjortøya enn ved Seljeseth.

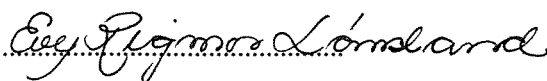
4 emneord, norske

1. Sjøresipient
2. Eutrofi
3. Strømforhold
4. Akvakultur

4 emneord, engelske

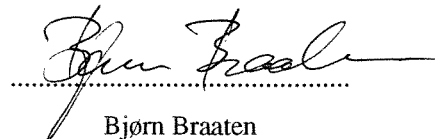
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder



Evy R. Lømsland

For administrasjonen



Bjørn Braaten

ISBN 82-577-2861-6

O-94201

Resipientundersøkelse i Høydalsfjorden

Bergen oktober 1995

Forfattere: Evy R. Lømsland
Lars G. Golmen
Eivind Oug

Medarbeidere: Torbjørn M. Johnsen
Inger Midttun
Ingvild Sjong
Tore Furevik

Prosjektleder: Evy R. Lømsland

Oppdragsgiver: Steinvik Fiskefarm A/S.

Forord

Den foreliggende rapporten er utarbeidet av NIVA på oppdrag fra Steinvik Fiskefarm A/S. Rapporten inneholder en vurdering av miljøforholdene ved oppdrettslokalitetene Steinvik og Seljeseth beliggende i Høydalsfjorden.

Hos Steinvik Fiskefarm A/S har Alex Vassbotn vært kontaktperson. Steinvik Fiskefarm A/S stillte båt til disposisjon og deltok i forbindelse med feltarbeidet.

Hos NIVA har følgende personer vært involvert: Evy R. Lømsland har vært prosjektleder, har hatt ansvaret for rapporteringen av de kjemiske analysene i vannsøylen og sammenfatningen av rapporten. Eivind Oug har bearbeidet og rapportert bunnfauna og sedimentanalyser. Lars G. Golmen har vært ansvarlig for bearbeiding og rapportering av resultatene fra strømmålingene. Torbjørn M. Johnsen har utført feltarbeidet i samarbeid med Tore Furevik. Inger Midttun har utført oksygenanalysene og redigert rapporten. Ingvild Sjong har sortert bunnprøvene.

Bergen

oktober 1995

Prosjektleder

Evy R. Lømsland

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	4
1. BAKGRUNN.....	6
2. MATERIALE OG METODER.....	6
2.1. STRØMMÅLING	6
2.1.1. <i>Generelt</i>	6
2.1.2. <i>Instrumenter og metode</i>	7
2.1.3. <i>Måleprogrammet for strøm</i>	7
2.2. HYDROGRAFI.....	8
2.3. VANNKJEMI	8
2.4. BUNNFAUNA OG SEDIMENTANALYSER	9
2.4.1. <i>Prøvetaking og analyser</i>	9
2.4.2. <i>Vurdering av bunnprøvene</i>	9
3. RESULTATER OG VURDERING.....	10
3.1. STRØMMÅLINGENE	10
3.1.1. <i>Datagjenfangst</i>	10
3.1.2. <i>Måleresultater for strøm</i>	10
3.1.3. <i>Tidsseriene av hydrografi</i>	19
3.2. HYDROGRAFI.....	20
3.3. VANNKJEMI	20
3.4. BUNNFAUNA OG SEDIMENTANALYSER	24
4. SAMMENFATTENDE KONKLUSJON	28
5. LITTERATUR.....	30
APPENDIKS	

Sammendrag

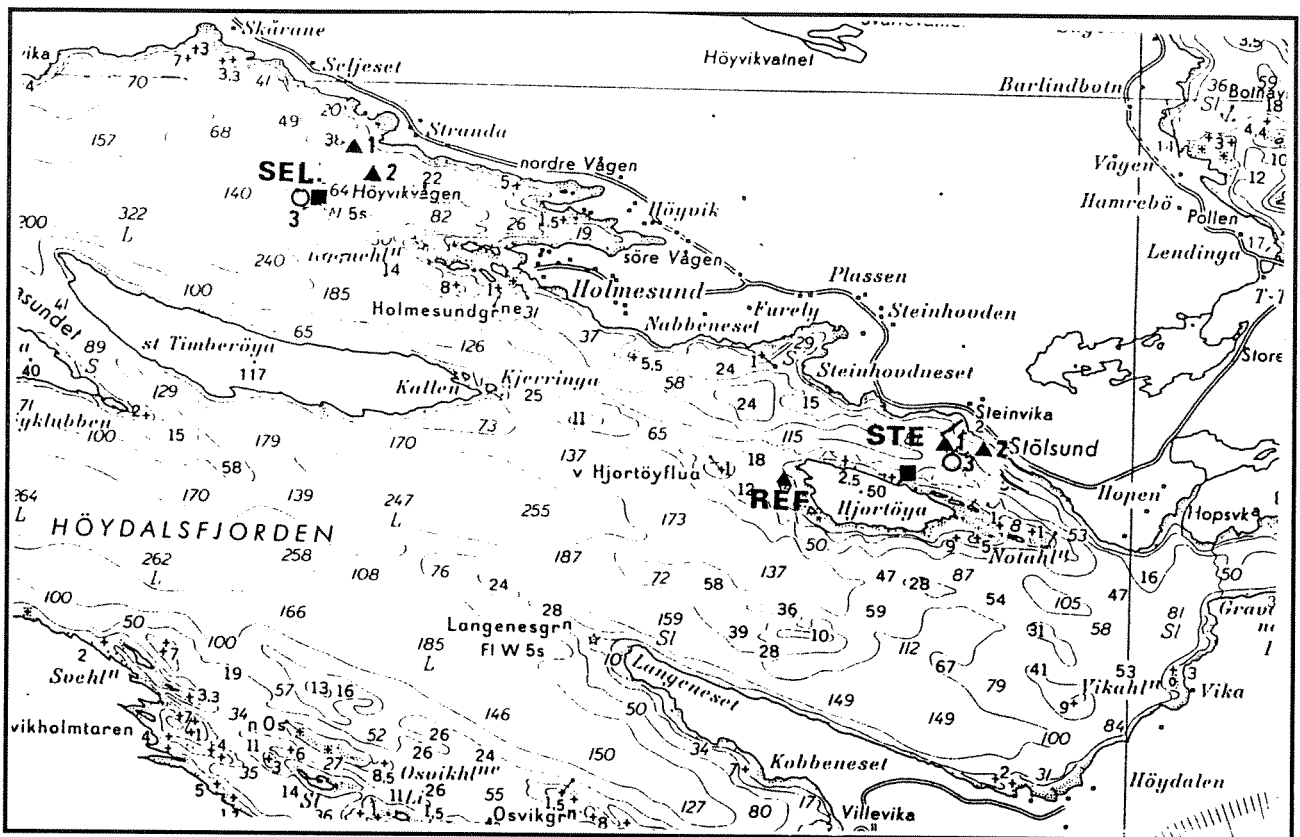
Undersøkelsen er en resipientundersøkelse av områdene rundt oppdrettsanleggene Seljeseth og Steinvik i Høydalsfjorden. Her inngår undersøkelse av hydrografiske og kjemiske parametre i vannsøylen på to stasjoner i nærheten av de to anleggene. Det er videre gjort undersøkelser av sedimentet i en gradient fra anleggene med hensyn på bunnfauna og kjemiske parametre. I tillegg er det gjort strømmålinger ved Seljeseth og på en ny lokalitet på østsiden av Hjortøya.

Undersøkelsen av næringssaltinnholdet i vannsøylen viser "gode" forhold i overflatelaget både ved Steinvik og Seljeseth. Oksygenverdiene viser et godt oksygenert bunnvann med høy metningsprosent på begge lokalitetene.

Resultatene fra sedimentundersøkelsene på stasjonene nærmest de to anleggene bærer klart preg av organisk belastning, men effektene av den høye belastningen kan knapt spores i en avstand på rundt 70-100 meter fra anleggene.

Strømmålingene gir et inntrykk av lavere strømstyrke ved den nye lokaliteten øst for Hjortøya enn ved Seljeseth. Dette henger sannsynligvis sammen med forskjellig eksponeringsgrad. Hjortøya skjærer en del av for den nye lokaliteten, mens Seljeseth ligger mer åpent til. Ved Seljeseth kan strømforholdene sies å være tilfredsstillende, men det kan forekomme lengre perioder på flere døgn med svak strøm (<3 cm/s).

På den nye lokaliteten på ved Hjortøya, bør en være spesielt oppmerksom på at det kan oppstå lengre perioder på 2-4 døgn med nesten strømstille. Den mest dominerende strømretningen var sørøstgående. Plasseringen av anlegget bør mest mulig tilpasses hovedstrømretningen, som er NV/SØ (langs sundet).



Figur 1. Kart over området.

▲ markerer sedimentstasjonene (SEL1, SEL2, STE1, STE2, REF)

○ markerer hydrografistasjonene (SEL3, STE3)

■ markerer plasseringen av strømriggene ved Seljeset og den nye lokaliteten ved Hjortøya.

1. Bakgrunn

Bakgrunnen for undersøkelsen var en henvendelse fra Steinvik Fiskefarm A/S med ønske om en miljøundersøkelse ved oppdrettslokalitetene Steinvik (STE) og Seljeseth (SEL) i Høydalsfjorden (Fig. 1).

Området er tidligere undersøkt av NIVA (Golmen & Erga 1988), men det ble da ikke tatt sedimentprøver.

2. Materiale og metoder

Feltarbeidet med utsetting av strømmålere, innsamling av vannprøver og bunnsediment ble utført 04.11.94. Fig. 1. viser lokaliseringen av de ulike stasjonene. Strømriggerne som ble utsatt 04.11.94, ble tatt opp 22.12.94 ved Seljeseth og 04.01.95 på ny lokalitet ved Hjortøy. På grunn av problemer med den ene strømmåleren på den nye lokaliteten ble ny strømrigg utsatt 31.03.95 og tatt opp igjen 26.05.95.

2.1. Strømmåling

2.1.1. Generelt

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

Minimumsgrensen for strøm avhenger av faktorer som biomasse, fisketetthet, vekst/respirasjon og anleggets utforming. Det er klart at minimumsgrensen dermed varierer over tid på en gitt lokalitet. Strømmen i seg selv varierer mye. Dette i tillegg til flere andre kompliserende faktorer, gjør at det kan fortone seg vanskelig å forholde seg objektivt og kvantitativt til denne parameteren.

Strømmålinger som er gjennomført på en forsvarlig måte, med tilstrekkelig instrumentdekning og varighet på seriene, samt tilstrekkelig dataanalyse, bør gi oppdretteren og myndighetene mange nyttige opplysninger. NIVA og andre arbeider kontinuerlig for å få forbedret metodene, bl.a. gjennom en større grad av samkjøring og standardisering av prosedyrer blant større grupper av oppdrettere.

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

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

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

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

2.1.2. Instrumenter og metode

Instrumentene

Alle instrumentene som ble benyttet i Høydalsfjorden var norskproduserte, av type Aanderaa RCM (Aanderaa 1987) og Sensordata SD1000 eller SD2000 med rotor og rør. Lagring av måledata er basert på elektronisk dataminne (DSU eller tilsvarende). Måleintervallet innstilles av brukeren (f.eks. 10 minutter). Målerne kan da måle automatisk i uker, evt. måneder, avhengig av aktuell kapasitet til dataminnene. Normalt krever ikke instrumentene tilsyn. Men dersom det er mye groe i sjøen, er det en fordel å reingjøre instrumentene med mellomrom.

Begge instrumenttypene krever en viss minste strømstyrke for at rotoren skal rotere, og dermed "måle" strøm. Denne terskelverdien varierer noe fra instrument til instrument, men ligger vanligvis på 1-5 - 2 cm/s. All strøm som er svakere enn dette, registreres som null, selv om det i realiteten kan ha vært en viss (svak) gjennomstrømning.

Alle instrumentene registrerte også sjøens temperatur sammen med strømmålingene. Aanderaa målerne registrerte i tillegg sjøens konduktivitet (salinitet). Disse målingene gir dermed et supplement til vanlige hydrografiske vertikalfiler som vanligvis bare tas ukentlig eller sjeldnere på lokaliteten, og dermed ikke forteller så mye om korttidsvariasjonen på stedet når det gjelder sprangsjiktsdyp m.m.

2.1.3. Måleprogrammet for strøm

Seljeseth

Det ble målt i en posisjon ved anlegget. Se fig. 1, der posisjon for strømmåling er avmerket. Målerne hang i en rigg med oveflatebøye og bunnforankring. Det ble målt i to dyp, h.h.v. 4 m og 20 m. Instrumentene hang i sine spesielle gaffeloppheeng. Bunn-dypet var om lag 54 m på målestedet. Aanderaa måleren hang nederst. Instrumentene ble klargjort og utplassert av NIVA, mens oppdretteren selv tok den opp for retur til NIVA.

Målingene med Aanderaa måleren (20 m dyp) pågikk i om lag 7 uker, d.v.s. hele tiden mens riggen stod ute. Sensordata måleren (4 m dyp) målte i omlag 4 1/2 uke, som var opprinnelig avtalt varighet (1 måned). Dataminnene gikk fullt den 2/12. Tabell 2.1 gir en oversikt over tidspunkter og andre aktuelle måleparametre.

Den nye lokaliteten

Målingene på den nye lokaliteten foregikk etter samme prinsipp som ved Seljeseth, d.v.s. med bunnforankret bøye og to instrumenter. Måleposisjonen er avmerket i fig. 1. Måledypene var 4 m og 20 m. Bunn-dypet på målestedet var om lag 85 m. Instrumentene ble klargjort og utplassert av NIVA, mens oppdretteren selv tok de opp og returnerte dem til NIVA.

Tabell 2.1. Oversikt over NIVAs måleinstrumenter og måleperioder (lokal tid) på lokalitet Seljeseth.

Måledyp	Instrument	START	SLUTT
4 m	SD2000/S3	4/11 kl 1220	02/12 kl 2040
20 m	AA 6106	4/11 kl 1220	22/12 kl 1420

Ved riggopptak i januar 1995 viste det seg at et tau hadde hengt seg rundt den nederste måleren (måler 8362), slik at målingene (spesielt retningsmålingene) kan ha blitt forstyrret. Dette framgikk seinere av dataene. For å gardere seg mot eventuelle målefeil, ble det besluttet å utplassere to instrumenter for en ny periode. Utsetting og opptak ble her foretatt av oppdretteren selv. Tabell 2.2 gir en oversikt over de ulike instrumentene og måleperiodene. For Sensordata målerne viser tidsrommene at målingene stoppet noe før instrumentene ble tatt opp, p.g.a. fullt dataminne.

Tabell 2.2. Oversikt over NIVAs måleinstrumenter og måleperioder (lokal tid) for den nye lokaliteten i Høydalsfjorden vinteren 1994-1995.

Måledyp	Instrument	START	SLUTT
4 m	SD1000/S1	04/11 kl 1350	30/11 kl 0030
20 m *)	AA 8362	04/11 kl 1350	21/11 kl 1520
4 m	SD2000/S5	31/03 kl 1500	11/04 kl 2225
20 m	AA 276	31/03 kl 1500	11/05 kl 0500

*) Tau over roret kan ha påvirket målingene

2.2. Hydrografi

Temperatur og salinitet ble registrert med en selvregistrerende profilerende sonde på stasjonene SEL3 og STE3.

2.3. Vannkjemi

På stasjon STE3 (fig. 1.) ble det tatt prøver fra vannsøylen på 4, 20, 60 og 80 m dyp, og på stasjon SEL3 ble det tatt prøver på 10, 30, 60 og 85 m dyp. Vannet ble analysert for oksygen (O₂), nitrat (NO₃), totalt nitrogen (tot.-N), fosfat (PO₄), totalt fosfor (tot.-P) og totalt organisk karbon (TOC).

2.4. Bunnfauna og sedimentanalyser

2.4.1. Prøvetaking og analyser

Det ble tatt bunnprøver på stasjonene STE1, STE2, SEL1, SEL2 og REF (Fig. 1). Det gjøres oppmerksom på at stasjon SEL1 ligger i et område der det tidligere hadde ligget en stor merd med en omkrets på 70 meter. Merden hadde ligget forankret til hovedanlegget i 1,5 år. I denne merden var der et par uker før undersøkelsen 120 tonn fisk som ble slaktet og merden flyttet (Vassbotn pers med). Forholdene på stasjon SEL1 ved Seljeseth representerer i prinsippet forholdene under denne merden ettersom stasjonen lå 2 meter fra det nåværende hovedanlegget. Da undersøkelsen ble gjort, var det 500 tonn fisk og således maksimal biomasse i hovedanlegget (Vassbotn pers med.).

Stasjonen ved Steinvik STE1 lå ca. 15 meter fra anlegget. Stasjonene STE2 og SEL2 lå omtrent 70-100 meter fra de respektive anleggene. Referansestasjonen lå flere hundre meter fra anleggene, vest for Hjortøy.

Bunnprøvene ble tatt med en 0,1 m² van Veen bunngrabber. Denne grabbtypen arbeider godt både i mudderholdige og sandige sedimenter og tar også tilfredsstillende prøver på skjellsand.

Det ble som hovedregel tatt en prøve på hver stasjon, men på noen av stasjonene som hadde svært grovt sediment med sand og stein, var det nødvendig å ta flere prøver for å sikre tilstrekkelig materiale. På hver stasjon ble en liten delprøve av overflatesedimentet tatt av for analyse av tørrstoffinnhold og organisk materiale. Det organiske materialet ble analysert for glødetap, totalt organisk karbon (TOC), totalt nitrogen (TN) og fosfor (tot.-P).

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

2.4.2. Vurdering av bunnprøvene

Prøvene vurderes med hensyn på visuelle observasjoner i felt, organiske komponenter i sedimentene og faunaens sammensetning. Sedimentanalysene vil kunne avsløre direkte påvirkninger fra utslipp, mens bunnfaunaen mer reflekterer hvilken betydning dette har for miljøtilstanden. Under normale og gode miljøforhold vil mange arter med ulike livsstrategier finne livsbetingelser og være representert i prøvene. Ved organisk belastning eller andre miljøforstyrrelser avtar artsrikheten, men de artene som kan dra nytte av forholdene, kan finnes i store mengder. Sammensetning og mangfold i prøvene kan uttrykkes ved begrepet 'diversitet' (= artsmangfold). Generelt reflekterer høy diversitet gode forhold, men dette må også sees i sammenheng med strømforhold og bunntyper.

Prøvene karakteriseres dels på grunnlag av kunnskap om hva som er naturlig tilstand og dels på basis av fastlagte kriterier. I denne undersøkelsen er SFTs kriterier for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (SFT 1993) lagt til grunn. Dette systemet opererer med fem tilstandsklasser: I 'god', II 'mindre god', III 'nokså dårlig', IV 'dårlig' og V 'meget dårlig'. For hver klasse er det gitt grenseverdier (maks/min-verdier) for ulike måleparametre for sedimenter og fauna. Problemet med et slikt system er å fastsette grenseverdier som har almen gyldighet, og det er til nå ikke vunnet tilstrekkelig erfaring med hvordan dette virker. Det er i denne undersøkelsen også i noen grad vist til systemet med miljøstandarder for overvåking i oppdrett (MOM) som nå er under utarbeidelse (Ervik et al. 1995).

3. Resultater og vurdering

3.1. Strømmålingene

Et lite utsnitt av det omfattende datamaterialet fra målingene presenteres her grafisk. En mer omfattende grafisk presentasjon finnes i bak i rapporten.

3.1.1. Datagjenfangst

I forhold til kontraktsmålsetningen for varighet av måleseriene, er datagjenfangsten godt over det som var målsetningen. Alle måleinstrumentene hadde fungert tilfredsstillende teknisk sett hele tiden. Den nevnte feilen med måleren i 20 m dyp der tau hadde hengt seg opp, må regnes som et hendelig uhell. Målingene ble likevel repetert.

Måledata ble avlest elektronisk og lagt inn på datamaskin etter opptak. Deretter har måleseriene blitt gjenstand for kalibrering, statistiske analyser og grafisk presentasjon med NIVAs eget EDB-verktøy.

Angivelse av strømretning

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

3.1.2. Målerresultater for strøm

Seljeseth, 4 m dyp

Fig. 3.1 viser tidsserien av målt strømfart og strømretning i perioden 4. november til 2. desember 1994. Det var moderat strøm i hele måleperioden, med maksimumsverdi på 12.1 cm/s (tabell 3.1). Den hyppigst forekommende strømretningen var mot sørøst (retning 120-160 grader, se fig. A1).

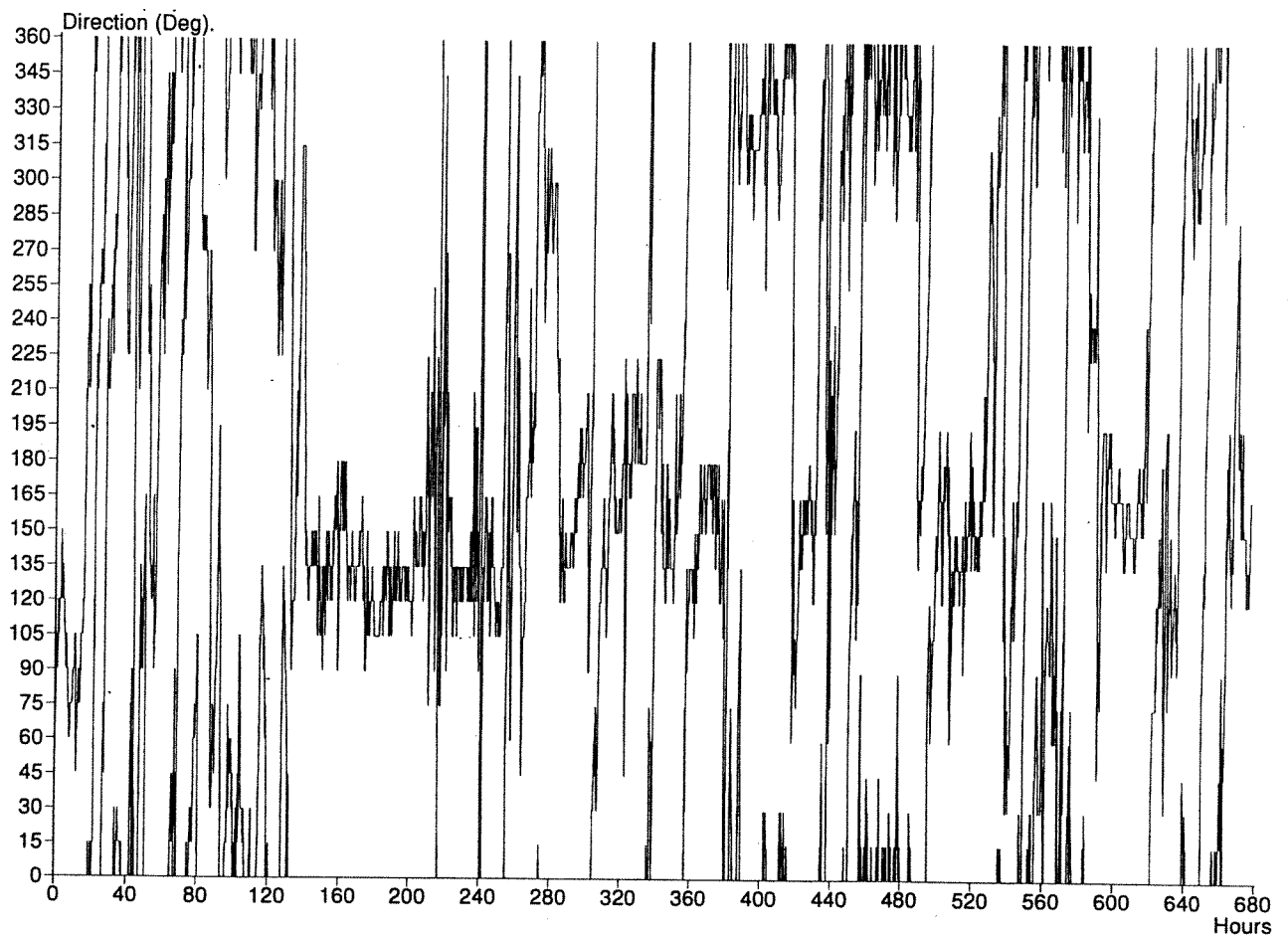
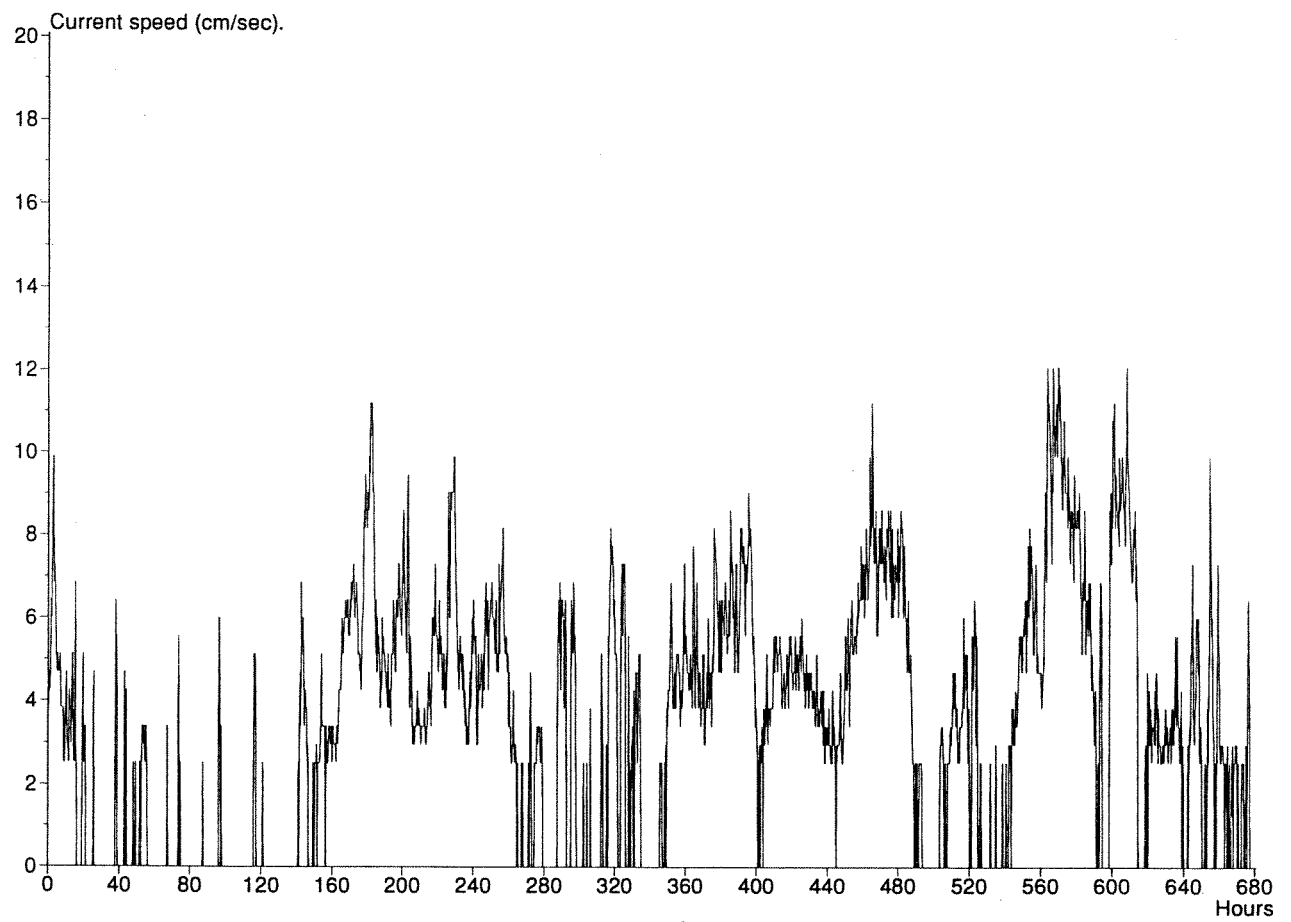
En ser av fig. 3.1 at det var flere lengre perioder med svak strøm, særlig den første uka av serien. Noen av disse periodene var 15-20 timer lange. I praksis er det tale om en viss bevegelse i vannet også i disse periodene. Dette framgår av retnings-målingene som også er framstilt i fig. 3.1, der en ser at roret som oftest har beveget seg også i de periodene rotoren ikke har gått rundt. I praksis dreier det seg nok om strøm av om lag 1 cm/s styrke i middel i disse periodene.

Seljeseth, 20 m dyp

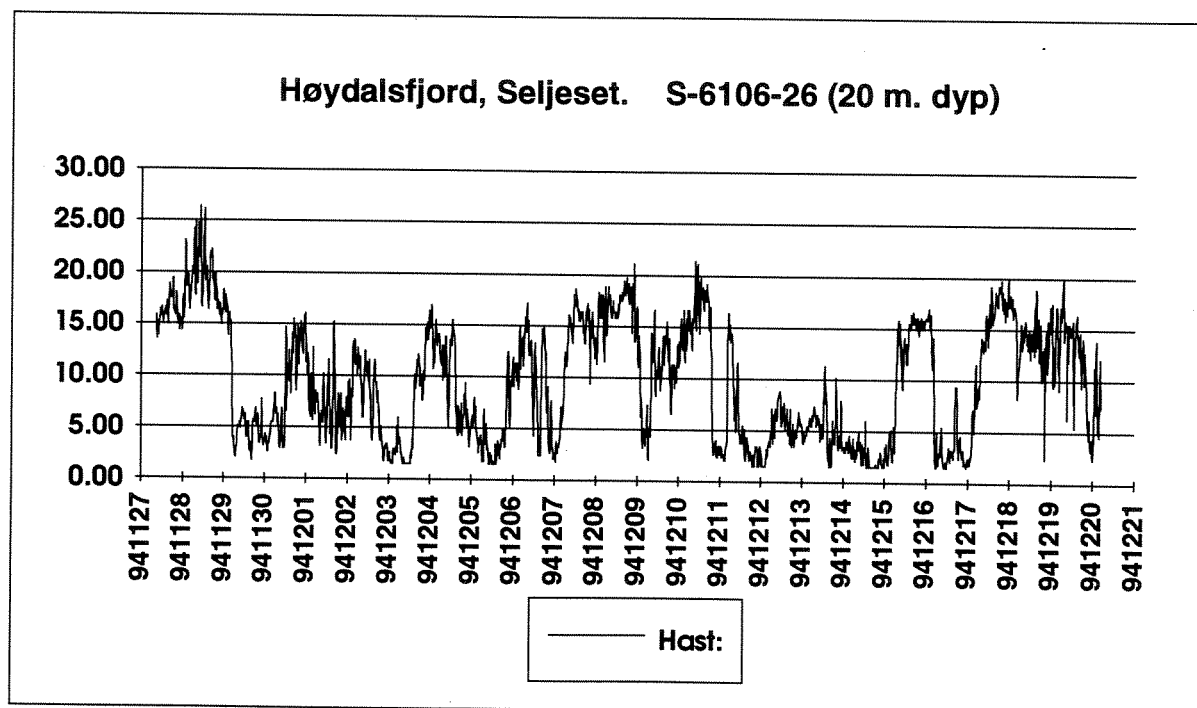
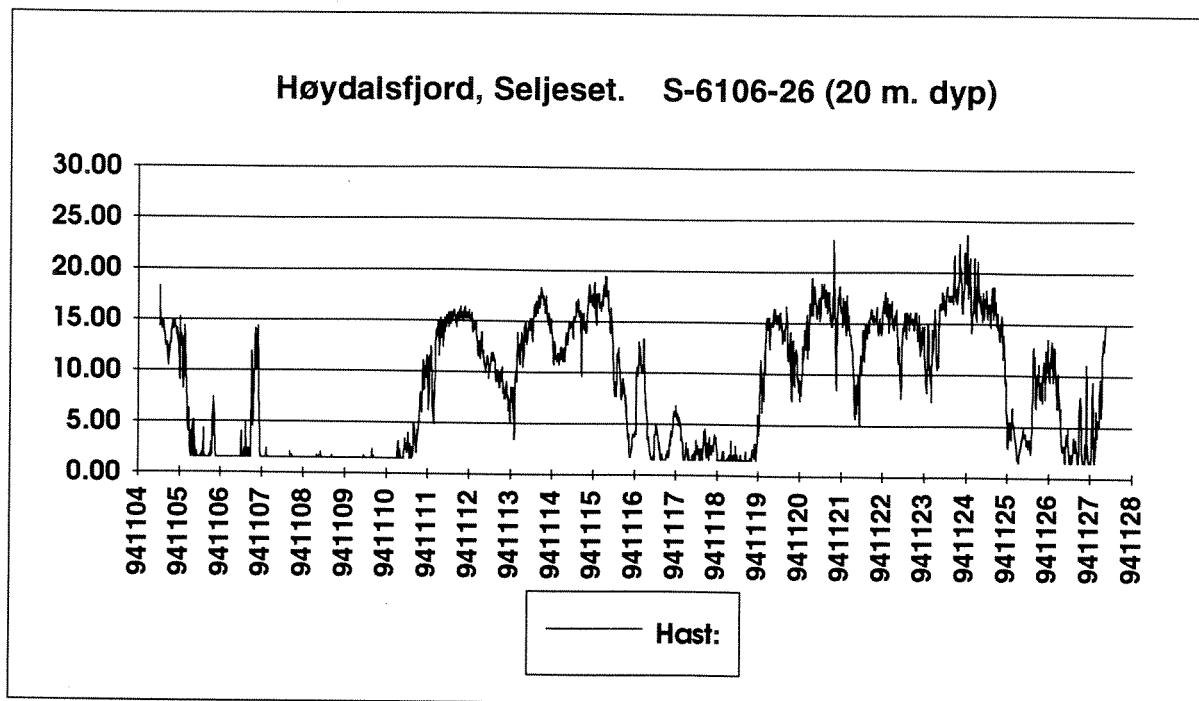
Figur 3.2a viser målt strømstyrke i perioden 4/11 - 20/12 1994. Det var noe sterkere strøm i dette dypet enn i 4 m dyp, noe som muligens kan skyldes en lé-effekt fra anlegget. Både maksimumsverdi og middelværdi var høyere enn i 4 m dyp (tabell 3.1). Strømretningen vekslet noenlunde likt mellom sørøst og nordvest (fig. A2), slik at en netto (framherskende) strømretning var vanskelig å bedømme (fig. A3).

Også i dette dypet var det noen perioder med vedvarende svak strøm. Spesielt gjelder dette den første uka, da det også var stagnasjon i 4 m dyp. Perioden 7/11-11/11 hadde tilnærmet stagnasjon (fig. 3.2a). At det heller ikke her var tale om fullstendig strømsstille framgår av retningsmålingene (fig. 3.2b).

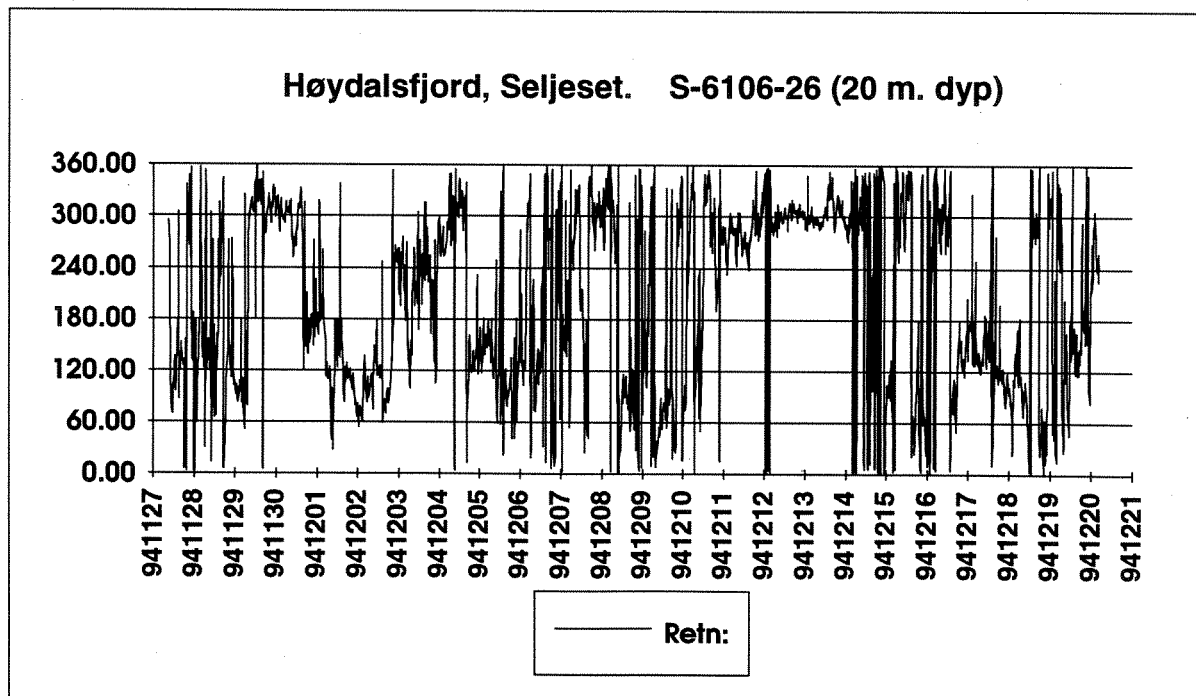
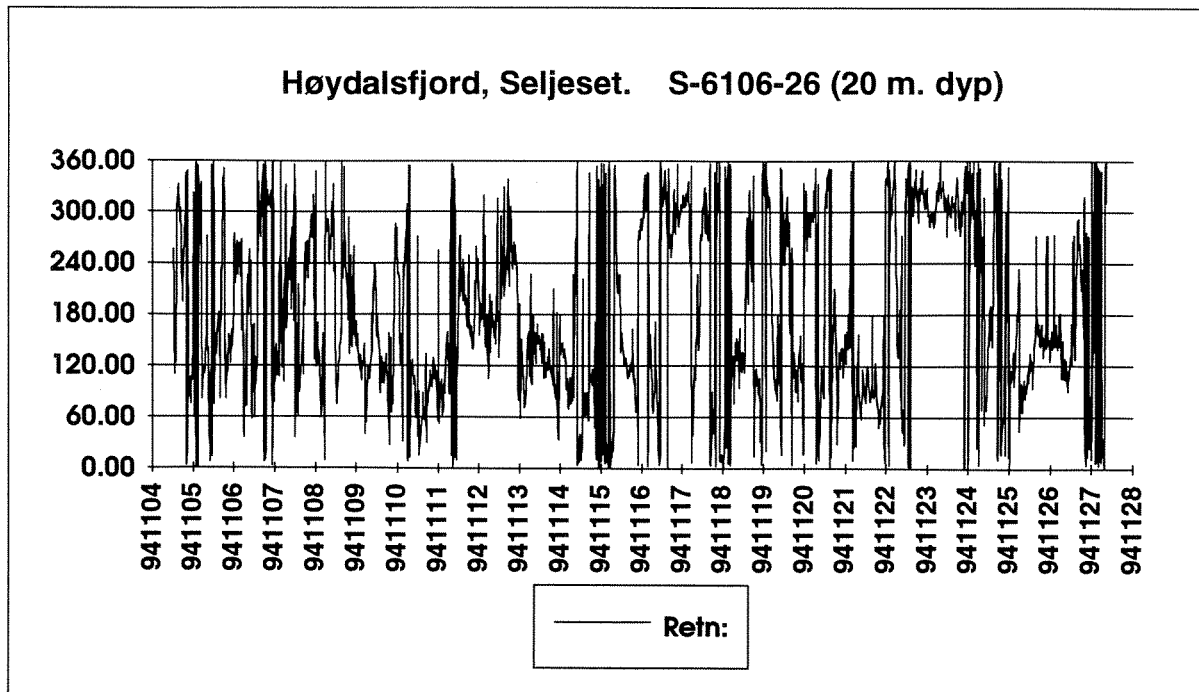
Tabell 3.1 viser en del statistiske verdier for strømmålingene ved Seljeseth. Se også figurene A1-A3 i vedlegg.



Figur 3.1. Målt strømstyrke, cm/s, (øverste kurve) og strømretning ved Seljeseth, 4m dyp, i perioden 4. november til 2. desember 1994. Måleintervallet var 20 minutter.



Figur 3.2a. Målt strømstyrke, cm/s, i 20 m dyp ved Seljeseth i perioden 4. november til 20. desember 1994. Måleintervallet var 10 minutter.



Figur 3.2b. Målt strømretning i 20 m dyp ved Seljeseth i perioden 4. november til 20. desember 1994. Måleintervallet var 10 minutter.

Tabell 3.1. Noen statistiske verdier for NIVAs strømmålinger ved Seljeseth, 4/11 - 22/12 1994.

Dyp	STRØMFART, cm/s			STRØMRETNING	
	min	midd	max	hyppigst	fluksretning
4 m	(0)	3.5	12.1	SØ	SØ
20 m	(0)	9.2	26.1	NV/SØ	SØ(NV)

Ny lokalitet, Høydalsfjorden, 4 m dyp

Det er lite sannsynlig at målingene i første måleperiode i dette dypet var affisert av tauet som hadde hengt seg rundt nederste måler. Målingene fra begge periodene presenteres derfor. Fig. 3.3 viser resultat for strømstyrke og strømretning for første periode, november 1994, og fig. 3.4 viser tilsvarende for andre periode, april 1995. Siste periode (fig. 3.4) hadde de høyeste strømstyrkeverdiene.

Første periode hadde som ved Seljeseth, flere lengre stagnasjonsperioder, av 2-4 døgns varighet (fig. 3.3). Det framgår av samme figur at retningen har variert noe i disse stagnasjonsperiodene, men ikke så markert som på Seljeseth. Det må derfor antas at strømmen i disse periodene har vært svakere enn i tilsvarende perioder ved Seljeseth, sannsynligvis lavere enn 1 cm/s i lengre perioder.

Dominerende strømretning var noe forskjellig for de to måleperiodene, selv om komponenten sørøst framtrer tydelig i begge (tabell 3.2). Se også fig. A4 og A5.

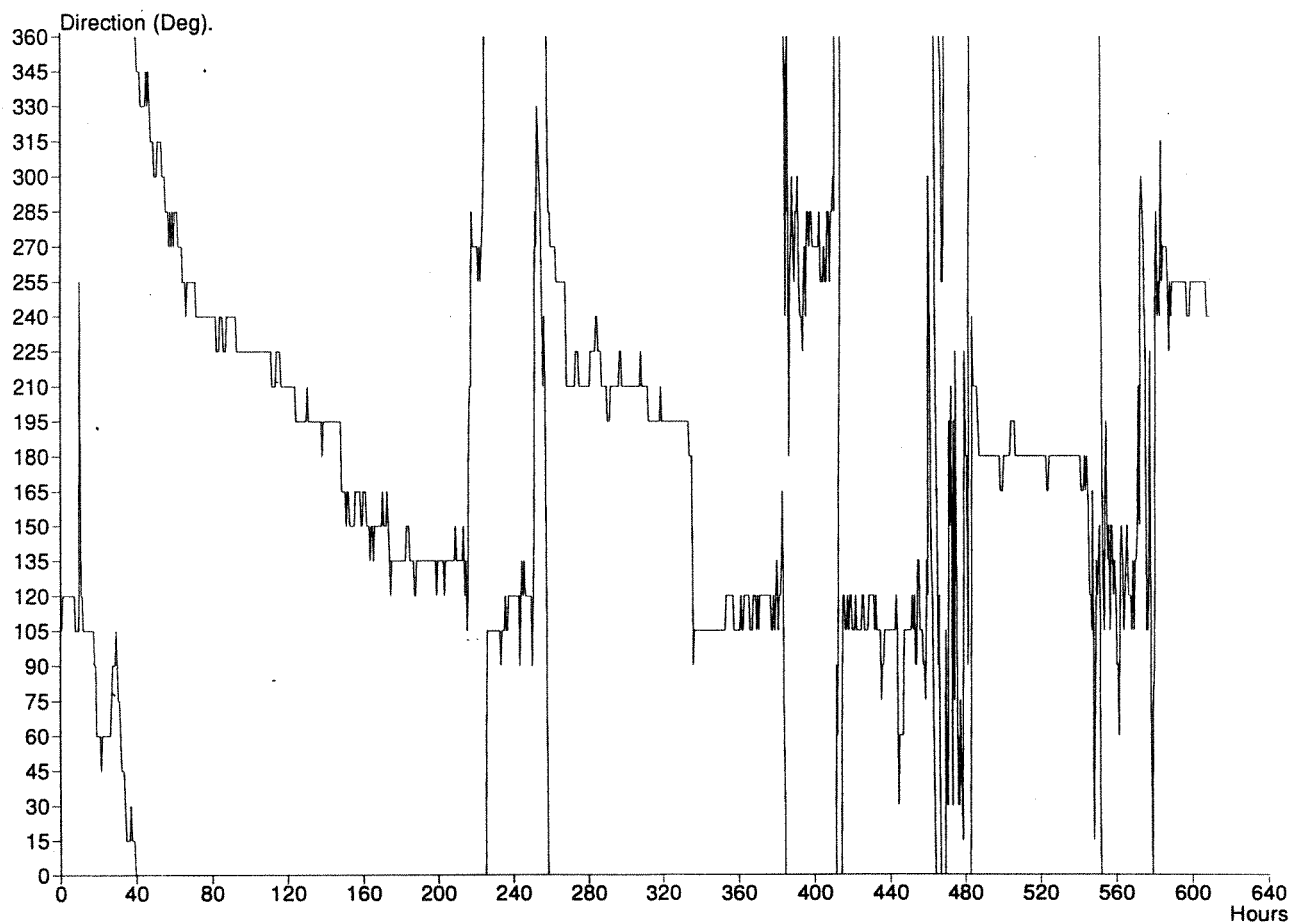
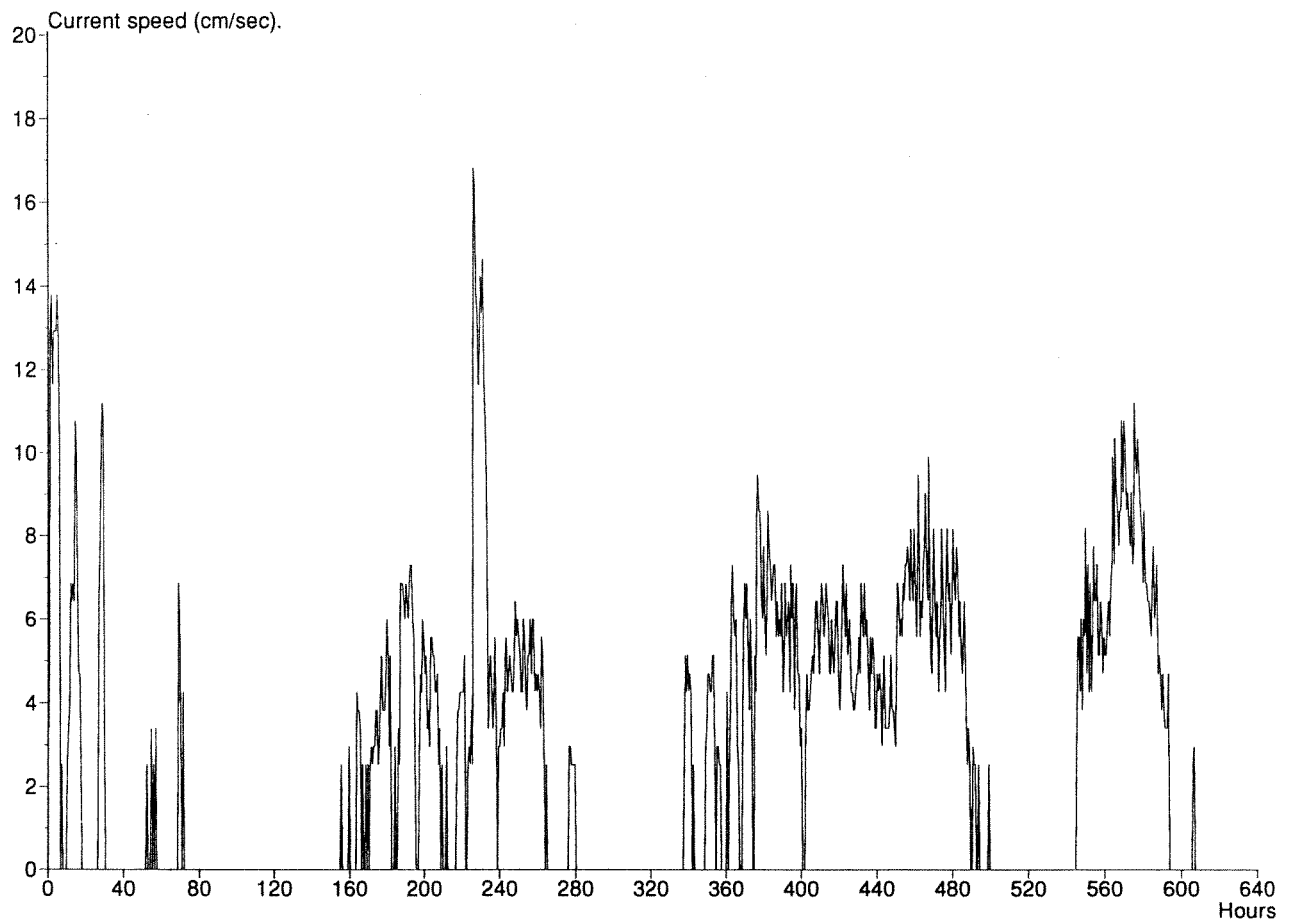
Ny lokalitet, Høydalsfjorden, 20 m dyp

Resultatene fra første periode var som nevnt påvirket av et tau, noe som resulterte i at strømretningen var tilnærmet konstant, mot nordøst, fordi roret var blokkert. Strømstyrken var også lav (jamfør med tabell 3.2), noe som kan tyde på at instrumentet har hengt skeivt, med rotoren delvis skjernet. Noen resultat fra denne serien er tatt med i parentes i tabell 3.2, men diskuteres ikke videre.

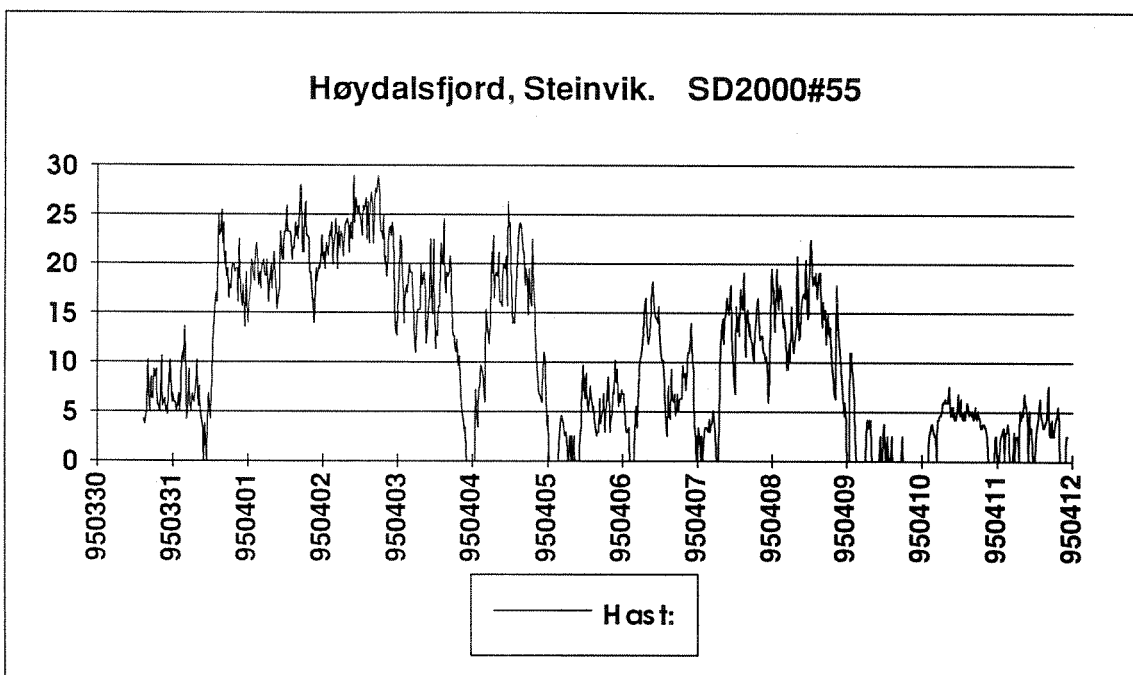
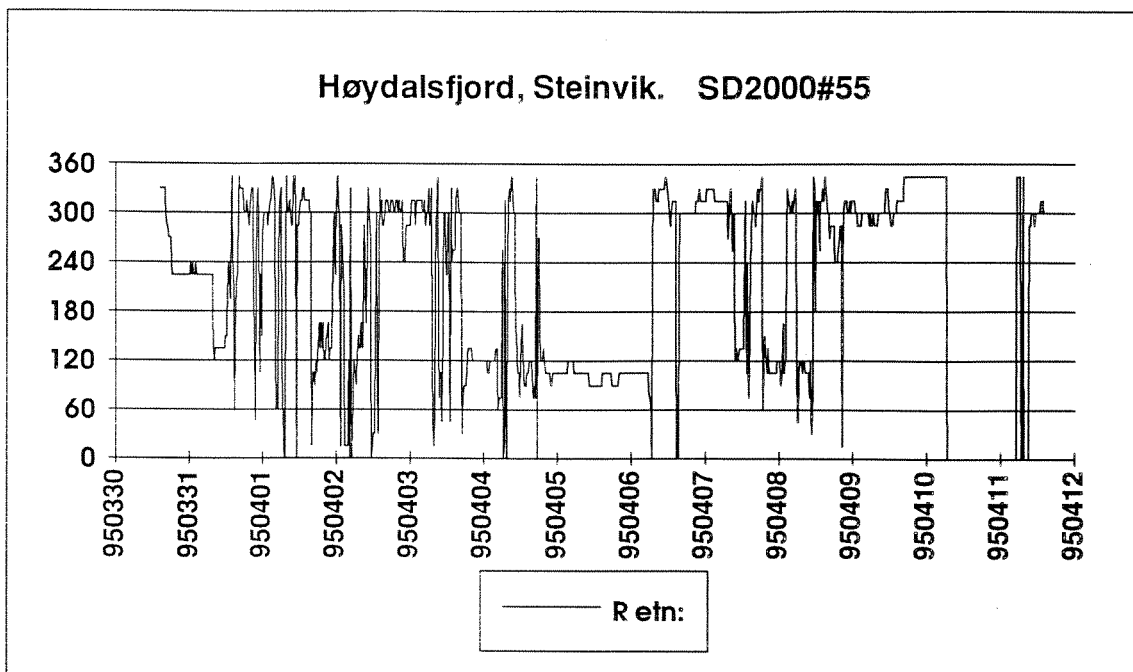
Den andre serien syntte lave strømstyrker i dette dypet (fig. 3.5a), med middelværdi ikke høyere enn 1.5 cm/s (tabell 3.2). Det lave nivået skyldes flere perioder med vedvarende strøm under deteksjonsgrensen. I flere av disse lange periodene (f.eks. 11/4-14/4 og 19/4-23/4) var strømmen tilnærma ens-rettet hele tiden (fig. 3.5b), samtidig som strømstyrken var under deteksjonsgrensen. Dette kan tyde på tilnærmet stagnerende vann.

Hele serien sett under ett, var strømretning mot øst eller sørøst dominerende. Dette framgår av fluksrosen i fig. A7 og av progressiv vektor diagrammet i fig. A8.

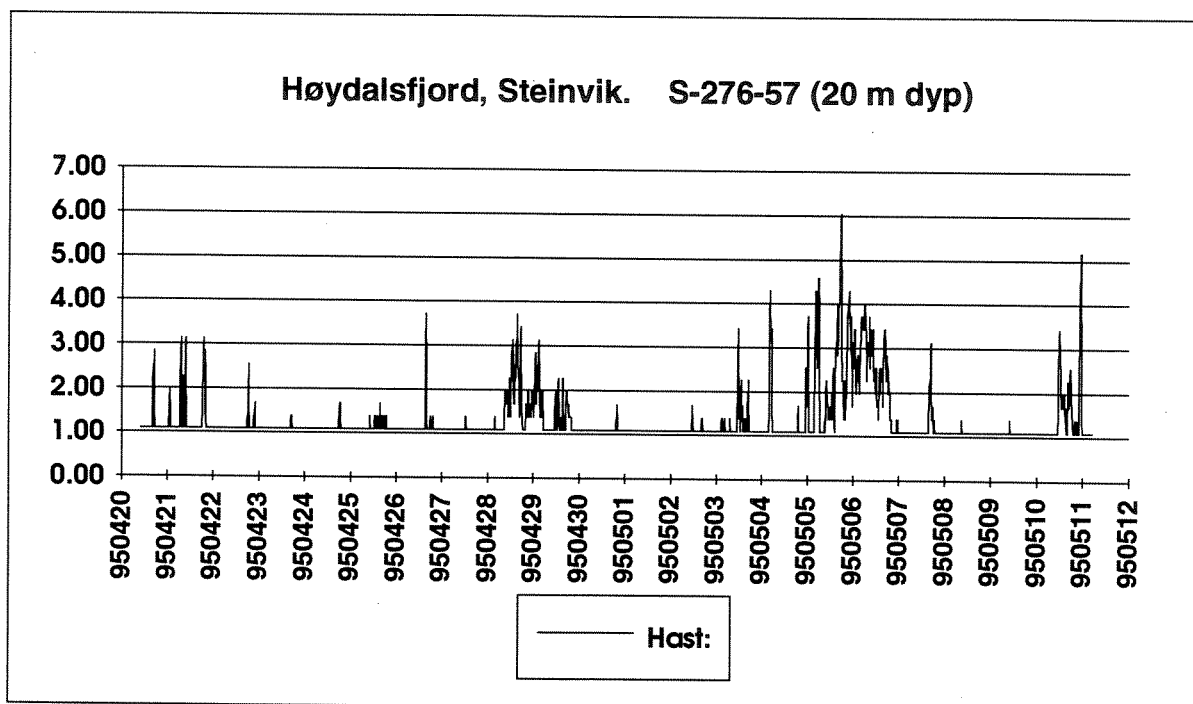
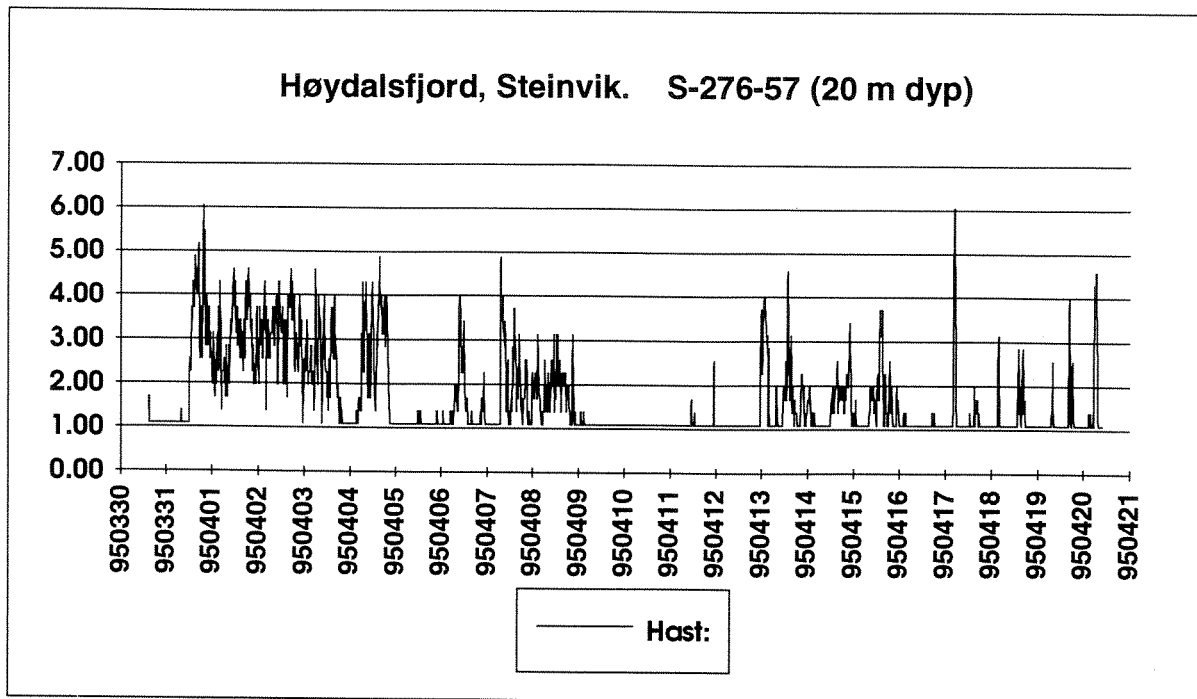
Tabell 3.2 viser en del statistiske verdier for strømmålingene på den nye lokaliteten. Se også figurene A4-A7 i vedlegg.



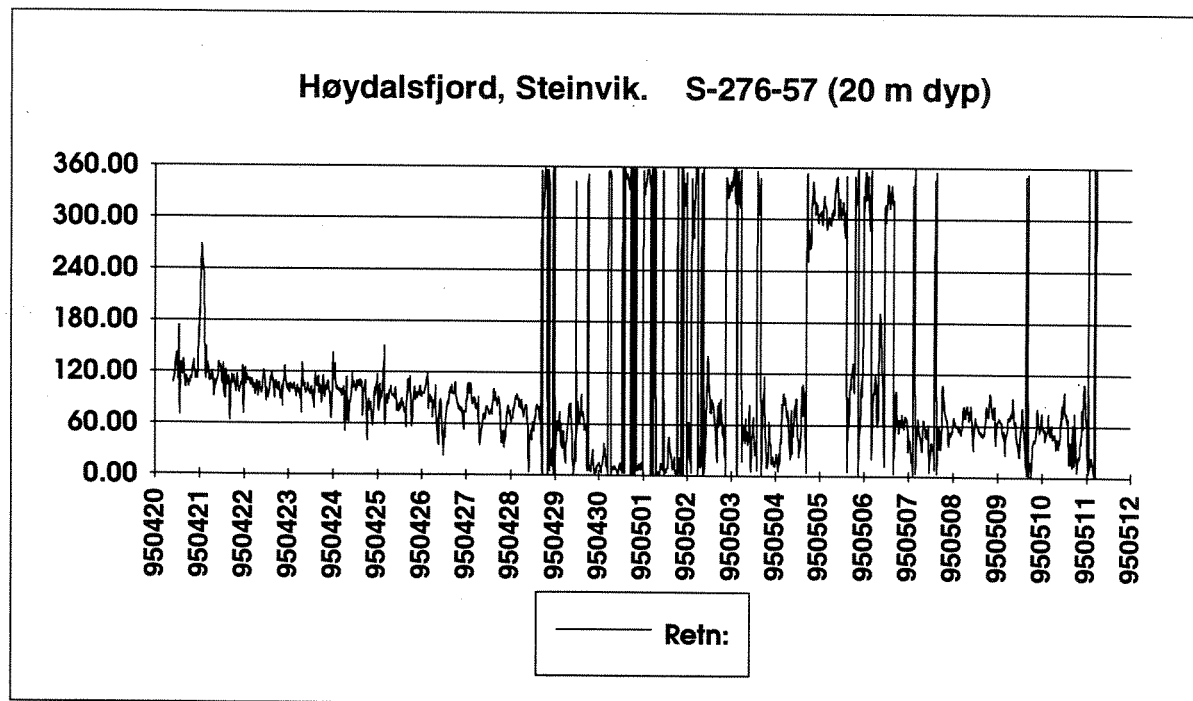
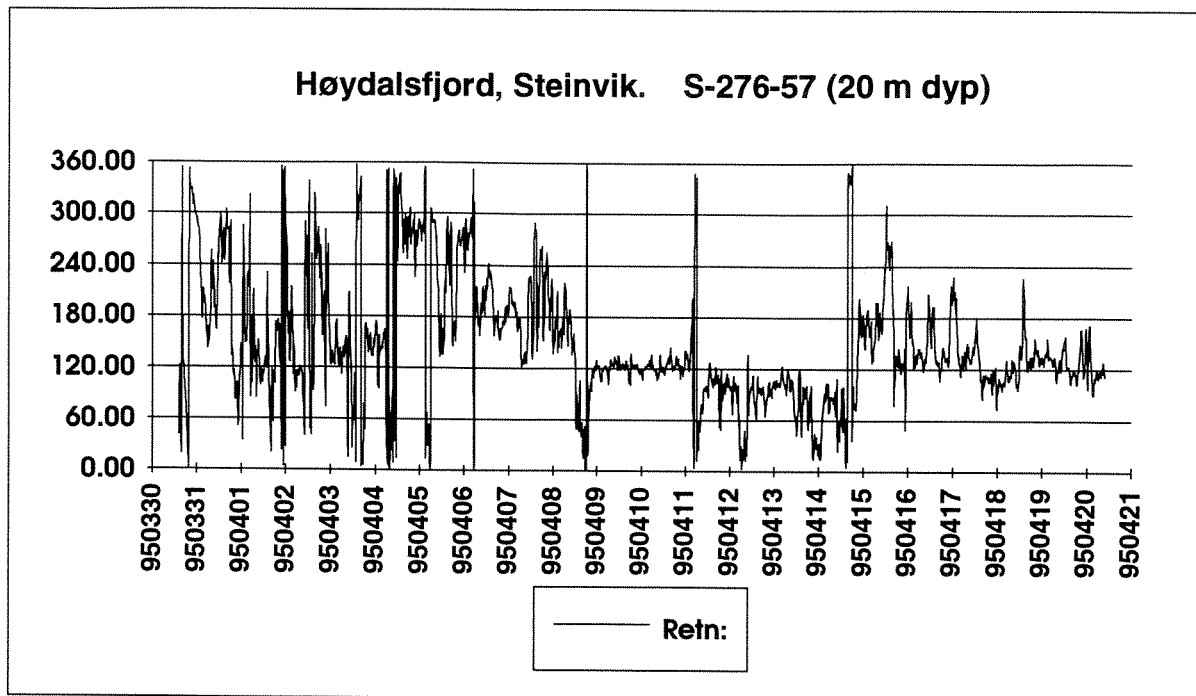
Figur 3.3. Målt strømstyrke, cm/s, (øverste kurve) og strømretning i 4 m dyp ved den nye lokaliteten i Høydalsfjorden i perioden 4. november til 30. november 1994. Måleintervallet var 36 minutter.



Figur 3.4. Målt strømretning (øverste kurve) og strømstyrke (cm/s) i 4 m dyp ved den nye lokaliteten i Høydalsfjorden i perioden 30. mars til 11. april 1995. Måleintervallet var 16 minutter.



Figur 3.5a. Målt strømstyrke, cm/s, i 20 m dyp ved den nye lokaliteten i Høydalsfjorden i perioden 30. mars til 11. mai 1995. Måleintervallet var 10 minutter.



Figur 3.5b. Målt strømretning i 20 m dyp ved den nye lokaliteten i Høydalsfjorden i perioden 30. mars til 11. mai 1995. Måleintervallet var 10 minutter.

Tabell 3.2. Noen statistiske verdier for NIVAs strømmålinger ved den nye lokaliteten i Høydalsfjorden i 1994-1995, da det ble målt to ganger på samme sted/dyp.

Dyp	STRØMFART, cm/s			STRØMRETNING	
	min	midd	max	hyppigst	fluks
4 m, 4/11-30/11	(0)	2,8	16,9	SØ (SV)	SØ
4 m, 31/3-11/4	(0)	10,6	28,9	NV/SØ	NV/SØ
20 m, 4/11-21/11*)	(0)	(2,1)	(20,9)	(NØ)	(NØ)
20 m, 31/3-11/5	(0)	1,5	6,0	Ø-SØ	SØ

*) Tau rundt roret

3.1.3. Tidsseriene av hydrografi

Høydalsfjorden er ikke noen typisk brakkvannslokalitet. Derfor forventes det verken raske salinitetsendringer eller vesentlige forskjeller i hydrografi mellom de to måleposisjonene. Evt. mindre forskjeller kan skyldes seg fra at måledypene (d.v.s. avstand fra overflaten) ikke var 100 % likt justert ved utsetting av målebøyene. Tidsseriene forventes imidlertid å kunne avdekke dels tidsvariasjoner, og dels variasjon/forskjell mellom 4 m dyp og 20 m dyp (p.g.a. vertikal-gradient).

4 m dyp

Målerene i dette dypet registrerte ikke salinitet. Figurene A1 og A4 viser tidsseriene for temperatur ved Seljeseth og på den nye lokaliteten for målingene som startet 4. november 1994. Det framgår at Seljeseth hadde ca 1 grad varmere vann første uka. Merk at denne perioden også var assosiert med svak strøm. Lenger ut i måleperioden var seriene ganske like.

Temperaturene fra vårperioden (start 30. mars 1995) ved den nye lokaliteten er vist i fig. A6. Verdiene varierte mellom 4,5 og 6,5 grader.

20 m dyp

Måleresultat for sjøtemperatur og salinitet, samt beregnet densitet for målingene ved Seljeseth (første perioden) og på den nye lokaliteten (2. periode) er gjengitt i vedleggsfigurene A9 og A10. Det var ikke store sesongforskjeller i dette dypet. Temperaturen falt gradvis fra ca 10 grader til 8 grader i november-desember perioden (fig. A9a), og lå rundt 6-6,5 grader i april (fig. A10a).

Saliniteten varierte mellom 31,3 og 34,2 ppt, begge periodene sett under ett. Strukturen i variasjonene var noe forskjellig for de to periodene. I første periode var det tale om i større grad plutselige variasjoner, i motsetning til siste periode som hadde en gradvis, tilsynelatende periodisk variasjon. I begynnelsen av siste perioden ser en at tungt vann (fig. A10c) i begynnelsen gradvis blir erstatta med lettere vann, noe som sannsynligvis er knytta til en mer storstilt vannutskifting i fjorden.

Statistiske verdier

Måleverdiene kan relateres til Havforskningsinstituttets statistikk for stasjon Sognesjøen (Aure og Østensen 1993), selv om Høydalsfjorden nok har en annen hydrografisk karakteristikk. For temperatur i 1 m dyp har Sognesjøen middelverdier på h.h.v. 9,2 og 7,2 grader i november og desember, og 5,3 grader for april. I november 1994 var middeltemperaturen i 4 m dyp om lag 8,4

grader, altså om lag 1 grad under normalen. (Desember-verdiene for 1994 er ikke direkte sammenliknbare med normalen, siden vi ikke dekket hele måneden med målinger). April-målingene lå omtrent på normalen.

Saliniteten lå omtrent på normalen for Sognesjøen i begge periodene, i den grad en sammenlikning er relevant på såpass ulike lokaliteter.

3.2. Hydrografi

Figurene 3.6 og 3.7 viser profilene for temperatur, salinitet og tetthet ved henholdsvis Seljeseth (stasjon SEL3) og Steinvik (stasjon STE3). Profilene viser et sprangsjikt rundt 50 m dyp på SEL3 og rundt 70 m på STE3. Sprangsjiktet på ca. 10 m dyp er i ferd med å brytes ned av nedkjølingsprosessene som er begynt i øvre delen av vannsøylen. Dette er et vanlig fenomen om høsten. Saliniteten i øvre del av vannsøylen med 30,6 og 31,2 ‰ ved henholdsvis Seljeseth og Steinvik tyder på en svak ferskvannstilførsel. Bunnvannet har med 34,6 ‰ en relativt høy salinitet.

3.3. Vannkjemi

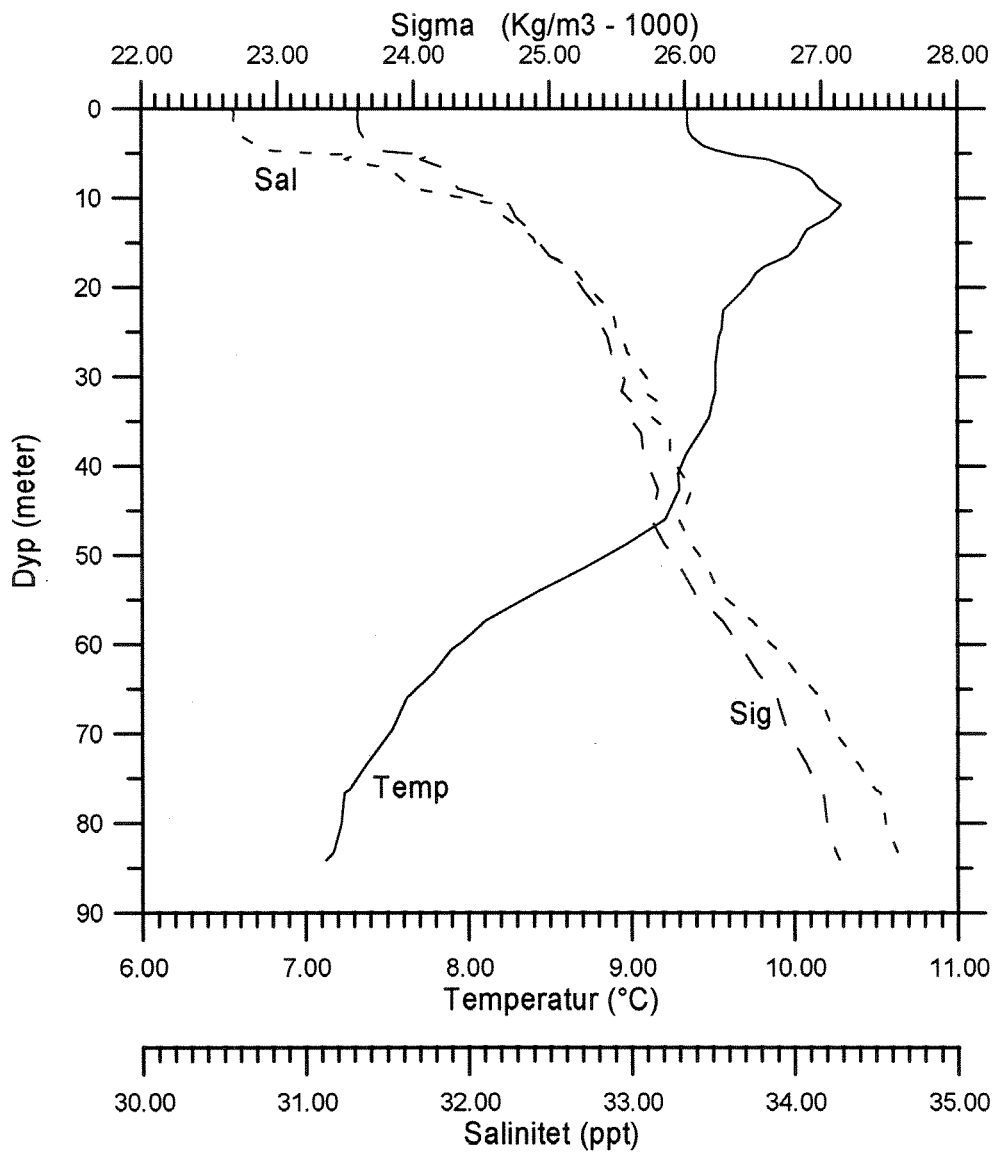
Oksygenprofilene på SEL3 og STE3 (tab.3.3) tyder på at det nylig har vært vannutskifting med innstrømming av oksygenrikt vann i nedre del av vannsøylen. Dette kommer klart til uttrykk med de forhøyete oksygenverdiene på 60 m dyp på begge stasjonene og på 30 m på SEL3. Denne innstrømmingen kan være årsaken til at oksygenverdiene på 80 og 85 m dyp på de to stasjonene var relativt høye.

Prøvene for næringssalter ble tatt tidlig i november som er et tidspunkt da planteplanktonets forbruk av næringssalter er på et minimum og næring tilføres fra det generelt mer næringsrike dypvannet på grunn av hydrografiske prosesser.

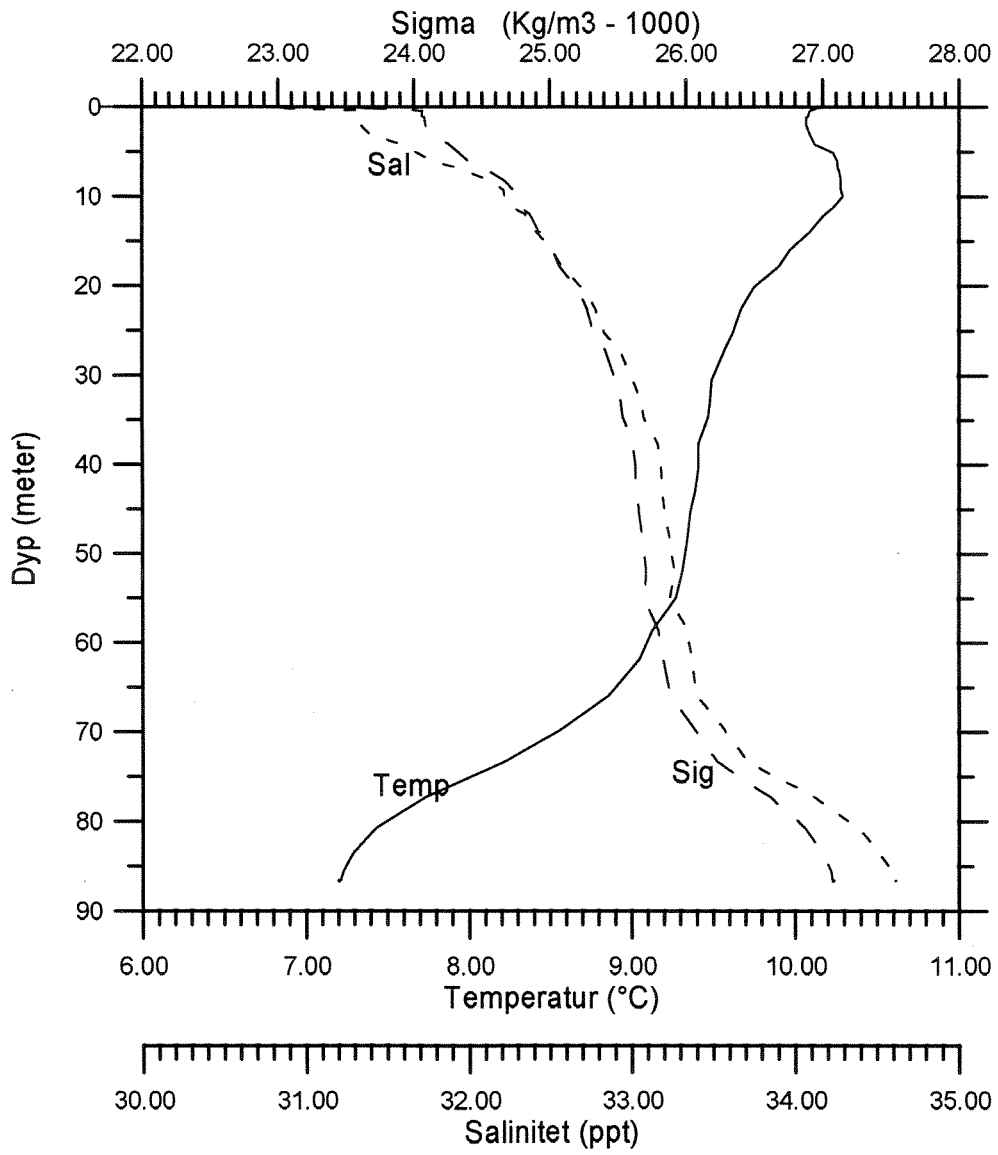
I uforurensete vannmasser forekommer generelt en økning av næringssaltkonsentrasjonen nedover i vannsøylen. Denne gradienten oppstår i vekstsesongen ved at næring forbrukes til algevekst i den delen av vannsøylen som har tilstrekkelig med lys til å opprettholde algevekst (eufotisk sone). Ettersom lyset svekkes raskt (eksponentielt) når det trenger nedover i vannsøylen, vil algene i den nedre delen av vekstsonen vokse saktere på grunn av for lite lys. Dette medfører at næringsforbruket generelt vil være lavere i den nedre halvdel av vekstsonen enn i den øvre halvdel. Dybden på vekstsonen er avhengig av vannkvaliteten. Den går lengst ned i klart havvann, mens den i fjorder med en viss ferskvannstilførsel vanligvis ikke går dypere ned enn 20-30 m.

En naturlig næringssaltprofil for en lite ferskvannpåvirket fjord uten antropogene tilførsler, der all næring tilføres fra dypvannet, vil være en økende gradient nedover i vannsøylen.

Næringssaltverdiene for Høydalsfjorden ser helt normale ut. Verdiene i overflatelaget ligger innenfor grensen til tilstandsklasse 1 "god" vannkvalitet etter SFT sitt klassifiseringssystem (Rygg & Thelin 1993, Appendikstab.A11). TOC-verdiene ligger på det som man kan kalle et naturlig bakgrunnsnivå.



Figur. 3.6 Hydrografiprofil for SEL3.



Figur 3.7 Hydrografiprofil for STE3.

Tabell 3.3. Oversikt over kjemiske analyser av vannprøver fra stasjonene SEL3 og STE3.

Stasjon	Dyp i meter	O ₂ ml/l	% O ₂ metning	NO ₃ -N µg/l	Tot.-N µg/l	PO ₄ -P µg/l	Tot.-P µg/l	Organisk karbon mg/l	NO ₃ /PO ₄	Totalt N/P
SEL3	10	6,03	94,4	75	175	10	12	1,2	7,5	14,6
SEL3	30	6,30	97,5	52	170	12	13	1,3	4,3	13,1
SEL3	60	6,64	99,6	155	245	24	26	1,3	6,5	9,42
SEL3	85	6,07	89,9	180	270	31	33	1,2	5,8	8,2
STE3	4	5,99	93,0	76	190	-	-	1,6	-	-
STE3	20	5,63	87,4	90	220	16	18	1,4	5,6	12,2
STE3	60	6,01	92,3	82	190	14	16	1,2	5,9	11,9
STE3	80	5,35	79,6	175	265	28	30	1,5	6,3	8,8

40-50 % av tørrstoffet i fiskefôret er protein og rundt 16 % av dette proteinet består av nitrogen. Fisken nyttiggjør seg av bare en liten del av dette nitrogenet og 70-80 % blir skilt ut over gjellene i form av ammoniakk (Ervik & Aure 1990). Denne ammoniakken blir sammen med en del andre nitrogenforbindelser inkorporert i verdiene for totalt nitrogen (Tot.-N).

Fiskefôr inneholder 1,0-1,4 % fosfor, mens fisken selv inneholder 0,4 % (Ervik & Aure 1990). Fisken kan derfor ikke nyttiggjøre seg alt fosforet. 85 % av fosforet i fôret tilføres miljøet i form av spillfôr og fekalier som faller til bunns og påvirker bunnsedimentet. Utslippet av fosfor går således i hovedsak til bunns, mens mesteparten av nitrogenutslippene skjer i oppløst form og tilføres vannsøylen.

I marint planteplankton er det generelle forholdet mellom nitrogen og fosfor på vektbasis lik 7,2. Dersom forholdet mellom disse næringssaltene i vannmassen er lavere enn 7,2, betyr det at nitrogenmengden, sett ut fra planteplanktonets behov, i realiteten er i underskudd i forhold til fosformengden i vannet. I marint miljø uten noen særlig ferskvannspåvirkning er det generelle bildet i den øvre delen av vannsøylen at nitrogen vil være den begrensende faktoren. Det vil si at N:P-forholdet vil være <7,2 (Redfieldforholdet). Dette er det generelle bildet for hele vannsøylen på begge de to undersøkte stasjonene.

Ser man på tilsvarende verdier for totalt nitrogen og totalt fosfor er forholdet motsatt. Disse totalverdiene inneholder summen av alle målbare nitrogen og fosforforbindelser i vannsøylen, både uorganiske og organiske, og de inkluderer både de som algene kan nyttiggjøre seg og de som er på en form som ikke er tilgjengelig for alger. Det vil si at forholdet reflekterer ikke på samme måten som nitrat og fosfat, algenes tilgjengelighet for næring. Det generelle bildet for marint miljø er at verdiene for forholdet mellom totalt nitrogen og totalt fosfor ligger høyere enn Redfieldforholdet (Olsen & Jensen 1989). Dette er tilfellet på begge hydrografistasjonene, der forholdstallet viser en avtakende trend nedover i vannsøylen.

3.4. Bunnfauna og sedimentanalyser

Stasjon SEL 1

Prøvene ble tatt tett ved oppdrettsanlegget (Figur 1). I dette området hadde det som tidligere nevnt (jfr.kap.2.4.1) i 1,5 år ligget en stor merd med fisk, som like før undersøkelsen fant sted hadde en biomasse på 120 tonn. Fisken ble slaktet og merden flyttet et par uker før bunnprøven ble tatt. Bunnprøven fra SEL1 reflekterer således i prinsippet, forholdene under denne merden.

Bunnsedimentet var synlig preget av tilførsler fra anlegget og hadde lukt av hydrogensulfid (Tabell 3.4). Innholdet av organisk materiale i sedimentet (11 % glødetap, 56 mg/g TOC) var nokså høyt (Tabell 3.5). I finkornede fjordsedimenter er det vanlig å observere 10-50 mg/g TOC, mens verdiene i sandholdige bunn er lavere. Verdiene både for TOC og TN faller i tilstandsklasse III 'nokså dårlig' i SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet (SFT 1993). Bunnfaunaprøven var praktisk talt livløs og inneholdt bare et par nokså tilfeldige individer (Tabell 3.6). Dette må bety at miljøforholdene var svært dårlige. Trolig var det ikke oksygen tilstede i bunnvannet.

I Tabell 3.5 er det i tillegg til målingene gitt forholdstall mellom karbon, nitrogen og fosfor. Disse forholdstallene kan indikere noe om materialets art. I sedimenter hvor det organiske materialet hovedsakelig er naturlig produsert i sjøen (f.eks. dødt plankton) vil forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N) være 6-10. Nær ved oppdrettsanlegg har det vært påvist lavere verdier. Dette er blitt forklart ved påvirkning fra fôr med høyt proteininnhold, og som derved inneholder mye nitrogen (Nilsen et al. 1987, Lømsland & Oug 1995). Tilsvarende har avvikende forholdstall mellom fosfor og karbon (P/C) blitt tolket som en påvirkning fra fosforholdig materiale. Normale forholdstall for P/C og N/P er henholdsvis ca. 0,025 og ca. 7 (Lømsland & Oug 1995). Resultatene viser at lokaliteten hadde et nokså normalt C/N-forhold, men svært høyt P/C-forhold og svært lavt N/P-forhold. Dette indikerer at det var en betydelig overkonsentrasjon av fosfor i sedimentet. Fosforet må stamme fra anlegget eller nærliggende utslipp.

Bunnfaunaprøven viser at det var dårlige forhold på lokaliteten. I MOM-systemet (miljøstandarder for overvåking i oppdrett) som nå er under utarbeidelse, settes som minstekrav for akseptable miljøforhold at det skal være minst 5 arter og mer enn 20 individer i prøver som representerer 0,2 m² prøveflate (Ervik et al. 1995). I praksis betyr dette at man bør finne flere arter og individer også i prøver fra mindre prøveflater. Resultatet kan bety at bunnvannet var uten oksygen og inneholdt hydrogensulfid.

Prøvene viser en tungt organisk belastet lokalitet. Det kan være grunn til å kontrollere bunnvannets kvalitet på lokaliteten.

Stasjon SEL 2

Det var grov bunn med sand og stein på lokaliteten (Tabell 3.4). På grunn av dette var det vanskelig å få bunnprøve, og det måtte gjøres en rekke forsøk. I to hugg var det noe sediment som ble slått sammen og tatt til analyse for fauna.

Det var lavt organisk innhold (TOC, TN) i sedimentet, men noe høy verdi for fosfor. P/C-forholdet var derfor endel forhøyd. Dette kan indikere en svak påvirkning fra anlegget.

Bunnfaunaprøven var normalt artsrik, men hadde noe lavt individtall. Artsmangfoldet ($H' = 4.08$) var høyt og faller godt innenfor tilstandsklasse I 'god' i SFTs klassifikasjon. Det er ikke uvanlig å

finne noe lave individtall på lokaliteter med grov sand og stein. Et av problemene er rett og slett å få tilstrekkelig gode og representative prøver. Det var normal artssammensetning i prøven.

Prøvene gir inntrykk av en godt strømpåvirket lokalitet med gode forhold. Det kan synes som lokaliteten tilføres noe organisk materiale fra det nærliggende anlegget.

Stasjon STE 1

Prøvene ble tatt litt til side for oppdrettsanlegget (Figur 1). Bunnsedimentet besto av grå sand- og grusholdig silt og hadde en svak lukt av hydrogensulfid. Det var ingen synlig påvirkning fra anlegget på bunnsedimentet (Tabell 3.4).

Det organiske innholdet i sedimentet var nokså normalt med verdier for organisk karbon (17 mg/g) og nitrogen (2,8 mg/g) som faller i henholdsvis tilstandsklasse I 'god' og II 'mindre god' i SFTs system. Verdiene for fosfor var derimot forhøyd og ga seg utslag i svært høyt P/C-forhold og svært lavt N/P-forhold. Overkonsentrasjonene av fosfor må komme fra anlegget eller nærliggende utslipp.

Bunnfaunaprøven viser at lokaliteten påvirkes av organiske tilførsler. Det var litt lavt artstall, men svært høyt antall individer i prøven. Den dominerende arten, børstemarken *Capitella capitata*, opptrer over hele verden i høye tettheter i områder som utsettes for tung organisk belastning. Artsmangfoldet ($H' = 1,31$) var også nedsatt og faller i tilstandsklasse III 'nokså dårlig' i SFTs system. Etter MOM-systemet faller prøven innenfor minstekravene til akseptable miljøforhold. Ett av kravene er imidlertid at ingen art må ha mer enn 90 % av det totale individtallet i prøvene, og det er ikke så langt fra i dette tilfellet.

Prøvene gir inntrykk av en lokalitet som er påvirket av organiske tilførsler. Tilstanden er akseptabel, men kan ikke karakteriseres som god.

Stasjon STE 2

Det var grov bunn med stein og sand på lokaliteten (Tabell 3.4). Det ble derfor gjort en rekke forsøk før det lyktes å få en tilfredsstillende prøve.

Bunnsedimentene hadde lavt organisk innhold (Tabell 3.5). Det var noe høy verdi for fosfor, som gir seg utslag i nokså høyt P/C-forhold. Bunnfaunaprøven viste litt lave arts- og individtall, men arts mangfoldet var høyt og faller godt innenfor tilstandsklasse I 'god' i SFTs system. Det var normal artssammensetning i prøven.

Resultatene, både for sedimenter og fauna, var svært like stasjon SEL 2. Prøvene gir inntrykk av en godt strømpåvirket lokalitet med gode forhold. Det kan synes som lokaliteten tilføres noe organisk materiale fra det nærliggende anlegget.

Stasjon REF

Lokaliteten lå flere hundre meter fra oppdrettsanlegget i Steinvika på yttersiden av Hjortøya og ble tatt som referanse. Det var gråbrun relativt grov skjellsand på lokaliteten. Sikterestene ble derfor svært stor, og bare godt og vel halvparten av materialet ble tatt til analyse av bunnfauna.

Det var lavt organisk innhold i bunnsedimentet. Verdien for fosfor var lavere enn på de andre stasjonene og forholdstallet mellom fosfor og karbon (P/C-forholdet) var vesentlig lavere. Dette synes å bekrefte at det var tilførsler av fosforholdig materiale på de andre stasjonene.

Tabell 3.4. Bunnprøvetaking i Høydalsfjorden 4. november 1994: Stasjoner, dyp, visuelle observasjoner og karakteristikk av grovmaterialet i prøvene.

Stasjon	Dyp m	Beliggenhet	Visuelle observasjoner	Karakteristikk av sikterest
SEL1	50	Tett ved anlegg (ca. 2 m)	Mørk grått finkornet sediment med brunt topplag. Slimet øvre belegg. Lukt av hydrogensulfid og fôrrester.	Rester av fôr og småkuttet organisk materiale. Fiskeben, fiskekjell, skall av krepsdyr. Endel plantefibre, skjellrester, grus og sand. Dårlig lukt av materialet.
SEL2	45	70-100 m fra anlegg	Grovt sediment med stein og sand. Vanskelig å få prøve. Lite sediment i grabben. Ingen lukt.	Grus og grov sand. Litt skjellsand og skjellrester. Lite organisk materiale.
STE1	40	15 m fra anlegg	Grått leirholdig sediment. Ikke belegg på toppen. Svak lukt av hydrogensulfid.	Litt grus og sand, litt planterester
STE2	33	70-100 m fra anlegg	Stein og sand. Vanskelig å få prøver.	Sand og grus
REF	42		Gråbrun sand og grus	Gråbrun forvitret skjellsand. Endel grus og småstein. Naturlig begroing av kalkalger på stein.

Tabell 3.5. Organisk materiale i sedimenter fra Høydalsfjorden 4. november 1994: analyser av glødetap, karbon, nitrogen og fosfor. TTS = totalt tørrstoff, TOC = totalt organisk karbon, TN = totalt nitrogen, TotP = totalt fosfor. Forholdstall mellom karbon, nitrogen og fosfor er også vist.

Stasjon	TTS g/kg	Glødetap %	TOC mg/g	TN mg/g	TotP mg/g	C/N	P/C	N/P
SEL1	345	11,7	56,1	5,6	8,90	10,0	0,16	0,63
SEL2	778	2,8	3,8	<1,0	0,49	-	0,13	-
STE1	573	6,0	17,6	2,8	8,20	6,3	0,47	0,34
STE2	770	2,6	2,8	<1,0	0,55	-	0,20	-
REF	664	4,0	6,1	<1,0	0,37	-	0,06	-

Bunnfaunaprøven var normalt arts- og individrik, spesielt tatt i betraktning at den trolig representerer et mindre areal enn 0,1 m². Artsmangfoldet var høyt. Det var normal artssammensetning i prøven.

Prøvene indikerer en strømpåvirket lokalitet med gode forhold.

Tabell 3.6. Bunnfauna i Høydalsfjorden 4. november 1994: de viktigste artene, samlet artstall og arts mangfold i prøvene. Alle arter med > 5 individer i prøvene og artene på stasjon SEL 1 er vist. Fullstendig artsliste er gitt i appendikstabell A12.

Stasjon Prøveareal, m ²	SEL1 0,1	SEL2 > 0,1	STE1 0,1	STE2 0,1	REF < 0,1
NEMATODA (rundmark)					
Nematoda ind.	-	1	33	-	-
POLYCHAETA (mangebørstemark)					
Capitella capitata	-	-	383	2	-
Cirratulus cirratus	-	5	-	6	-
Diplocirrus glaucus	1	-	-	-	-
Eteone flava/longa	-	-	6	-	-
Glycera lapidum	-	4	-	3	3
Mediomastus fragilis	-	-	9	-	-
Myriochele oculata	-	2	-	1	2
Owenia fusiformis	-	2	-	1	6
Pholoe sp.	-	3	-	1	1
Prionospio cirrifera	-	35	4	13	24
Scoloplos armiger	-	1	6	5	-
MOLLUSCA (bløtdyr)					
Ischnochiton albus	-	5	-	2	4
Thyasira sarsi/flexuosa	-	-	8	-	4
CRUSTACEA (krepsdyr)					
Gammarus sp.	1	-	-	-	-
ECHINODERMATA (pigghuder)					
Ophiuroidea ind, juv	-	4	-	17	2
Leptosynapta decaria	-	2	-	-	4
Samlet artstall	2	35	20	29	35
Samlet individtall	2	99	471	76	91
Arts mangfold Shannon-Wiener H' (log 2)	-	4,08	1,31	4,05	4,38

4. Sammenfattende konklusjon

Vannkvalitet

Undersøkelsen av næringssaltinnholdet i vannsøylen viste normale verdier og forholdene i overflatelaget kan ut fra SFT sitt klassifiseringssystem karakteriseres som "gode" både ved Steinvik og Seljeseth. Oksygenverdiene viser et godt oksygenert bunnvann med høy metningsprosent på begge lokalitetene.

Bunnsediment

Resultatene fra de to stasjonene nærmest anleggene SEL1 og STE1 som er tatt henholdsvis ca. 2 og 15 meter fra anleggene, bærer preg av svært høy organisk belastning.

Bunnfaunaen var praktisk talt livløs på SEL1. Selv om dette sedimentet i prinsippet må sees på som sediment under en merd, så skal der i følge MOM-kriteriene være makrofauna i sedimentet under merdene.

Dersom bunntopografien er av en slik art at det finnes dumper, der vannet blir stillestående i lommer, vil der ved organisk belastning lett kunne bli fritt for oksygen i disse dumpene. Høy organisk belastning medfører at sedimentet forbruker mye oksygen til nedbrytningsprosessene. Selv om vannmassene er godt oksygenerte kan likevel forbruket av oksygen i de nærmeste centimetrene over sedimentet være større enn det som tilføres ved diffusjon og forflytning av vannmasser, slik at man kan få et tynt oksygenfritt sjikt helt nær bunn. Et slikt begrenset oksygenfritt sjikt kan også være årsaken til manglende bunnfauna på SEL1.

STE1 hadde redusert artsmangfold og faller inn under tilstandsklasse 3 "nokså dårlig" ut fra SFT sitt klassifiseringssystem. Etter MOM-systemet faller prøven innenfor minstekravene til akseptable miljøforhold, der ett av kravene er at ingen art må ha mer enn 90 % av det totale individtallet i prøvene. Forekomsten av *Capitella capitata* ligger imidlertid svært nær denne grensen.

Ettersom det er nokså vanlig med en mer eller mindre dårlig nærsone like ved anlegget, vil miljøpåvirkningen fra oppdrettsanlegget på området omkring kanskje best gjenspeiles på stasjonene SEL2 og STE2 som begge er tatt 70-100 meter fra anleggene.

Både SEL2 og STE2 gir inntrykk av å være godt strømpåvirkete lokaliteter med svært lite organisk materiale i form av totalt organisk karbon og nitrogen. Et noe forhøyet P/C-forhold i forhold til referansestasjonen indikerer en svak påvirkning fra oppdrettsanlegget. Men ut fra de kjemiske parametrene karbon og nitrogen, som inngår i SFT sitt klassifiseringssystem, og bunndyrforekomstene kan disse to lokalitetene plasseres i tilstandsklasse 1 "god" ut fra SFT sine tilstandskriterier.

Resultatene viser at anleggene drives hardt, men i en avstand på 70-100 meter fra anleggene kan effekter fra driften bare så vidt spores.

Strømforhold

Strømmålingene gir et inntrykk av svakere strøm ved den nye lokaliteten på østsiden av Hjortøya enn ved Seljeseth. Våre målinger i 20 m dyp på begge lokalitetene understreker dette. Dette henger

sannsynligvis sammen med forskjellig eksponeringsgrad. Hjortøya skjærer en del av for den nye lokaliteten, mens Seljeseth ligger mer åpent til.

Gjennomsnittlig strømstyrke i november ved Seljeseth var 3,5 og 9,2 cm/s på henholdsvis 4 og 20 meters dyp. Strømforholdene kan sies å være tilfredsstillende, men en må være oppmerksom på lengre perioder på flere døgn der strømmen kan være svak (under 3 cm/s).

Det er kjent at ved en strømfart under 2-3 cm/s vil vannkvaliteten inne i merdene være meget følsom for økt belastning. Belastning kan i denne sammenheng være stor fisketetthet, høy temperatur, økt aktivitet og sterk fôring, som alle igjen vil påvirke viktige faktorer som konsentrasjon av oksygen og ammonium (Ervik og Aure 1990). Ved strømstyrker over 6-7 cm/sek vil vannkvaliteten inne i merdene bli lite påvirket av normale belastninger.

Hovedstrømretningen ved Seljeseth var rettet mot SØ (inn fjorden), men dette betyr neppe noe for forurensingssituasjonen, i og med at det er dypt oksygenrikt vann i den retningen.

Ved den nye lokaliteten ved Hjortøya varierte den gjennomsnittlige strømstyrken i 4 meters dyp mellom 2,8 cm/s i november og 10,6 cm/s i april. På 20 meters dyp var den gjennomsnittlige strømstyrken i april betydelig lavere bare 1,5 cm/s. Den lave gjennomsnittsverdien reflekterer et betydelig innslag av svak strøm der det i lengre perioder (2-4 døgn) kan være nesten strømstille. Dette kan være kritisk dersom det er mye fisk i anlegget.

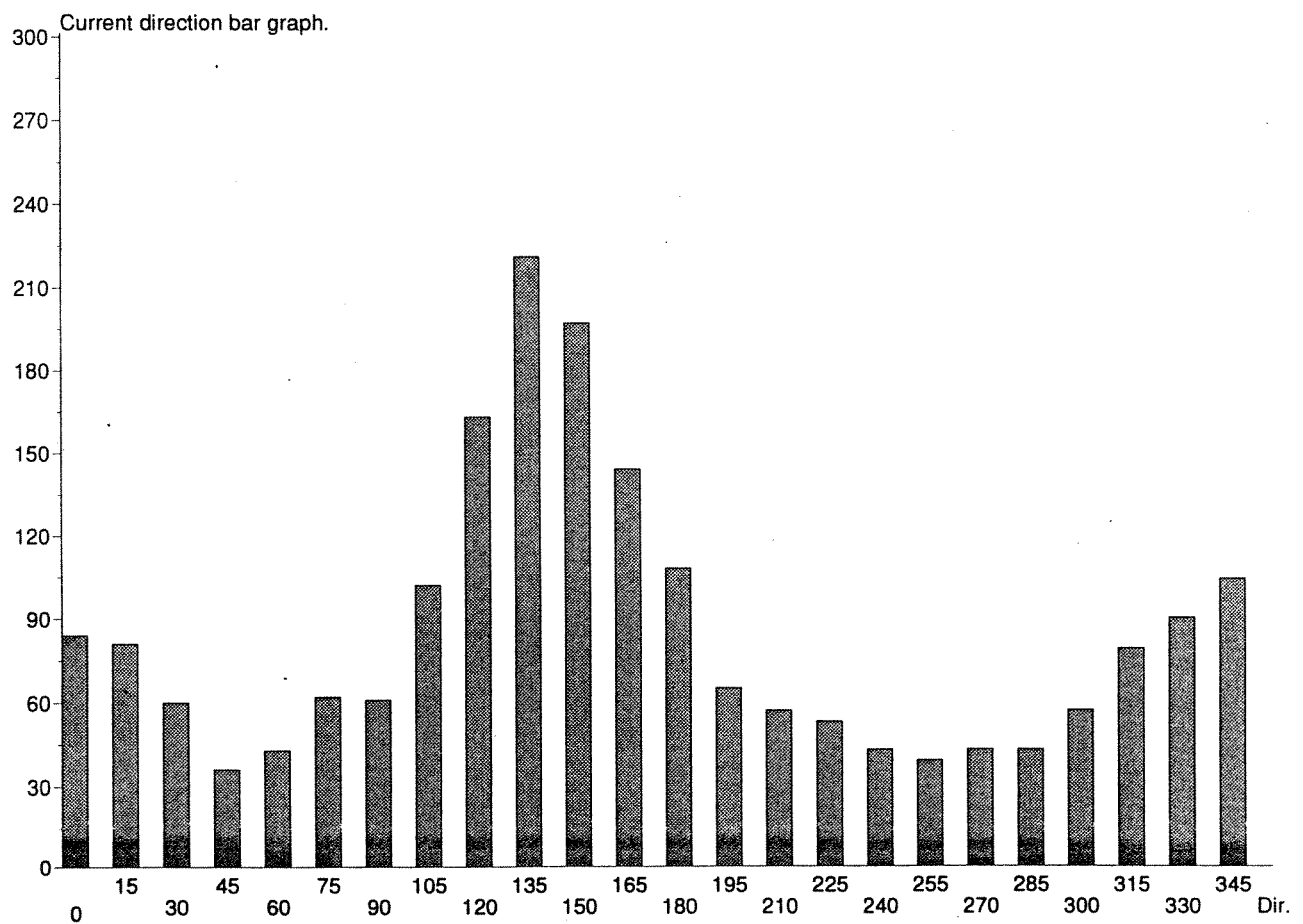
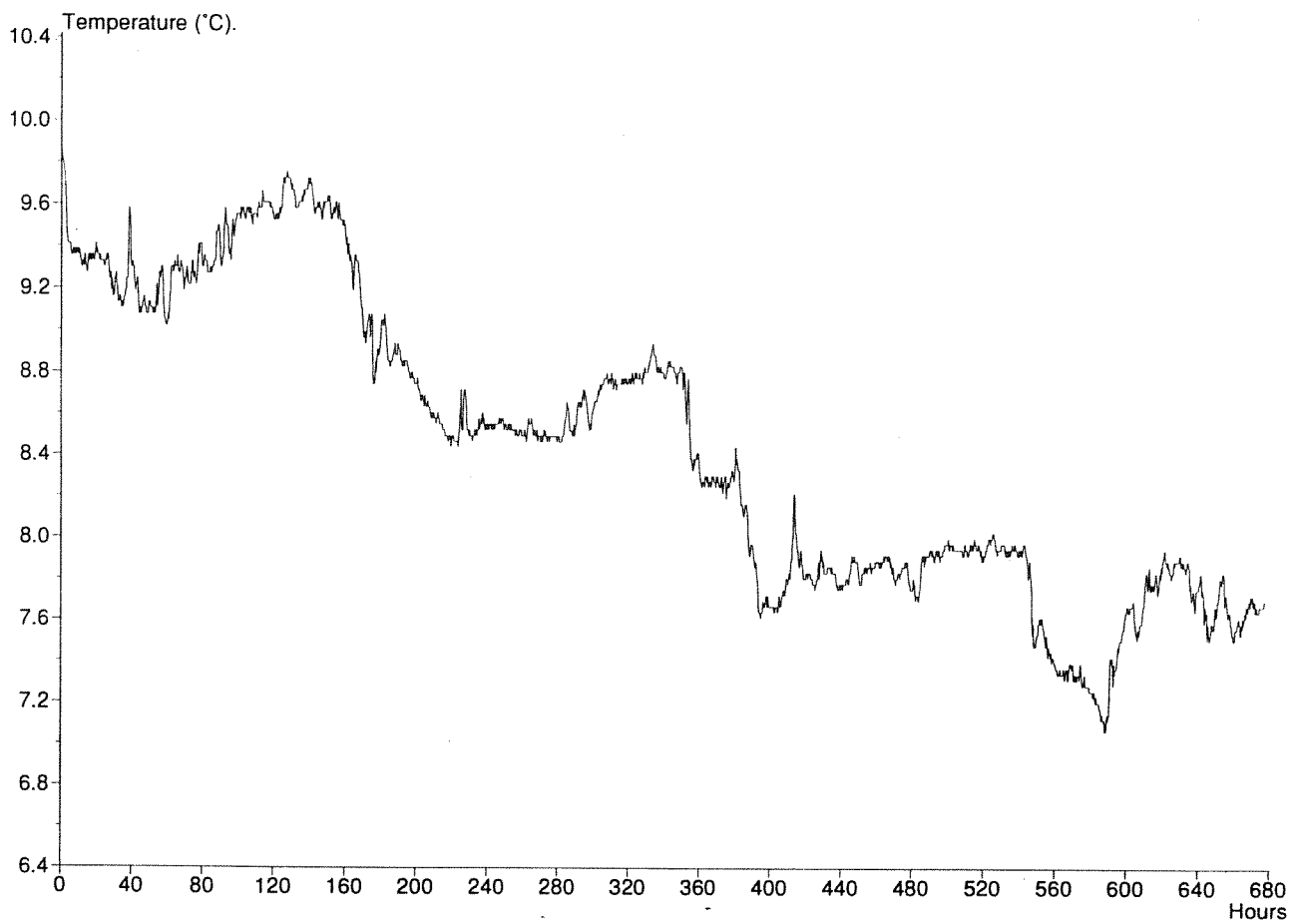
Med hensyn på strømretning var det et vesentlig innslag av sørøst-gående strøm. Denne strømretningen ble også målt i 1988 på hovedanlegget, med da mest i 18 m dyp (Golmen og Erga 1988). Sørøstgående strøm kan medføre sedimentering over grunnere områder i Stølsundet. Plasseringen av anlegget på den nye lokaliteten bør mest mulig tilpasses hovedstrømretningen der, som er NV/SØ (langs sundet).

På grunn av de lengre periodene med strømstille på lokaliteten ved Hjortøya vil vi anbefale at det foretas nye strømmålinger når anlegget er på plass, for på den måten å få analysert mer på forekomsten av lavstrømsperioder. Det bør også vurderes om det er ønskelig å gå igjennom på nytt strømmålingene fra september-oktober 1988 som var tatt på andre siden av Stølsundet, for på den måten å få et mer omfattende bilde av strømforholdene. En kan da samtidig analysere spesielt for svakstrømsepisoder med den nye "varighetsanalysen" til NIVA (Golmen 1994). Målingene fra daværende reservelokalitet ved Seljeseth (måleposisjon 5-600 m nordafor siste posisjon) kan også gjennomgås på nytt, med en bredere analyse av forholdene.

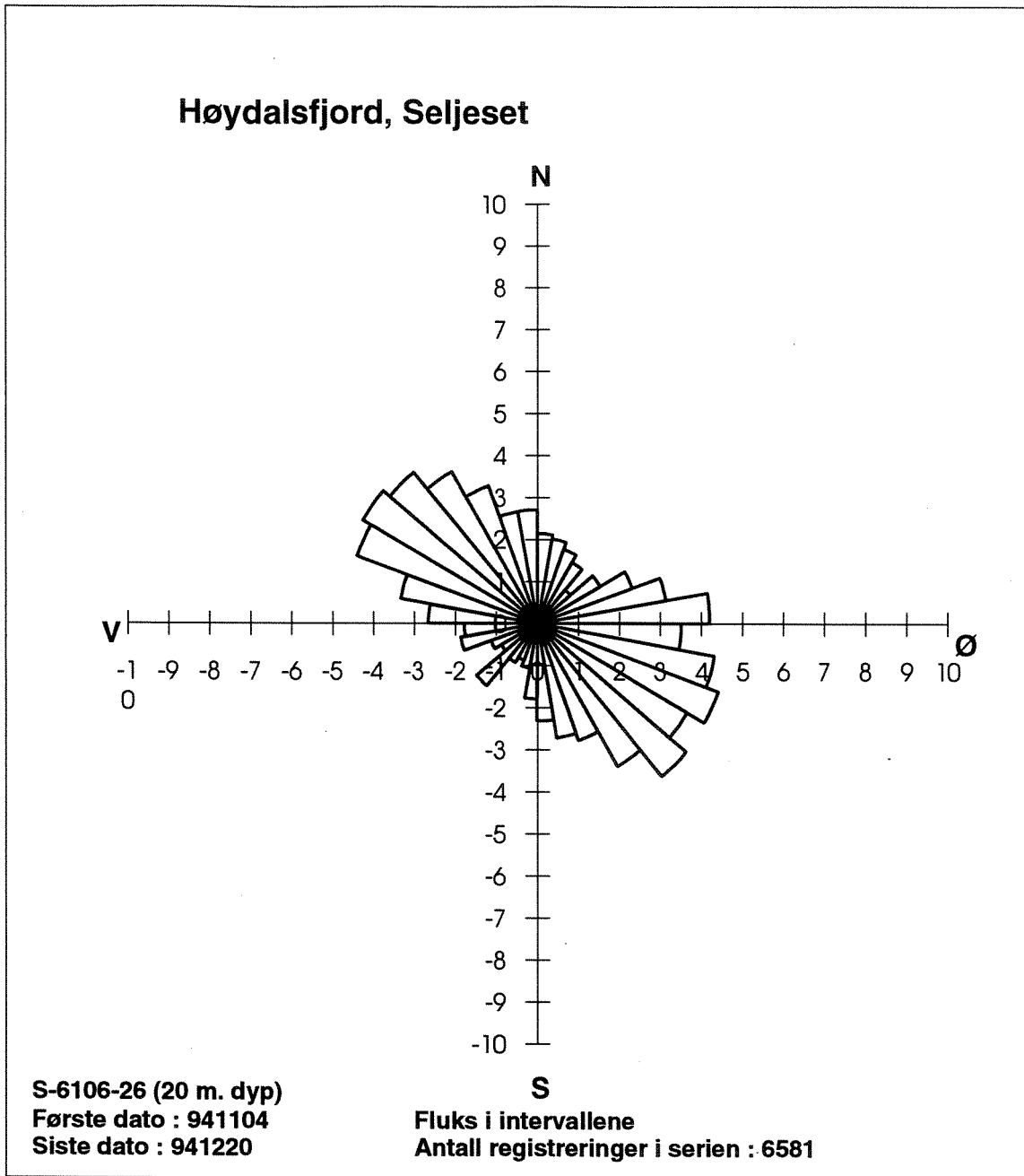
5. Litteratur

- Aanderaa 1987: Operating Manual, RCM 7&8. Aanderaa Instruments AS, Bergen, 55 ss.
- Aure, J. og Ø. Østensen 1993: Hydrografiske normaler og langtidsvariasjoner i norske kystfarvann. Rapp. Fisken og Havet nr. 6/93, HI, Bergen.
- Ervik A. & J. Aure 1990. Pp. 32-39 i: T.T. Poppe (Red). *Fiskehelse. Sykdommer, behandling, forebygging*. John Grieg Forlag AS. ISBN 82-533-0254-1. 422 pp.
- Ervik, A., P.K. Hansen, J. Aure, P. Johannessen, T. Jahnsen & M. Schaaning 1995. Brukerveiledning og miljøstandarder for overvåkingsprogram i oppdrett. MOM (modellering - overvåkning -matfiskanlegg). Fisken og Havet nr. 12-1995. 32 s.
- Golmen, L.G. & S.-R. Erga 1988. Vurdering av to oppdrettslokaliteter i Høydalsfjorden. NIVA-rapport 2185. Oslo. 52 pp.
- Golmen, L. G. 1994: Strømforhold som lokaliseringskriterium. Norsk Fiskeoppdrett nr 1/94, s. 46-47.
- Lømsland, E.R. & E. Oug 1995. Resipientundersøkelse i Ytre Melvørsund. NIVA rapport nr. 3274. Bergen/Oslo. 19 s.
- Nilsen, J., K. Næs & J. Molvær 1987. Miljøundersøkelser i sjønlegget til Bakkasund Lakseoppdrett A/S. NIVA rapport nr. 1967. Oslo. 67 s.
- Olsen, Y., & A. Jensen. 1989. Status for NTNFs program for eutrofieringsforskning. Programmets relevans til forskning og forvaltning i forbindelse med marin eutrofiering. ISBN 82-72224-299-0.
- Rygg, B. & I. Thélin 1993 Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. *SFT-veiledning 93:02*. SFT. Oslo. 20 s.
- SFT 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av organiske stoffer. *SFT Veiledning 93:05*. SFT. Oslo. 16 s.

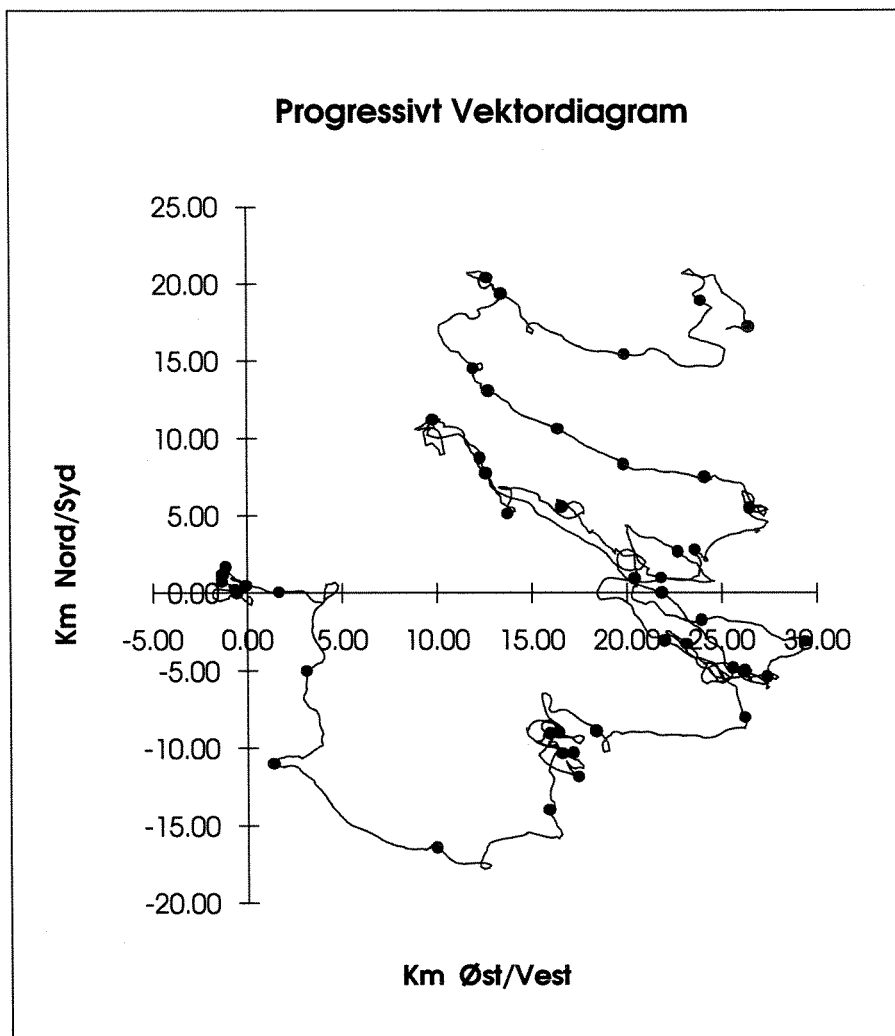
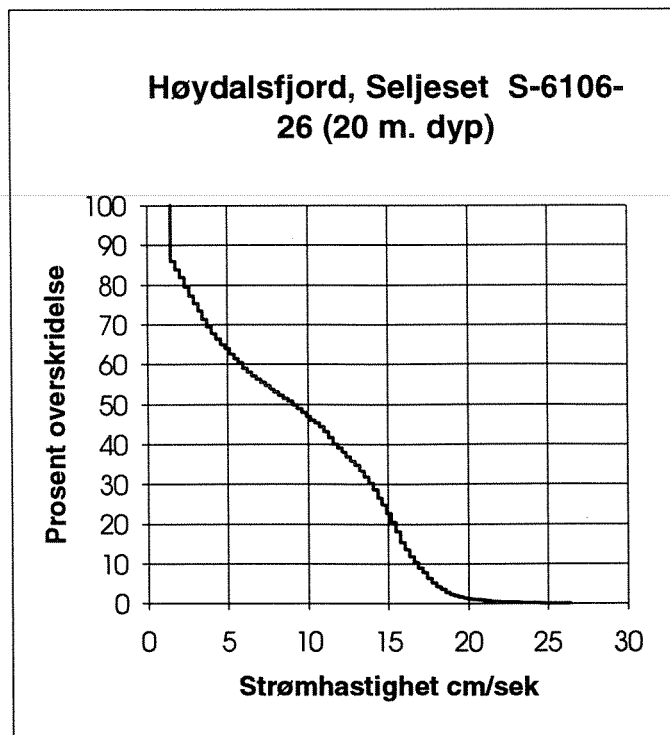
APPENDIKS A1 - A12



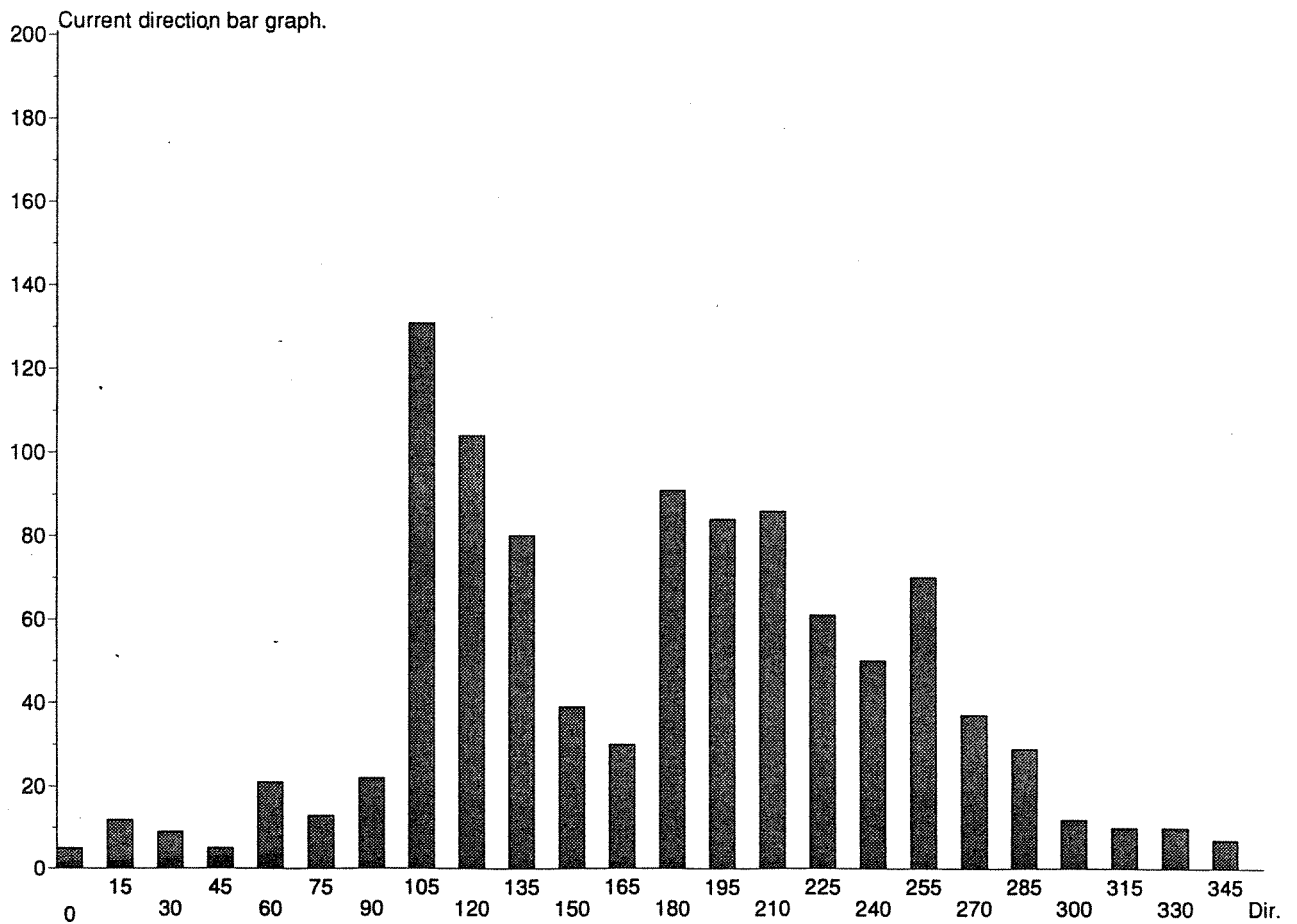
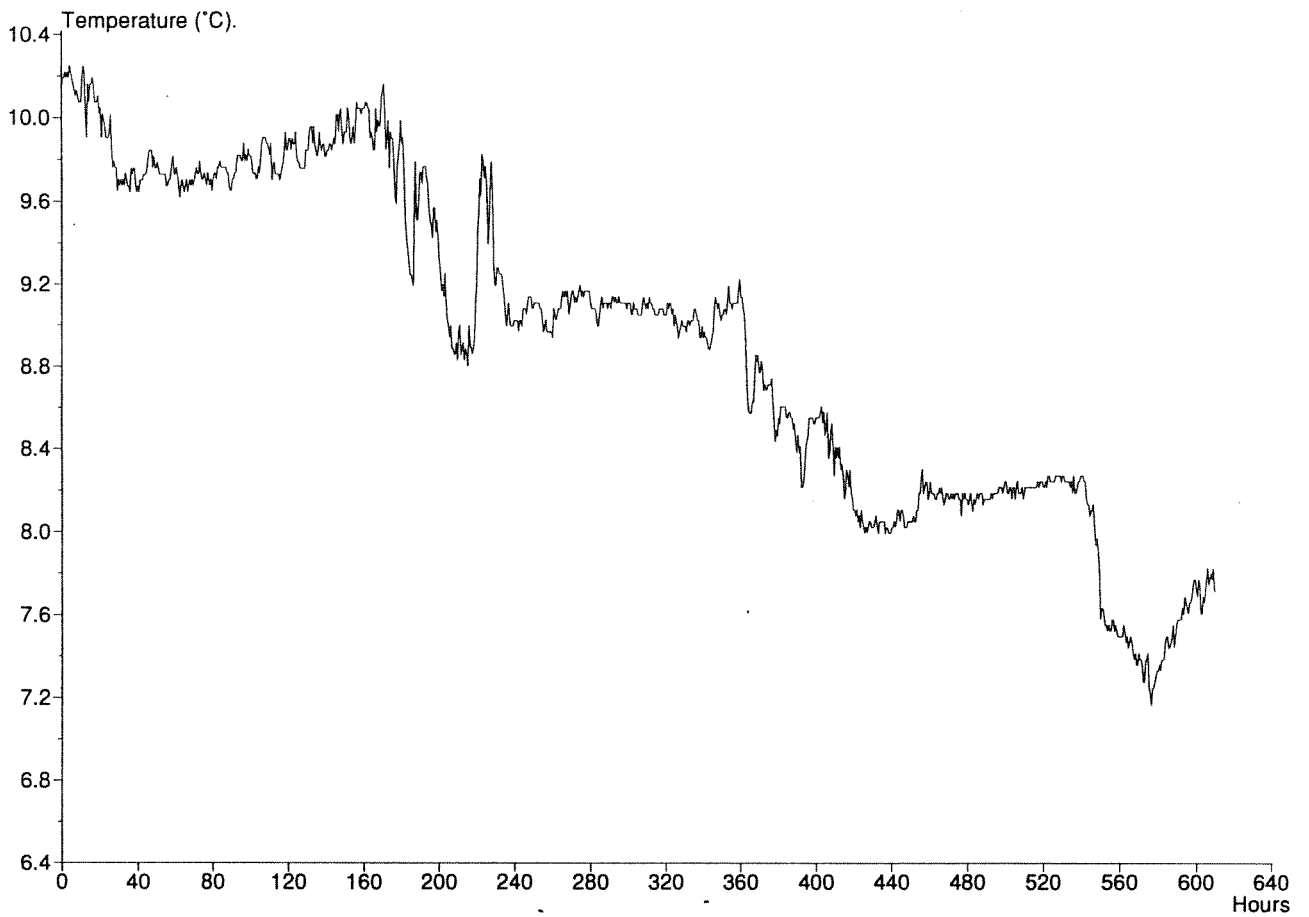
Figur A1. Øverst: Temperaturutvikling i 4 m dyp ved Seljeseth i perioden 4. november - 2. desember 1994. Nederst: Statistisk fordeling av retningsobservasjonene fra samme måleserie. Måleintervallet var 20 minutter.



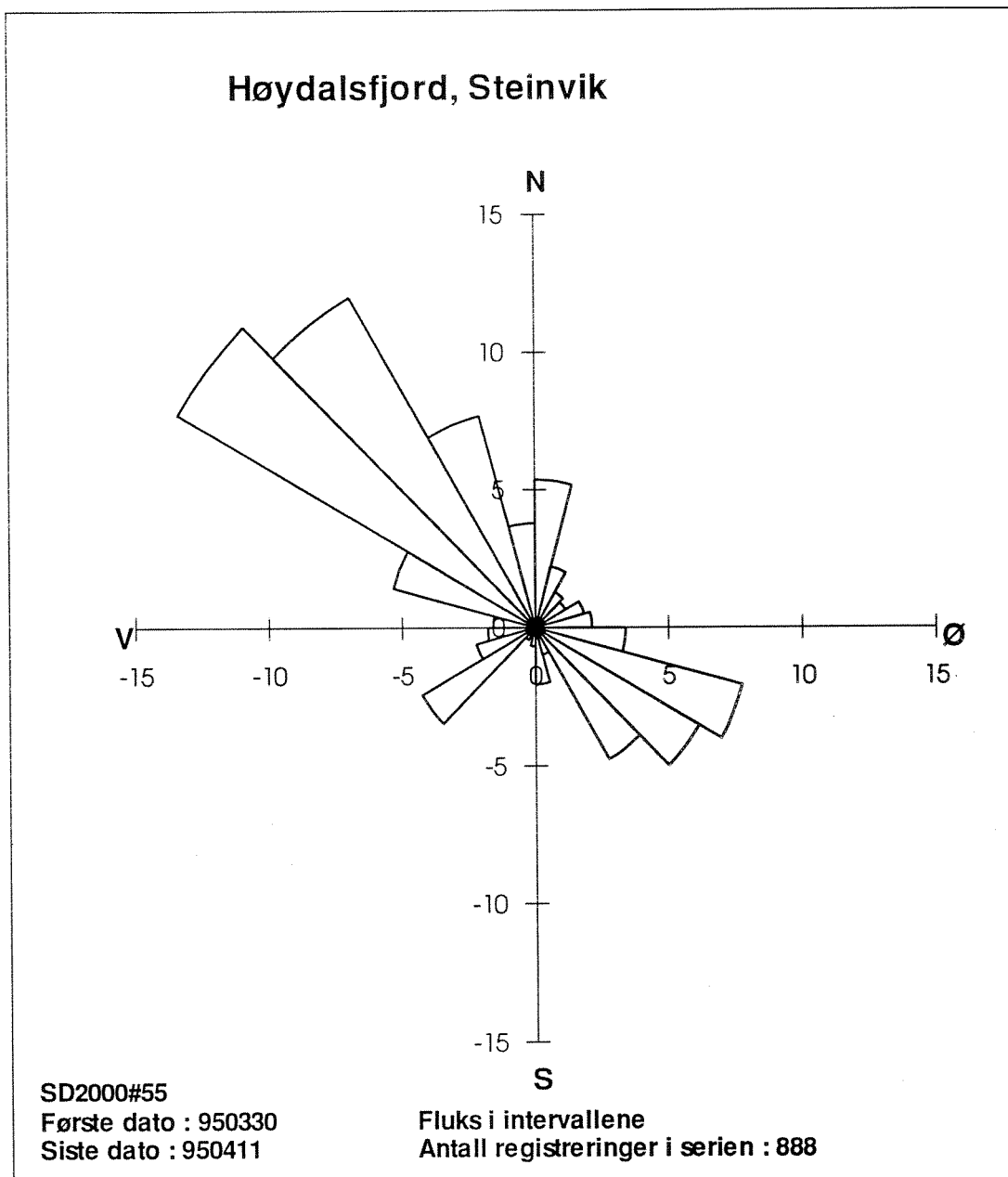
Figur A2. Strømrose som indikerer fluksfordeling for målingene i 20 m dyp ved Seljeseth i perioden 4. november - 20. desember 1994.



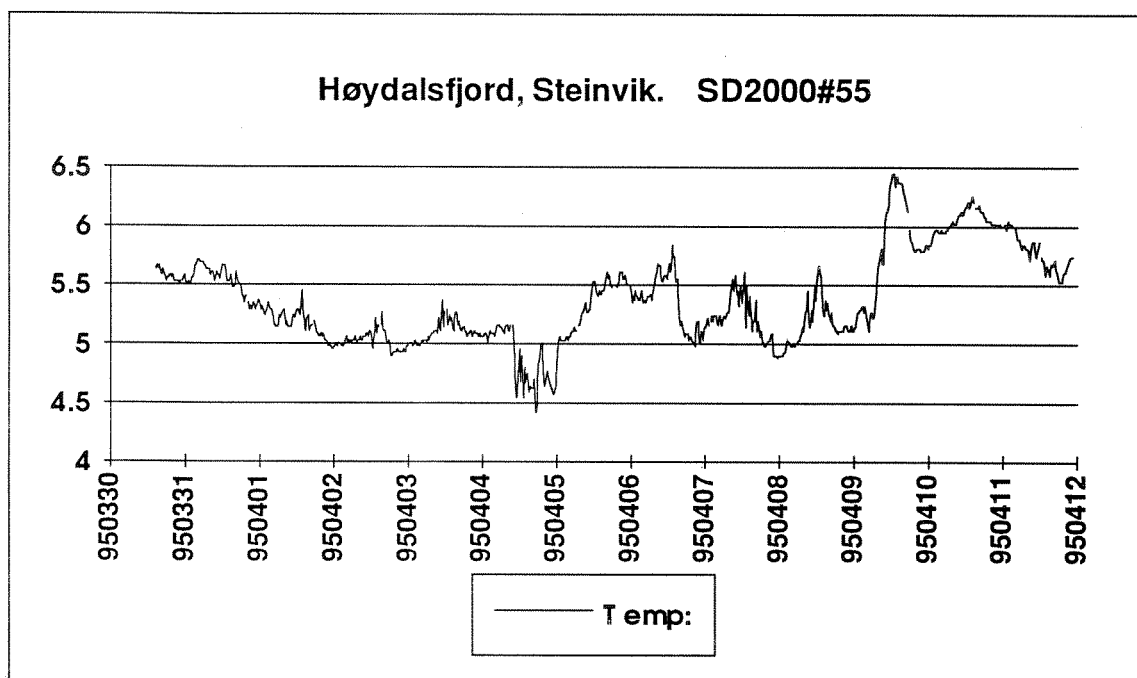
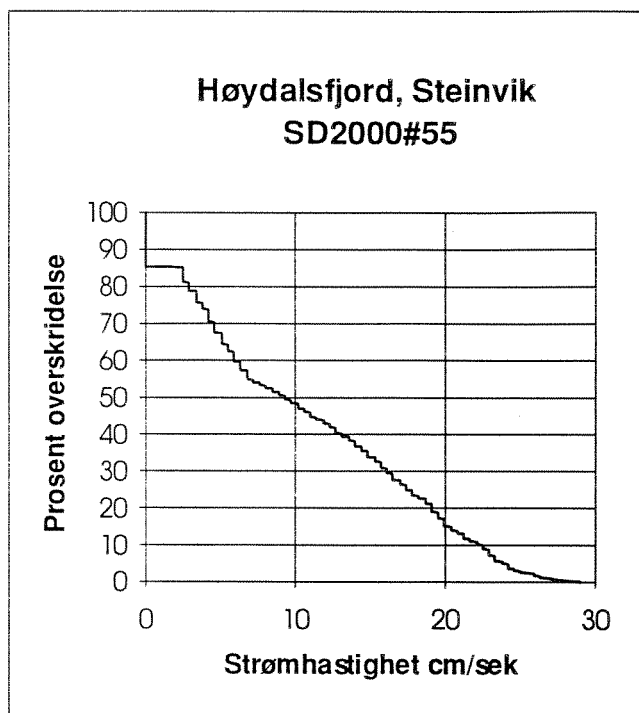
Figur A3. Øverst: Kumulativ fordeling av strømstyrke-målingene i 20 m dyp ved Seljeseth i perioden 4. november - 20. desember 1994. Nederst: Progressiv vektor for de samme målingene.



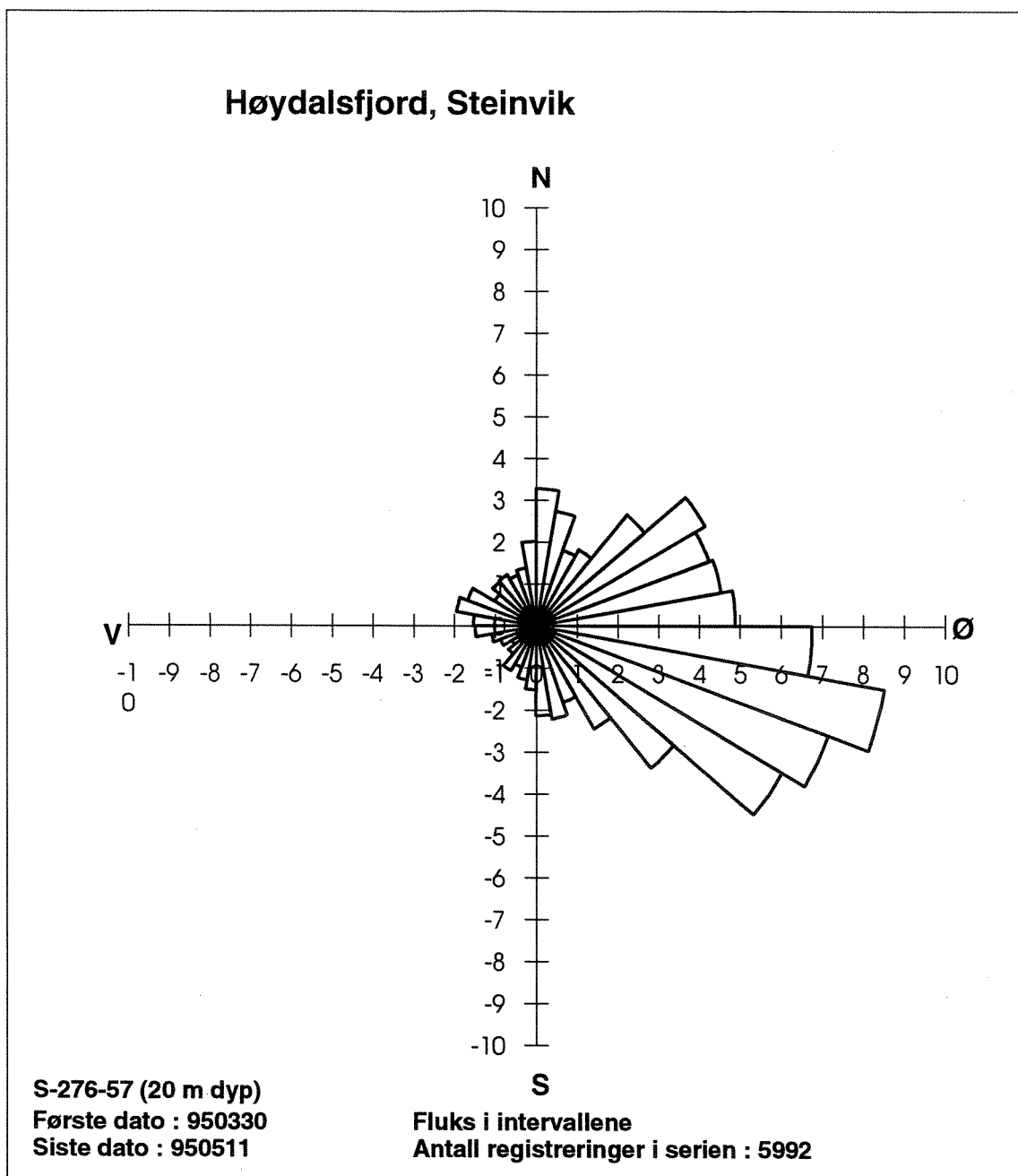
Figur A4. Øverst: Temperaturutvikling i 4 m dyp ved den nye lokaliteten i Høydalsfjorden i perioden 4. november - 30. november 1994. Nederst: Statistisk fordeling av retningsobservasjonene fra samme måleserie. Måleintervallet var 36 minutter.



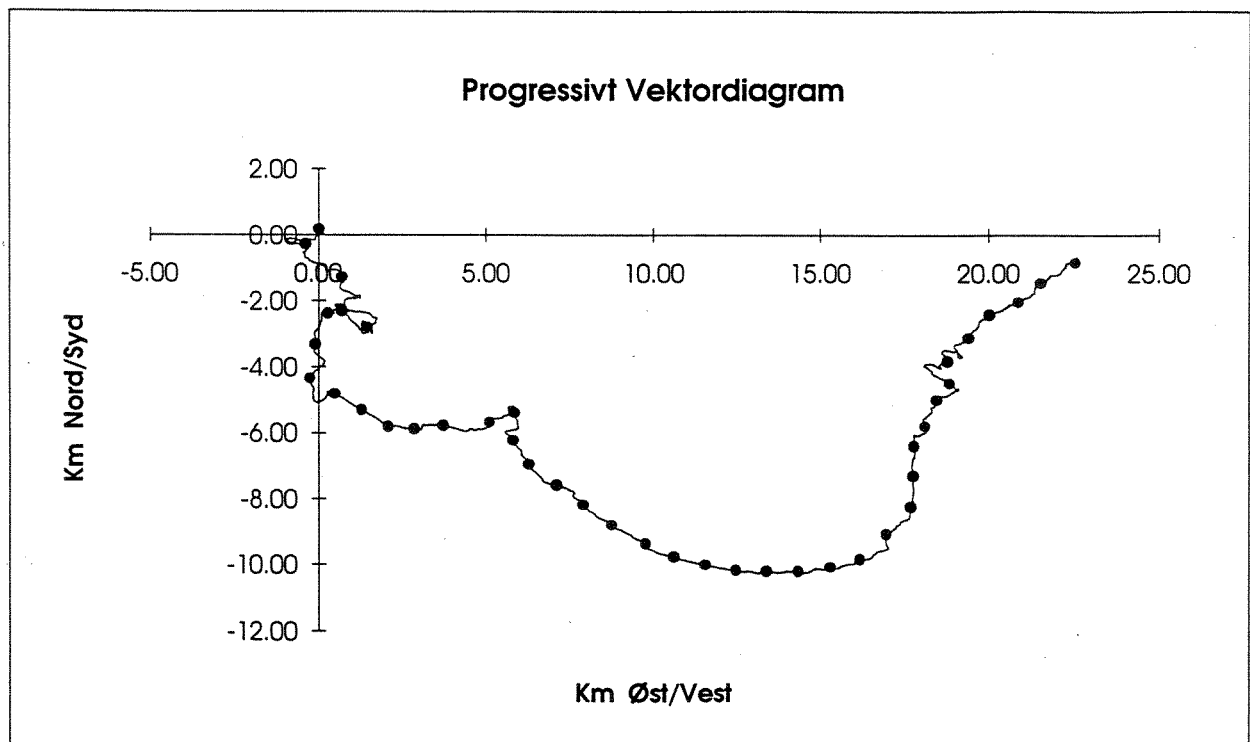
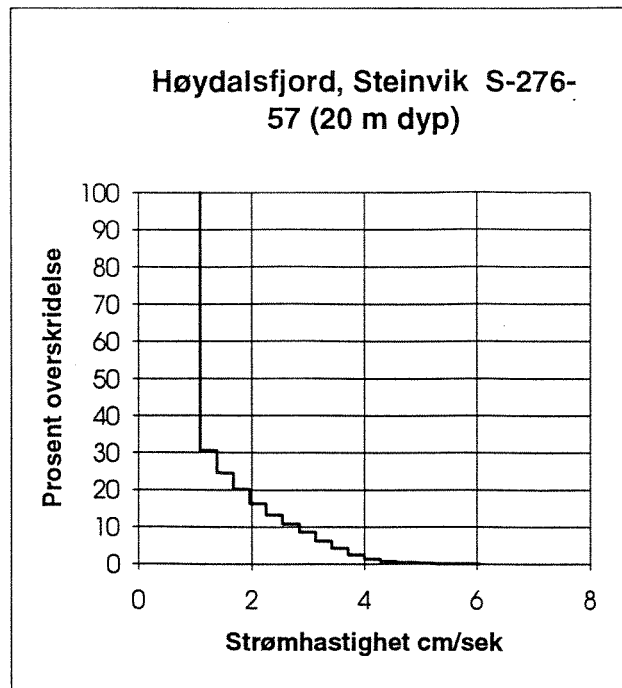
Figur A5. Strømrose som indikerer fluksfordeling for målingene i 4 m dyp ved den nye lokaliteten i Høydalsfjorden i perioden 30. mars - 11. april 1995.



Figur A6. Øverst: Kumulativ fordeling av strømstyrke-målingene i 4 m dyp ved den nye lokaliteten i Høydalsfjorden i perioden 30. mars - 11. mai 1995. Nederst: Temperatur-utviklingen i 4 m dyp i samme periode.

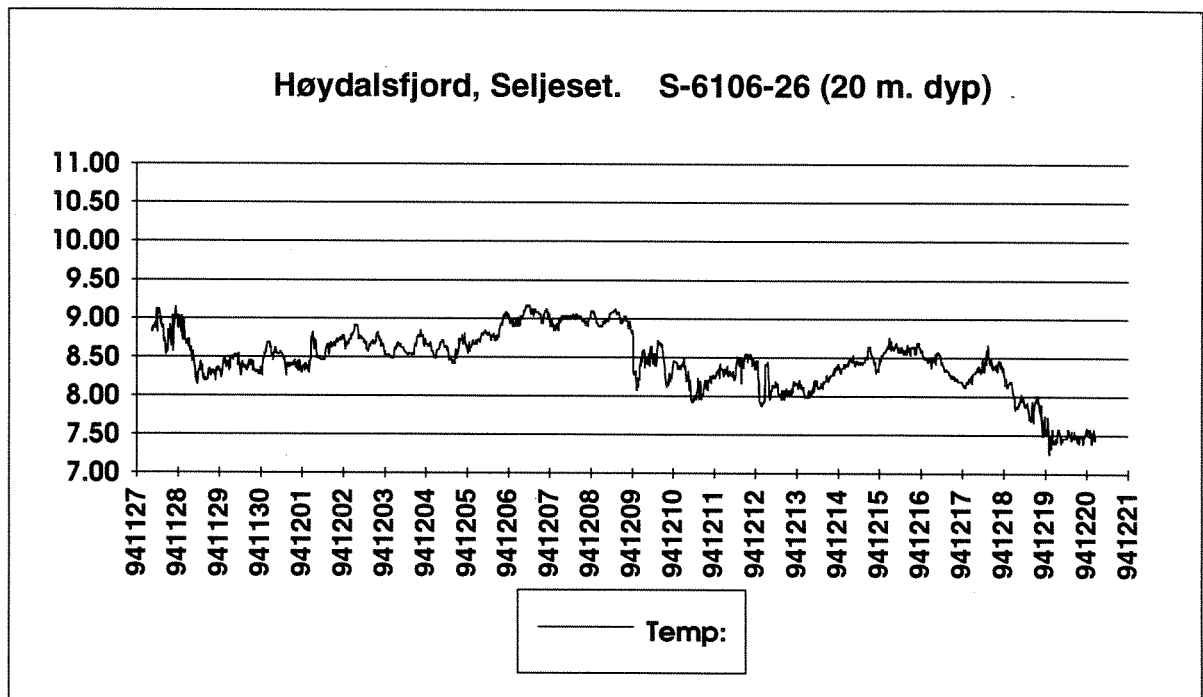
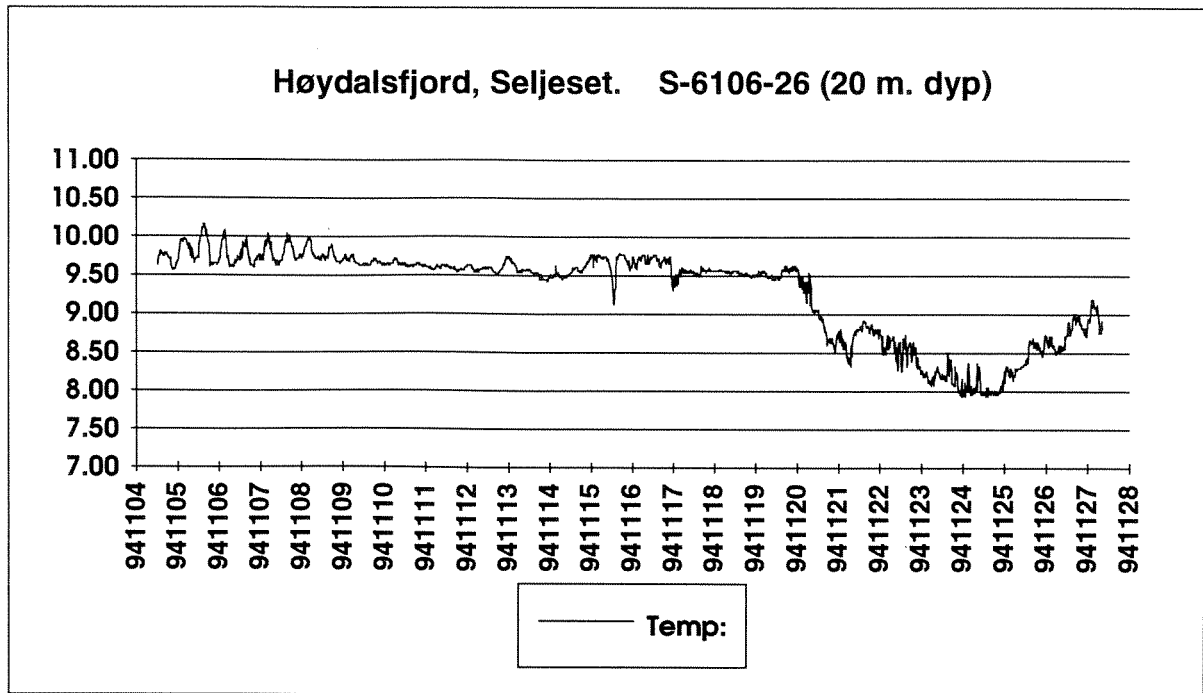


Figur A7. Strømrose som indikerer fluksfordeling for målingene i 20 m dyp ved den nye lokaliteten i Høydalsfjorden i perioden 30. mars - 11. mai 1995.

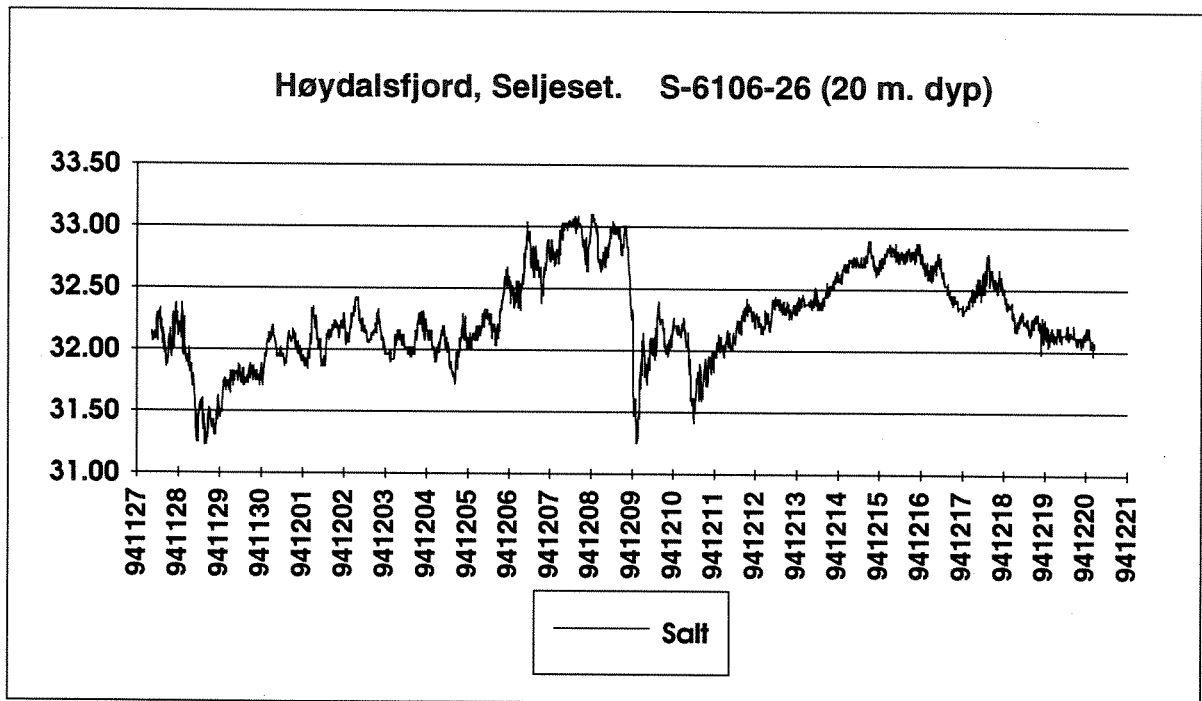
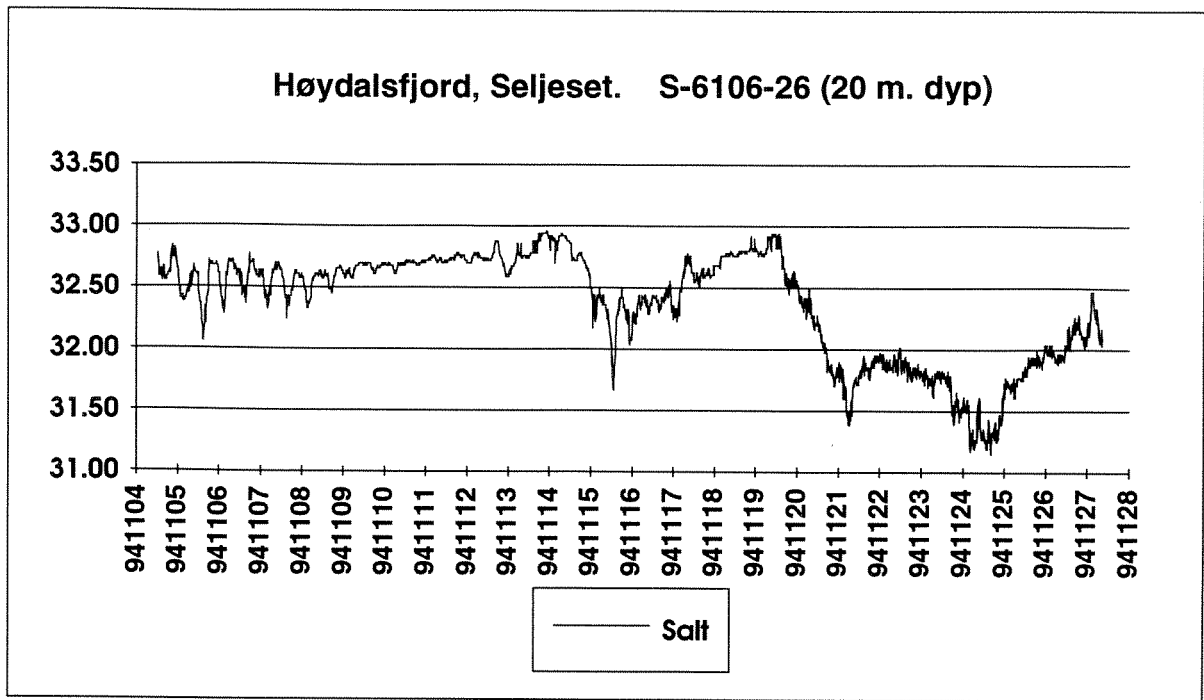


Neumannfaktor = 0.463

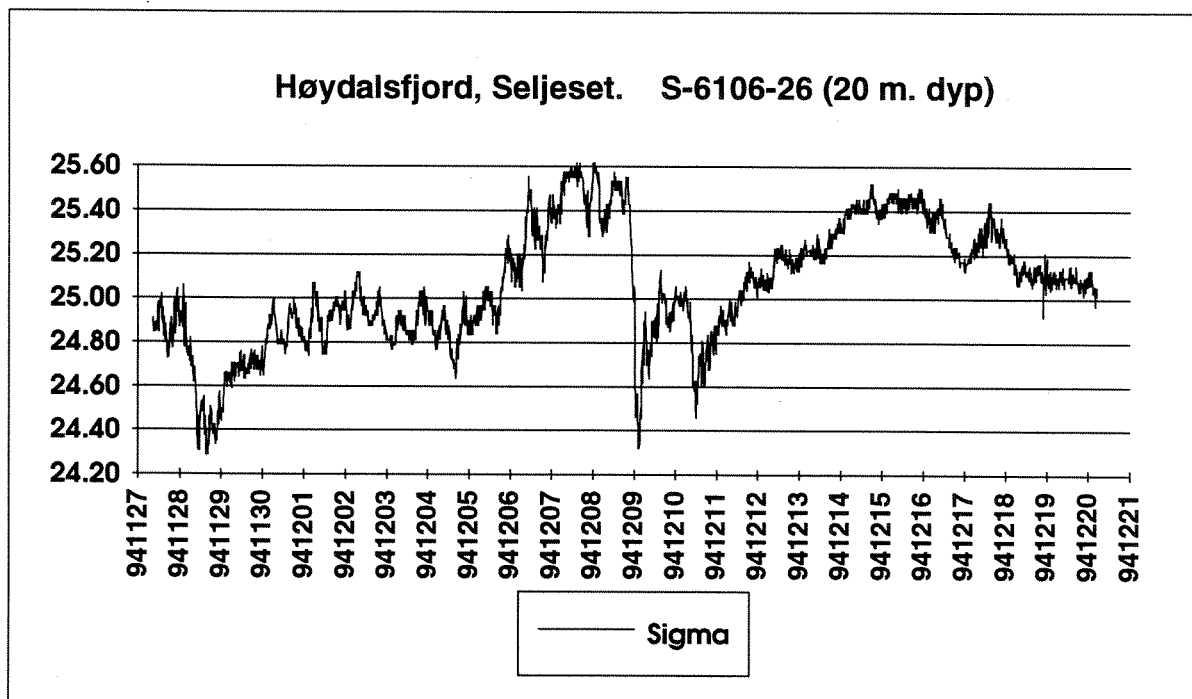
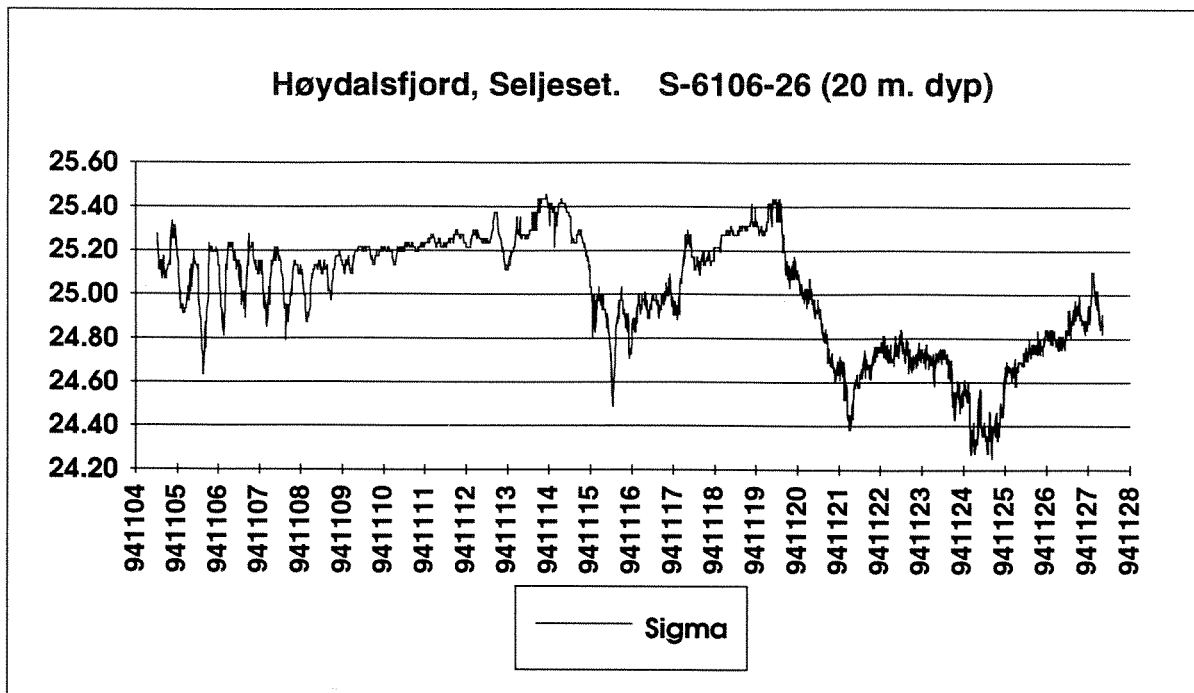
Figur A8. Øverst: Kumulativ fordeling av strømstyrke-målingene i 20 m dyp ved den nye lokaliteten i Høydalsfjorden i perioden 30. mars - 11. mai 1995. Nederst: Progressiv vektor for de samme målingene, med angitt Neuman-faktor (stabilitetsfaktor).



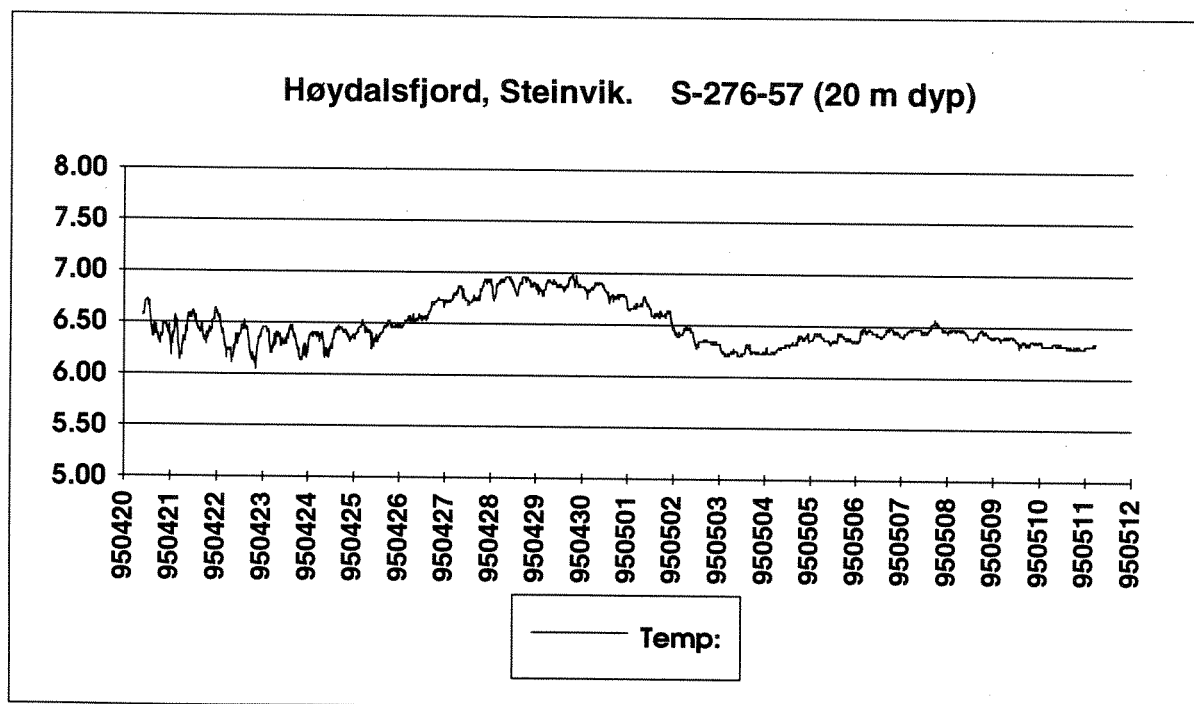
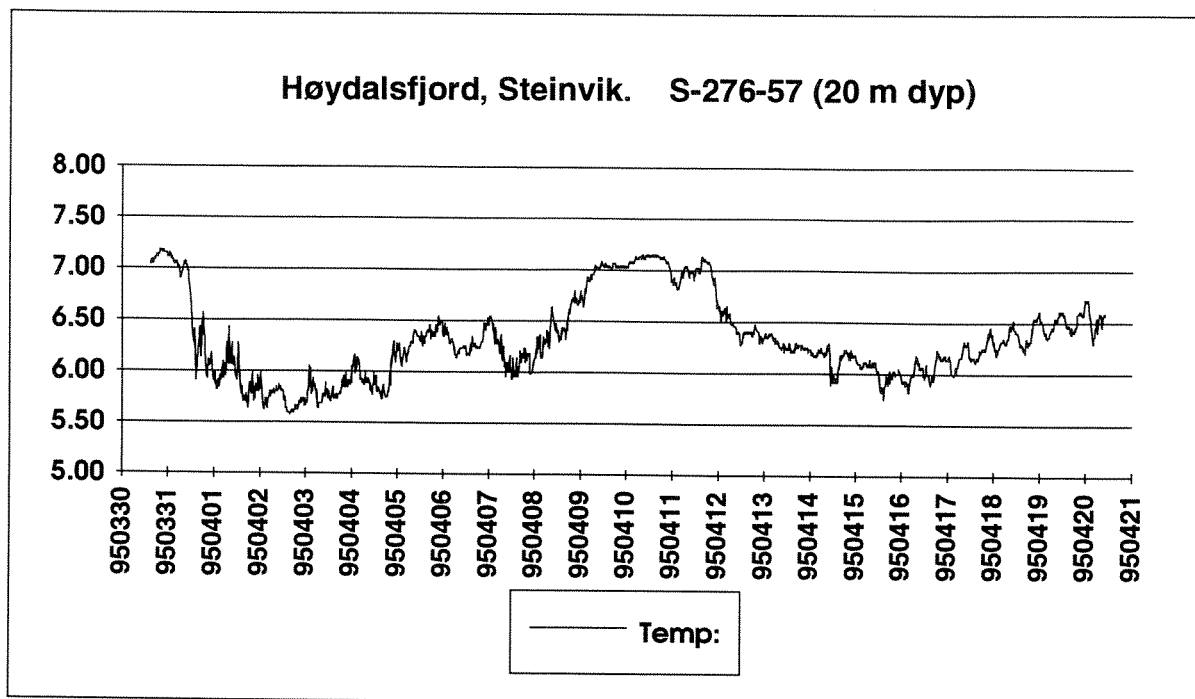
Figur A9a. Målt sjøtemperatur i 20 m dyp ved Seljeseth i perioden 4. november - 20. desember 1994.



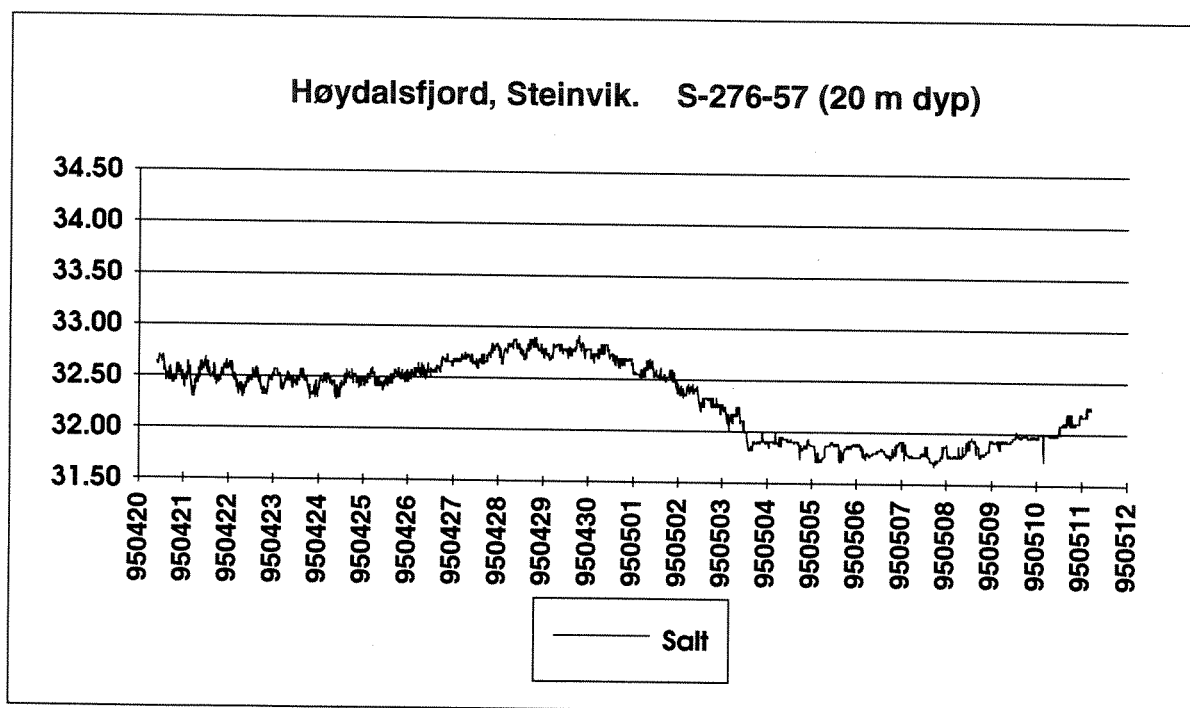
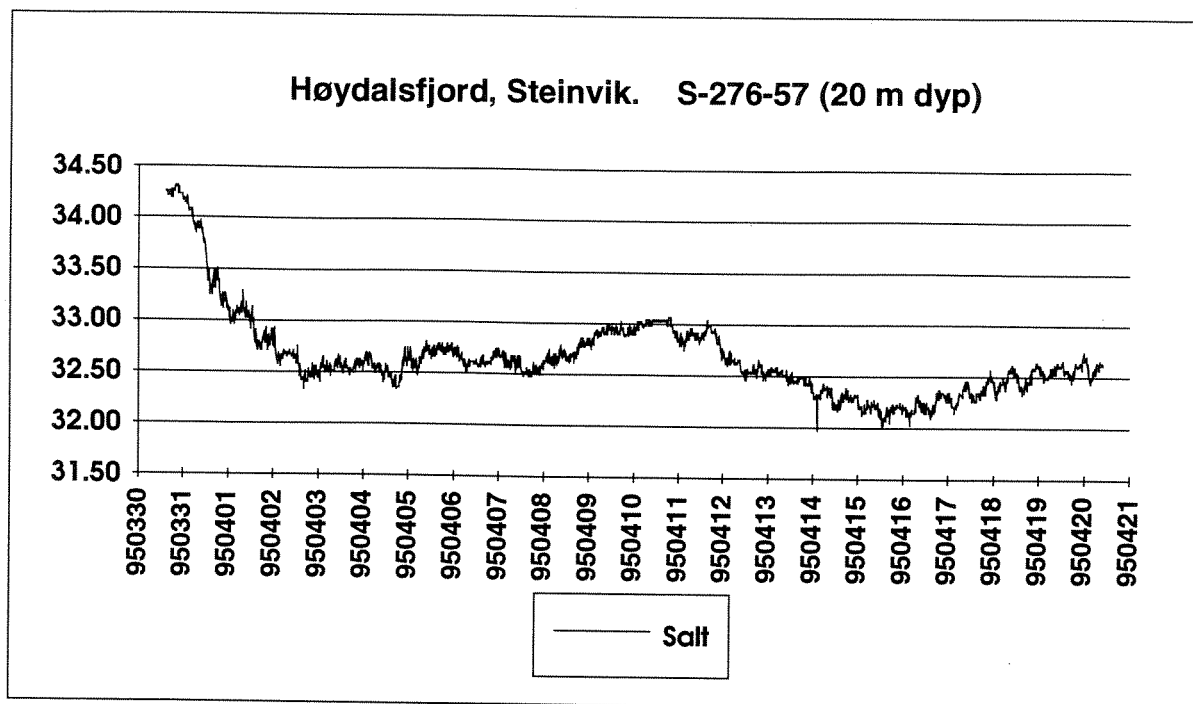
Figur A9b. Målt salinitet (ppt) i 20 m dyp ved Seljeseth i perioden 4. november - 20. desember 1994.



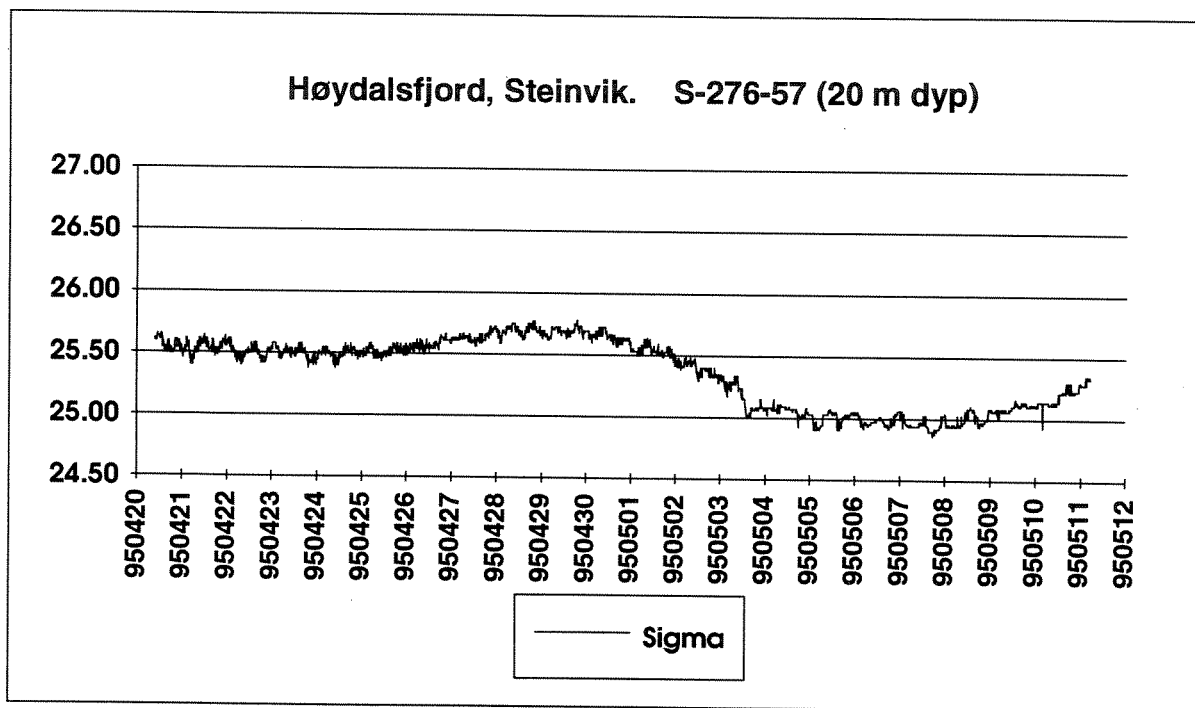
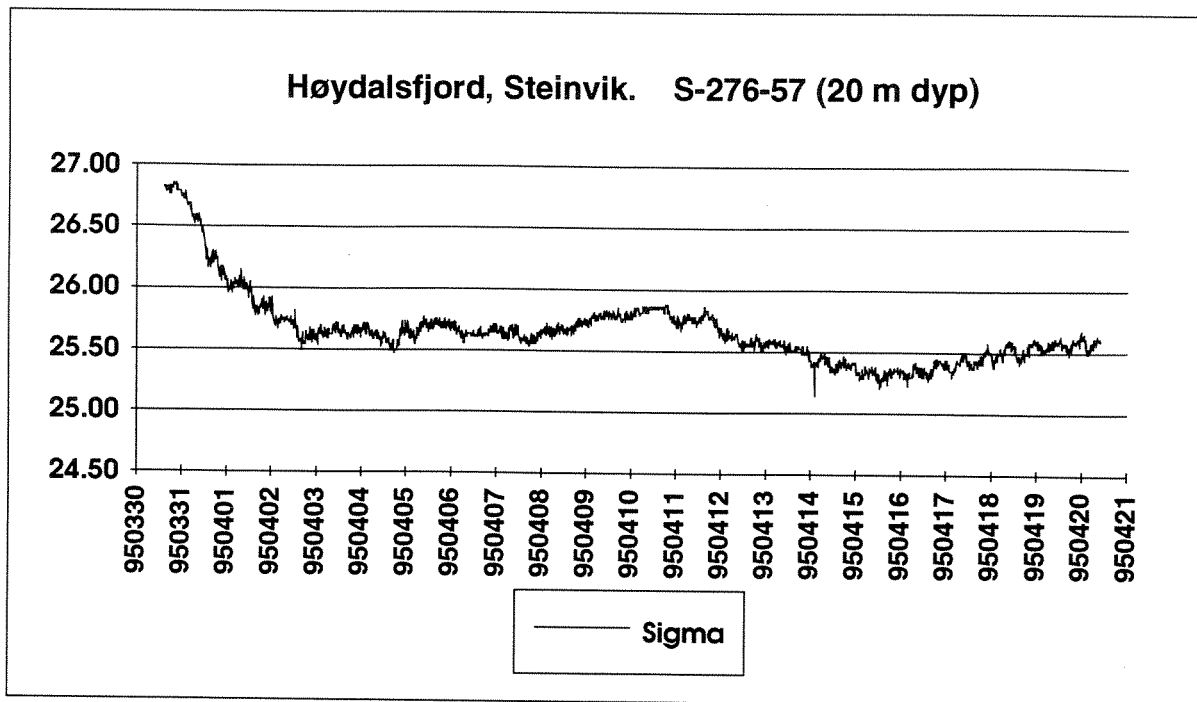
Figur A9c. Beregnet densitet (kg/m³-1000) for sjøvann i 20 m dyp ved Seljeseth i perioden 4. november - 20. desember 1994.



Figur A10a. Målt sjøtemperatur i 20 m dyp ved den nye lokaliteten i perioden 30. mars - 11. mai 1995.



Figur A10b. Målt salinitet (ppt) i 20 m dyp ved den nye lokaliteten i perioden 30. mars - 11. mai 1995.



Figur A10c. Beregnet densitet (kg/m³-1000) for sjøvann i 20 m dyp ved den nye lokaliteten i perioden 30. mars - 11. mai 1995.

Klassifisering av tilstand Virksomheter av næringsalter og organiske stoffer

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

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

Appendikstabell A12. Totale artsliser for faunaforkomstene og resultater av bunndyranalysen.

	Stasjon Areal	SEL1	SEL2	STE1	STE2	REF
CNIDARIA	Edwardsia sp.				2	
NEMERTINI	Nemertini ind.			3		
NEMATODA	Nematoda ind.		1	33		
SIPUNCULIDA	Golfingia cf. minuta					2
	Phascolion strombi		1			
POLYCHAETA	Amphitrite cirrata		2			
	Aonides paucibranchiata		2			
	Arenicola marina, juv.			2		
	Capitella capitata			383	2	
	Cauleriella sp.		1			1
	Chaetozone setosa			2		1
	Cirratulidae ind.				1	
	Cirratulus cirratus		5		6	
	Cirriformia tentaculata			1		
	Diplocirrus glaucus	1				
	Eteone flava/longa			6		
	Euchone sp.					1
	Eupolymnia nebulosa		1			
	Exogone sp.		1			
	Glycera alba			1		1
	Glycera lapidum		4		3	3
	Glycinde nordmanni				1	
	Goniada maculata				1	1
	Harmothoe sp.		2		1	1
	Jasmineira caudata		3		1	
	Kefersteinia cirrata					2
	Laonice bahusiensis					1
	Lumbrineris gracilis					3
	Maldanidae ind.					4
	Mediomastus fragilis			9		
	Melinna cristata					1
	Myriochele danielsseni		2			
	Myriochele oculata		2		1	2
	Nereimyra punctata					1
	Nothria conchylega		2			
	Notomastus latericeus		2			2
	Ophiodromus flexuosus				1	
	Ophryotrocha sp.			2		
	Owenia fusiformis		2		1	6
	Paradoneis lyra		1			
	Paramphinome jeffreysi		2			
	Pectinaria auricoma				1	
	Pectinaria koreni				1	

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten
oppgi løpenummer 3329:95

ISBN 82-577-2861-6