

RAPPORT LNR 3998-99

Strømmålinger i
Kollevågen, Askøy
kommune - november/
desember 1998

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Titel: Strømmålinger i Kollevågen, Askøy kommune- november/desember 1998.	Løpenr. (for bestilling) 3998-99	Dato 25.01.99
	Prosjektnr. Undernr. O-98192	Sider Pris 24
Forfatter(e): Einar Nygaard Jens Skei	Fagområde 32	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) BiR, Jekteviken 5, 5010 Bergen	Oppdragsreferanse T.Igesund
---	---------------------------------------

Sammendrag NIVA gjennomførte strømmålinger i to posisjoner i Kollevågen i november og desember 1998. Det ble målt strøm i 5, 10 og 13 m dyp i begge posisjonene, og målingene hadde en varighet på 33 dager. Rapporten gir en oversikt over instrumentering, metoder og resultater. Målingene viste maksimale strømhastigheter mellom 6-10 cm/s inne i Kollevågen, og mellom 13 og 19 cm/s i sundet ytterst i Kollevågen innenfor en måleperiode på 33 dager. I henhold til litteratur er en strømfart mindre enn 17 cm/s ikke istand til å virvle opp sedimenter uansett komstørrelse. Det skulle derfor være minimale sjanser for at strømmen klarer å virvle opp forurensede bunnsediment i det aktuelle tiltaksområdet. Måling av transmisjon (turbiditet) viste ikke oppvirvling av partikler under utsetting og opptak av strømmålere.
--

Fire norske emneord 1. Kollevågen 2. Strømundersøkelser 3. Forurensede sedimenter 4. Tiltak	Fire engelske emneord 1. Kollevågen 2. Current measurements 3. Contaminated sediments 4. Remedial action
--	---



Prosjektleder

ISBN 82-577-3595-7



Forskningssjef

**Strømmålinger i Kollevågen, Askøy kommune -
november/desember 1998**

Forord

Norsk Institutt for vannforskning (NIVA) utarbeidet et program for tilleggsundersøkelser i Kollevågen, Askøy kommune, på oppdrag av Instanes AS. Tilleggsundersøkelsen skulle bedre beslutningsgrunnlaget vedrørende valg av tiltak.

Arbeidsprogrammet som ble foreslått omfattet strømundersøkelser, målinger av transmisjon (turbiditet) og testing av mobiliteten og biotilgjengeligheten til PCB i sedimentene. Det ble besluttet at tilleggsundersøkelsen skulle begrense seg til målinger av strøm og transmisjon.

Einar Nygaard, NIVAs Vestlandsavdeling har hatt ansvar for gjennomføring av feltarbeid, databehandling, resultatvurdering og rapportskrivning. Kjell Petter Solhaug, Instanes AS, har vært kontaktperson hos oppdragsgiver. Jens Skei har vært NIVAs prosjektleder og Kai Sørensen NIVAs kvalitetssikrer.

Oslo, 25.01.99

Jens Skei

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Måleprogram	7
2.1 Strømmålinger	7
2.1.1 Instrument	7
2.1.2 Minste målbare strøm	8
2.1.3 Måleprogrammet	8
2.1.4 Forankring	9
2.2 Transmisjon	10
3. Resultater	11
3.1 Middelveier	11
3.2 Tidsisopleter	11
3.3 Varighetsanalyse	13
3.3.1 Forklaring og resultater	13
3.4 Transmisjon	22
3.5 Diskusjon	22
4. Referanser	24

Sammendrag

NIVA gjennomførte strømmålinger i to posisjoner i Kollevågen i november og desember 1998. Det ble målt strøm i 5, 10 og 13 m dyp i begge posisjonene, og målingene hadde en varighet på 33 dager.

Målingene viste maksimale strømhastigheter mellom 6-10 cm/s inne i selve Kollevågen (S1), og mellom 13 og 19 cm/s i sundet (S2). De høyeste strømhastighetene ble målt i 5 m dyp i sundet. En kan anta at strømforholdene i posisjon S1 er mest representative for strømforholdene i selve tiltaksområdet. Den gjennomsnittlige strømstyrken varierte mellom 1.4 og 1.9 cm/s på stasjonen inne i selve Kollevågen og mellom 2.2 og 4.3 cm/s i sundet. De laveste strømhastighetene ble målt nært bunnen.

Et Hjulstrøm-diagram (illustrerer sammenheng mellom strømstyrke og potensialet for oppvirvling av sedimenter) viste at strømfart mindre enn 17 cm/s ikke klarer å virvle opp sedimenter uansett kornstørrelse. Det skulle derfor være minimale sjanser for at strømmen klarer å virvle opp forurensede bunnsediment i det aktuelle tiltaksområdet. Det ble ikke målt oppvirvling av partikler under utsetting og opptak av strømmålere (transmisjon).

Hvis strømmålingene utelukkende legges til grunn må konklusjonen bli at det er sannsynliggjort at sjansene for at de forurensede sedimentene som ligger i dybdeintervallet 5m og ned til bassendypet (ned mot 20 m) virvles opp er små. Det skulle også innebære at storstilt transport av forurensning knyttet til partikler fra Kollevågen til utenforliggende områder er lite sannsynlig. De høyeste strømhastighetene i bunnvannet inne i vågen ble registrert i perioden 20-23 november og sammenfaller med en periode med store nedbørsmengder (lav saltholdighet) og uvær (se fig.7). Det var kraftig nedblanding av brakkvann i denne perioden, minst ned til 13 m dyp. Brakkvannet ble umiddelbart fortrent etter uværet, og da var strømhastighetene moderate (2-5 cm/s).

Det bør påpekes at oppvirvling av forurensede sedimenter var en av begrunnelsene for tiltak mot de forurensede sjøsedimentene. Den andre grunnen var muligheten for at de dyrene som lever i det forurensede sedimentet tar opp miljøgifter og at miljøgiftene eventuelt spres til fisk på den måten. Det anbefales at dette undersøkes for å ha et enda bedre beslutningsgrunnlag for valg av tiltak.

1. Innledning

I forbindelse med en miljøteknisk undersøkelse av Kollevågen avfallsdeponi og utarbeidelse av en tiltaksvurdering utført av Instanes A.S, NGI og NIVA høsten 1997 (Instanes et al.,1997) ble det påpekt behov for en del tilleggsundersøkelser for å kunne velge mellom alternative tiltak. Tiltakene kan grovt deles i to hovedtyper :

1. Tiltak knyttet til landdeponi.
2. Tiltak knyttet til de forurensede sedimentene under lavvannsmerket.

Også SFT har bl.a. bemerket at beslutningsgrunnlaget for valg av tiltaksløsninger må bedres. Det er store forskjeller i kostnader ved de ulike tiltakene og det er derfor viktig å skaffe seg et godt beslutningsgrunnlag.

Det var spesielt tre problemstillinger som ble påpekt:

1. Behov for å måle strøm i Kollevågen for å vurdere sannsynlighet for oppvirvling av forurensede sedimenter.
2. Teste i hvilken grad PCB i sedimentene frigjøres til vannmassen hvis sedimentene virvles opp (grad av mobilitet).
3. Teste i hvilken grad sedimentbundet PCB tas opp av organismer som lever i sedimentene (biotilgjengelighet).

Disse problemstillingene er sentrale i tilknytning til valg av tiltak i sjøen (se alternative tiltak foreslått i tiltaksvurderingen). Denne rapporten begrenser seg imidlertid til den første problemstillingen nevnt ovenfor.

Det er rimelig godt dokumentert fra andre undersøkelser at oppvirvling av forurensede sedimenter er å betrakte som et miljøproblem, delvis fordi forurensning spres fra kildeområdet til andre deler av Byfjorden og delvis fordi miljøgifter lettere frigjøres fra partikler som oppvirvles.

Det er ikke tidligere gjort strømundersøkelser i Kollevågen. Strømstyrken like over bunnsedimentet vil være avgjørende for oppvirvling av finkornige sedimenter. Vi må anta at strømforholdene er forskjellige på ulike dyp i vågen og foreslo at strømmålere skulle settes ut på 5 m, 10 m og nært bunnen. Årsaken til at man ønsker å måle strøm i 5 og 10 m er at alternativ 2 i tiltaksvurderingen omfatter tiltak ned til kote – 5 m, mens alternativ 3 omfatter tiltak ned til kote – 10 m og alternativ 4 tildekking av hele Kollevågen.

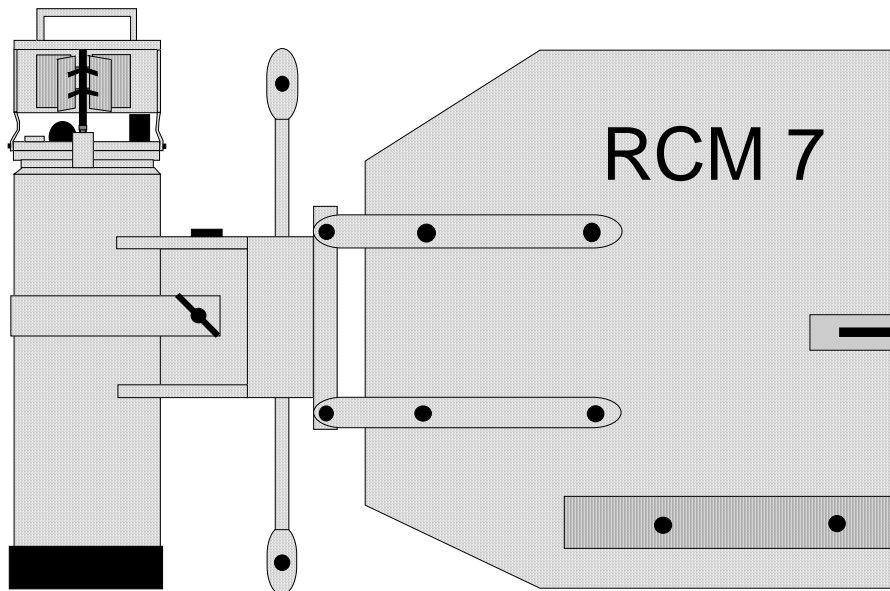
2. Måleprogram

2.1 Strømmålinger

2.1.1 Instrument

Strømmålingene ble gjort med instrument av type Aanderaa Instruments RCM7.

Figur 1 viser ei skisse av en Aanderaa Instruments strømmåler (RCM7). Strømfarten (strømstyrken) registreres ved hjelp av en rotor på toppen av instrumentet. Rotoromdreiningene registreres av loggeenheten i instrumentet ved hjelp av en magnet montert på rotoren. Strømretningen registreres ved hjelp av det store roret og et innebygget kompass som avleses elektronisk. Måleren registrerer også sjøvannets temperatur og konduktivitet, hvorfra salinitet beregnes. RCM7 strømmålere har internt minne til å lagre data.



Figur 1. Skisse av Aanderaa Instruments strømmåler.

Målenøyaktighetene for de enkelte sensorene på Aanderaa Instruments RCM7 strømmålere er oppgitt til (Aanderaa Instruments, 1983):

Konduktivitet:	$\pm 0,1$ mmho/cm
Temperatur:	$\pm 0,05^{\circ}\text{C}$
Strømretning:	$\pm 7,5^{\circ}$ når farten er 2,5-5 cm/s $\pm 5^{\circ}$ når farten er 5-100 cm/s
Strømfart:	± 1 cm/s eller $\pm 2\%$ av farten. Den høyeste av disse benyttes.

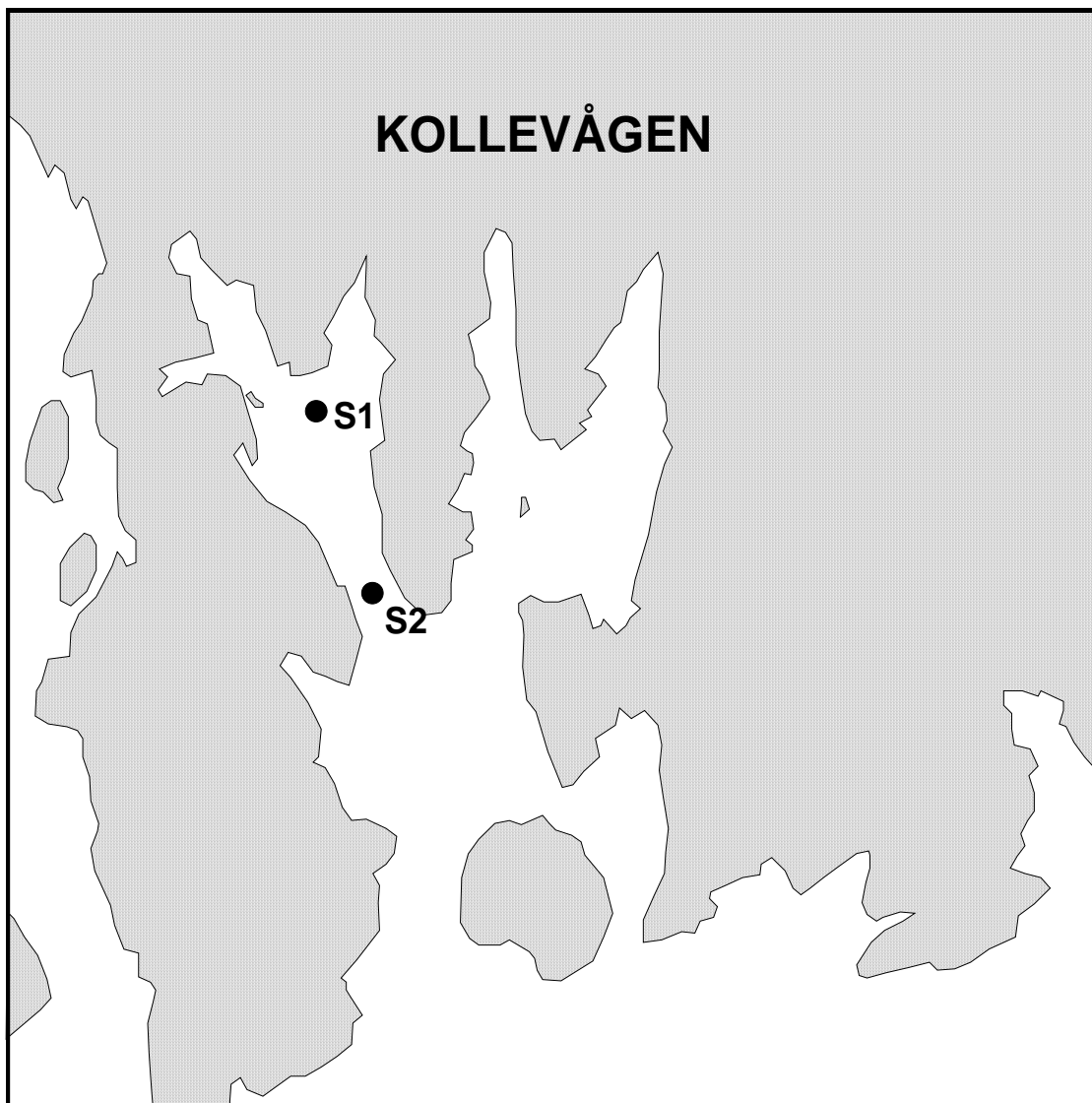
Farten vektormidles over måleintervallet ved å registrere antall rotoromdreininger og rorets kompassretning flere ganger i et måleintervall. Temperaturen og saliniteten er øyeblikksverdier målt på slutten av måleintervallet. Måleintervallet kan velges og ble satt til 10 minutt på alle RCM7 instrumentene.

2.1.2 Minste målbare strøm

Aanderaa Instruments strømmålere har en terskelverdi på 1,1 cm/s for strømfart. Det vil si at strøm svakere enn dette ikke klarer å sette rotoren i bevegelse. Aanderaa Instruments målerne setter strømstyrken lik 1,1 cm/s for observasjoner hvor rotoren ikke er satt i bevegelse. Det vil si at midlere strømstyrke for en tidsserie med ingen rotorregistreringer vil bli 1,1 cm/s. Dette gir et overestimat av strømstyrken ved lave strømhastigheter. Observert strømfart lik 1,1 cm/s omtales i denne rapporten som stagnasjon.

2.1.3 Måleprogrammet

Posisjonen for strømmålingene er inntegnet i **Figur 2**.



Figur 2. Kartskisse over Kollevågen hvor posisjonene for strømmålingene er inntegnet.

Tabell 1 gir en oversikt over strømmålingene. Tabellen inneholder opplysninger om posisjon, sted, bunn-dyp, forankringsdyp, instrument, dato fra-til, periode med dataregistreringer og en kort kommentar.

Det var avtalt å måle strøm i en periode av 30 dagers varighet. En 30 dagers måleperiode strekker seg over to vanlig spring/nipp tidevannsperioder (28 dager). En skulle derfor få med seg det meste av korttidsvariasjoner i strømmen forårsaket av tidevannet. Eventuelle langperiodiske variasjoner eller episodiske fenomen vil en imidlertid ikke nødvendigvis kunne oppdage med såpass kortvarige målinger.

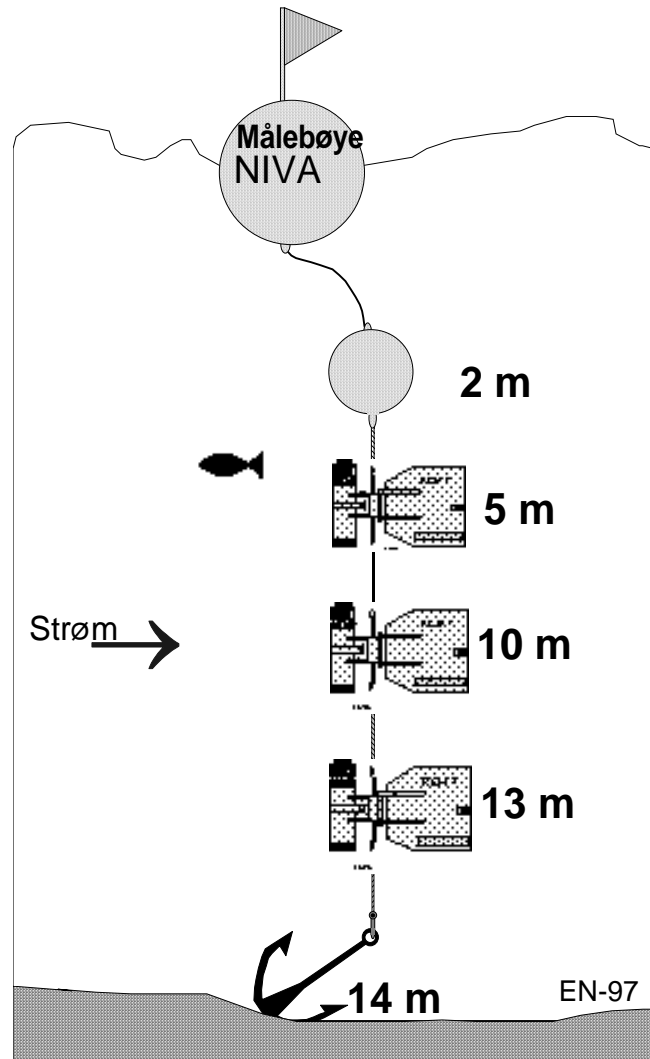
Alle instrumentene ser ut til å ha fungert tilfredsstillende i hele måleperioden på 33 dager.

Tabell 1. Oversikt over strømmålingene i Kollevågen i november og desember 1998. Måleposisjonen er gitt i WGS-84 datum og er gjort med DGPS.

Posisjon	Sted	Bunn-dyp (m)	Måle-dyp (m)	Måler nummer (RCM7)	Fra- til	Periode (dager)	Kommentar
N60° 26.960' E05° 06.832'	S1	16	5	8362	6/11-9/12	33	Alt ok
”	”	”	10	183	”	”	”
”	”	”	13	2608	”	”	”
N60°26.830' E05°06.911	S2	14	5	276	”	”	”
”	”	”	10	4772	”	”	”
”	”	”	13	900	”	”	”

2.1.4 Forankring

Strømmålerene ble satt ut i to strømrigger. Riggene ble forankret og holdt i vertikal posisjon ved hjelp av neddykkede trålkuler. For å gjøre riggene synlige for fartøy var det en liten overflatemarkør. **Figur 3** viser en skisse av en strømrigg.



Figur 3. Prinsippskisse av en strømrigg.

2.2 Transmisjon

Transmisjonsmåling (gjennomskinnelighet) ble foretatt med en transmisjonsmeter (Q-instrument) med en bølgelengde på 660 nm (rødt lys). Transmisjonen uttrykkes som den totale svekningskoeffisienten (c_{660} , m^{-1}) som inkluderer vannets egensvekning, og svekningen til oppløste og partikulære komponenter. Vannets egensvekning ved 660 nm er $0.34 m^{-1}$ og det er ikke er korrigert for dette i målingene. Partiklene dominerer normalt svekningen og økende partikkelmengde gir øket svekningskoeffisient. Eventuell økning i partikkelmengde ved bunn på grunn av oppvirvling ville gi seg utslag i transmisjonsmålingene. Instrumentet ble senket og avlest ved hver meter fra overflate til bunn.

Det ble målt en profil ved ved hver strømrigg ved begge anledningene, dvs. 4 profiler i alt.

3. Resultater

Resultatene fra strømmålingene er vist som **Figurer (4-10)** og **Tabeller (2-8)**. Figurene viser tidsisopleter av inn- og utstrømning og salinitet. Det er vist tidsserier av strømfart, retning, temperatur og salinitet. Det er også blitt beregnet statistikk fra varighetsanalyse fra målingene.

3.1 Middelerverdier

For de seks tidsseriene er det blitt beregnet middelerverdier for strømfart, strømvektor, temperatur og salinitet. Strømmens stabilitetsfaktor er også blitt beregnet, denne er definert som absoluttverdien av middel strømvektor delt på middelerverdien for strømfart i midlingsperioden. Dette gir et tall mellom 0 (tilsvarende svært vekslende strøm) og 1 (tilsvarende ensrettet strøm). De beregnede verdiene er gitt i **Tabell 2**. I posisjon S1 var strømmen svak som var forventet for en slik skjermet lokalitet. I posisjon S2 var det noe sterkere strøm, men også her kan strømmen karakteriseres som svak.

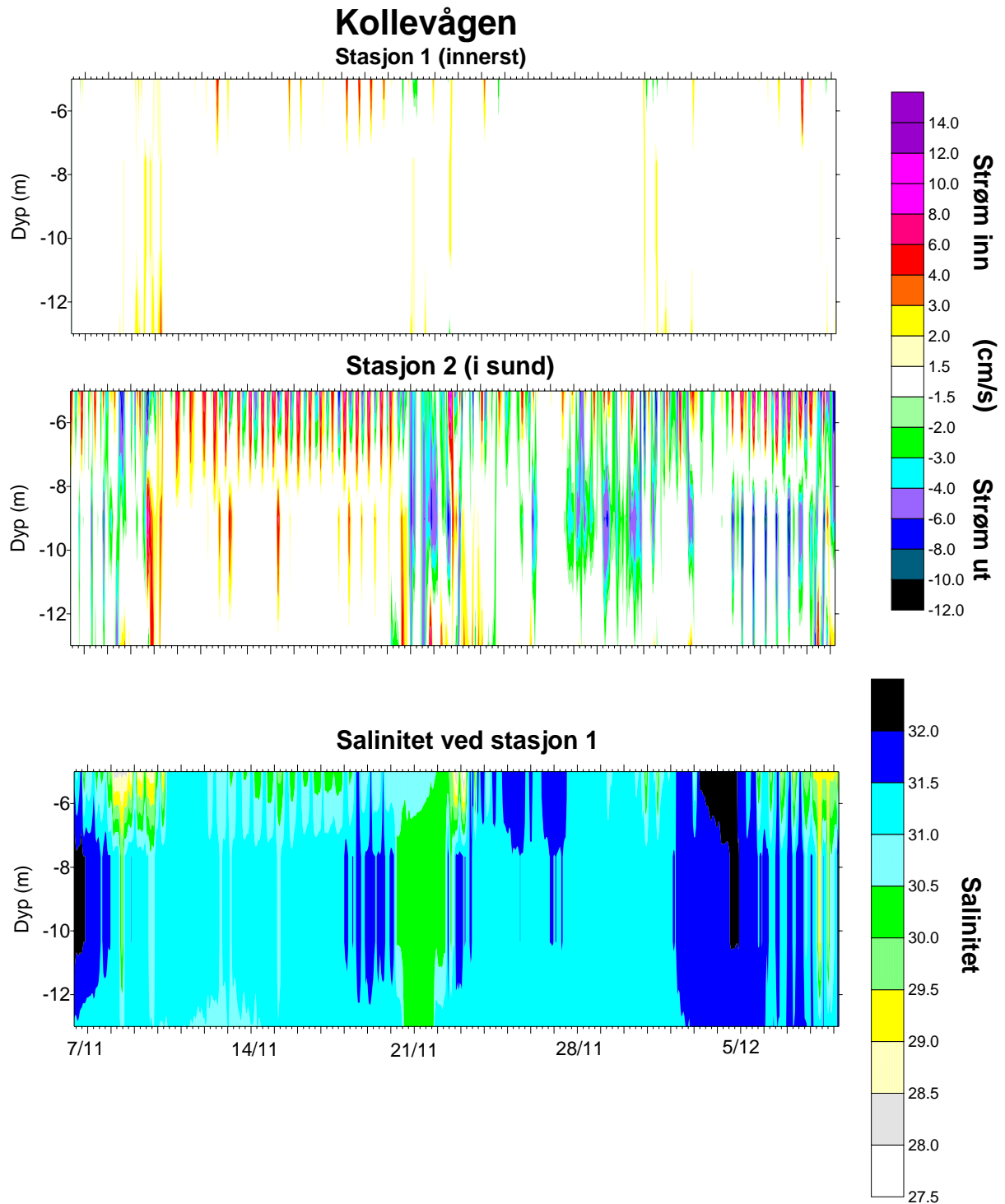
Tabell 2. Statistiske resultater fra strømmålingene Kollevågen i november og desember 1998. Tabellen er inndelt i skalare- og vektormidler. For strømfart vil alltid den skalare middelerverdien være størst fordi dette kun er summen av alle målte strømfarter dividert på antallet. Vektormidlet strøm tar hensyn til retning slik at motsatt rettet strøm vil eliminere hverandre.

Rigg	Dyp (m)	Skalare middelerverdier			Vektormidler		Stabilitetsfaktor
		Strømfart (cm/s)	Temp. (°C)	Sal.	Strøm	Retning	
S1	5	1,85	7,64	30,77	0,70	66	0,41
"	10	1,41	8,46	31,22	1,09	61	0,78
"	13	1,55	8,58	31,23	1,02	53	0,68
S2	5	4,26	7,44	29,34	0,35	238	0,04
"	10	2,88	8,36	31,41	0,89	160	0,32
"	13	2,19	8,63	30,65	0,44	54	0,22

3.2 Tidsisopleter

Figur 4 (øverste), **5**, **6** og **7** (i vedlegg) viser at det bare sporadisk var strøm inne i selve Kollevågen (S1). Episodisk var det strøm helt til bunn. Ved særlig et av tilfellene med strøm til bunn endret saliniteten seg. Dette viser at det var en viss nedblanding av brakkevann i bunnvannet inne i Kollevågen i måleperioden (ca. 20 november). Dette skjedde i en periode med mye nedbør (110 mm nedbør på 2 døgn) og relativt sterk og jevn sørlig vind (frisk bris til liten kuling). Data er innhentet fra DNMI. Det nedblandede brakkevannet ble umiddelbart fortrent av nytt vann etter uværet.

Ved stasjon S2 (**Figur 4** (midten) og **Figur 8, 9** og **10** i vedlegg) var det regelmessig tidevannstrøm i 5 m dyp. I perioder var det også regelmessig strøm i 10 og 13 m dyp, denne var ofte motsatt rettet strømmen i overflaten. I andre perioder var det stagnasjon i 10 og 13 m dyp.



Figur 4. Tidsisopleter fra strømmålingene i Kollevågen. Viser inn- og utstrømning fra S1 (øverst) og S2 (i midten). Hvite områder indikerer perioder med stagnasjon ($v \leq 1,1$ cm/s). I posisjon S1 var det stagnasjon det meste av tiden. I posisjon S2 var det regelmessig tidevannstrøm (vekslende inn og utstrømning med varighet ca. 6 timer) det meste av tiden. Det var avtakende strøm med dypet. Nederst vises salinitet fra stasjon S1. Figuren viser at det var utskifting/sirkulasjon (særlig rundt den 21/11) i dypvannet ved flere anledninger i løpet av måleperioden

3.3 Varighetsanalyse

Det er utført statistiske beregninger på hvordan strømfarten varierte ved lokaliteten. Dette ble gjort ved å beregne hvor ofte og hvor lenge strømfarten var mindre enn/eller lik og over faste verdier (Golmen, 1994). Resultatene er gitt i tabellform (**Tabell 3-7**).

3.3.1 Forklaring og resultater

Først beregnes det hvor mange fartsregistreringer (kolonne 2, "Antall") som er mindre enn/lik en gitt strømfart (kolonne 1, "Fart"). Den tredje kolonnen ("Prosent") viser hvor stor prosentandel dette utgjør av hele måleserien. Den fjerde kolonnen ("Perioder") viser hvor mange sammenhengende perioder (10 minutt varighet) registreringene med fart mindre enn/lik gitt strømfart fordeler seg over. I kolonne 5 ("mpu (min)") er det blitt beregnet midlere periodelengde med strømfart under/lik gitt fart. I kolonne 6 ("timer") er denne gitt i timer. I kolonne 7 ("lpu(t)") er gitt den lengste perioden (timer) med fart mindre enn/lik gitt fart. Kolonne 8 ("mpo(min)") og 9 ("timer") viser midlere periodelengde med fart over gitt fart. Mens det i kolonne 10 ("lpo(t)") er gitt den lengste perioden med fart over gitt fart.

I posisjon S1 var det mellom 48% og 66% stagnasjon, med mest stagnasjon i 10 m dyp. Maksimal strømfart var 10, 6 og 8 cm/s i henholdsvis 5, 10 og 13 m dyp. Strømfarten var under 6 cm/s i minst 98% av tiden i alle dypene.

I posisjon S2 var det mellom 15% og 44% stagnasjon, med mest stagnasjon i 13 m dyp. Maksimal strømfart var 19, 14 og 13 cm/s i henholdsvis 5, 10 og 13 m dyp. Her var strømfarten under 10 cm/s i minst 95% av tiden.

Tabell 3. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort i Kollevågen S1 i 5 meter dyp.

Kollevågen (S1) 5 m dyp									
Middelfart=1,85 cm/s, Fmax=10,11 cm/s, Varians=1,47 cm ² /s ²									
Antall målinger = 4738 Tilsvarende 789.7 timer eller 32.9 Dager									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)
1.10	2276	48.04	213	107	1.78	19.7	116	1.93	51.67
1.50	2850	60.15	210	136	2.26	29.5	90	1.50	48.67
2.00	3557	75.07	174	204	3.41	39.8	68	1.13	16.83
4.00	4389	92.63	96	457	7.62	136.5	36	0.61	5.17
6.00	4658	98.31	32	1456	24.26	218.3	25	0.42	2.50
8.00	4722	99.66	9	5247	87.44	455.2	18	0.30	1.17
10.00	4737	99.98	2	23685	394.75	754.2	5	0.08	0.17
15.00	4738	100.00	1	47380	789.67	789.7	0	0.00	0.00

Tabell 4. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort i Kollevågen S1 i 10 meter dyp.

Kollevågen (S1) 10 m dyp									
Middelfart=1,41 cm/s, Fmax=6,04 cm/s, Varians=0,41 cm ² /s ²									
Antall målinger = 4738 Tilsvarende 789.7 timer eller 32.9 Dager									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)
1.10	3112	65.67	187	166	2.77	70.0	87	1.45	35.83
1.50	3755	79.24	163	230	3.84	120.3	60	1.01	33.83
2.00	4274	90.19	93	460	7.66	121.7	50	0.83	9.00
4.00	4665	98.44	25	1866	31.10	260.5	30	0.49	1.67
6.00	4737	99.96	3	15790	263.17	434.7	7	0.11	0.17
8.00	4739	100.00	1	47390	789.83	789.8	0	0.00	0.00

Tabell 5. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort i Kollevågen S1 i 13 meter dyp.

Kollevågen (S1) 13 m dyp									
Middelfart=1,55 cm/s, Fmax=8,07 cm/s, Varians=0,66 cm ² /s ²									
Antall målinger = 4738 Tilsvarende 789.7 timer eller 32.9 Dager									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)
1.10	2697	56.91	210	128	2.14	29.2	97	1.62	68.67
1.50	3349	70.67	161	208	3.47	80.3	86	1.44	19.83
2.00	4039	85.23	116	348	5.80	97.7	60	1.01	19.67
4.00	4602	97.11	41	1122	18.71	247.5	33	0.56	6.17
6.00	4723	99.66	12	3936	65.60	412.5	13	0.22	0.50
8.00	4738	99.98	2	23690	394.83	424.0	5	0.08	0.17
10.00	4739	100.00	1	47390	789.83	789.8	0	0.00	0.00

Tabell 6. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort i Kollevågen S2 i 5 meter dyp.

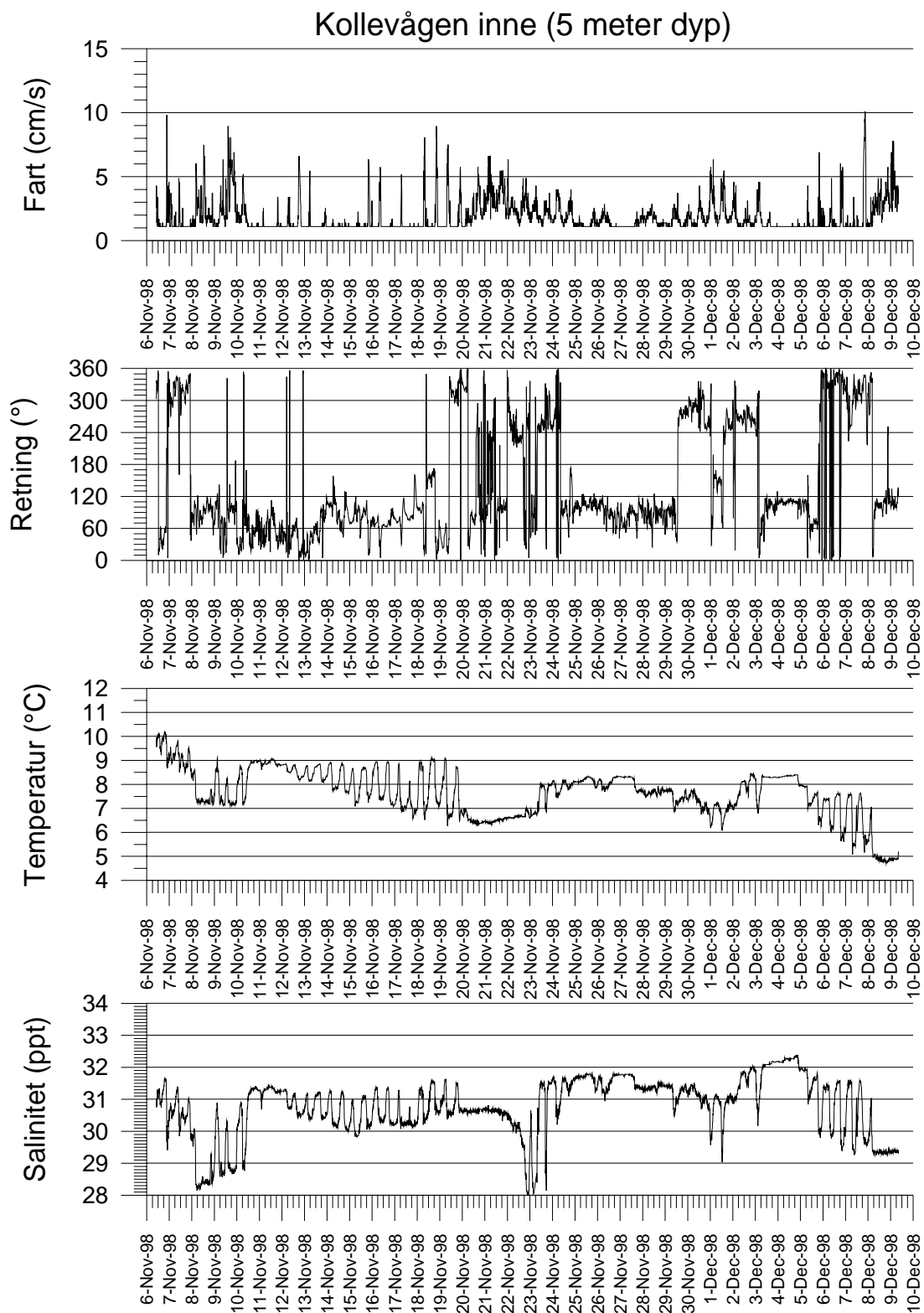
Kollevågen (S2) 5 m dyp									
Middelfart=4,26 cm/s, Fmax=18,83 cm/s, Varians=7,73 cm ² /s ²									
Antall målinger = 4738 Tilsvarende 789.7 timer eller 32.9 Dager									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)
1.10	699	14.75	144	49	0.81	7.0	281	4.68	141.67
1.50	900	18.99	143	63	1.05	10.7	268	4.47	112.67
2.00	1238	26.12	173	72	1.19	12.3	202	3.37	45.17
4.00	2431	51.30	302	80	1.34	26.0	76	1.27	7.33
6.00	3625	76.49	227	160	2.66	38.7	49	0.82	3.67
8.00	4255	89.79	124	343	5.72	61.0	39	0.65	3.33
10.00	4542	95.84	51	891	14.84	163.8	39	0.64	2.33
15.00	4713	99.45	7	6733	112.21	682.3	37	0.62	1.00
20.00	4739	100.00	1	47390	789.83	789.8	0	0.00	0.00

Tabell 7. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort i Kollevågen S2 i 10 meter dyp.

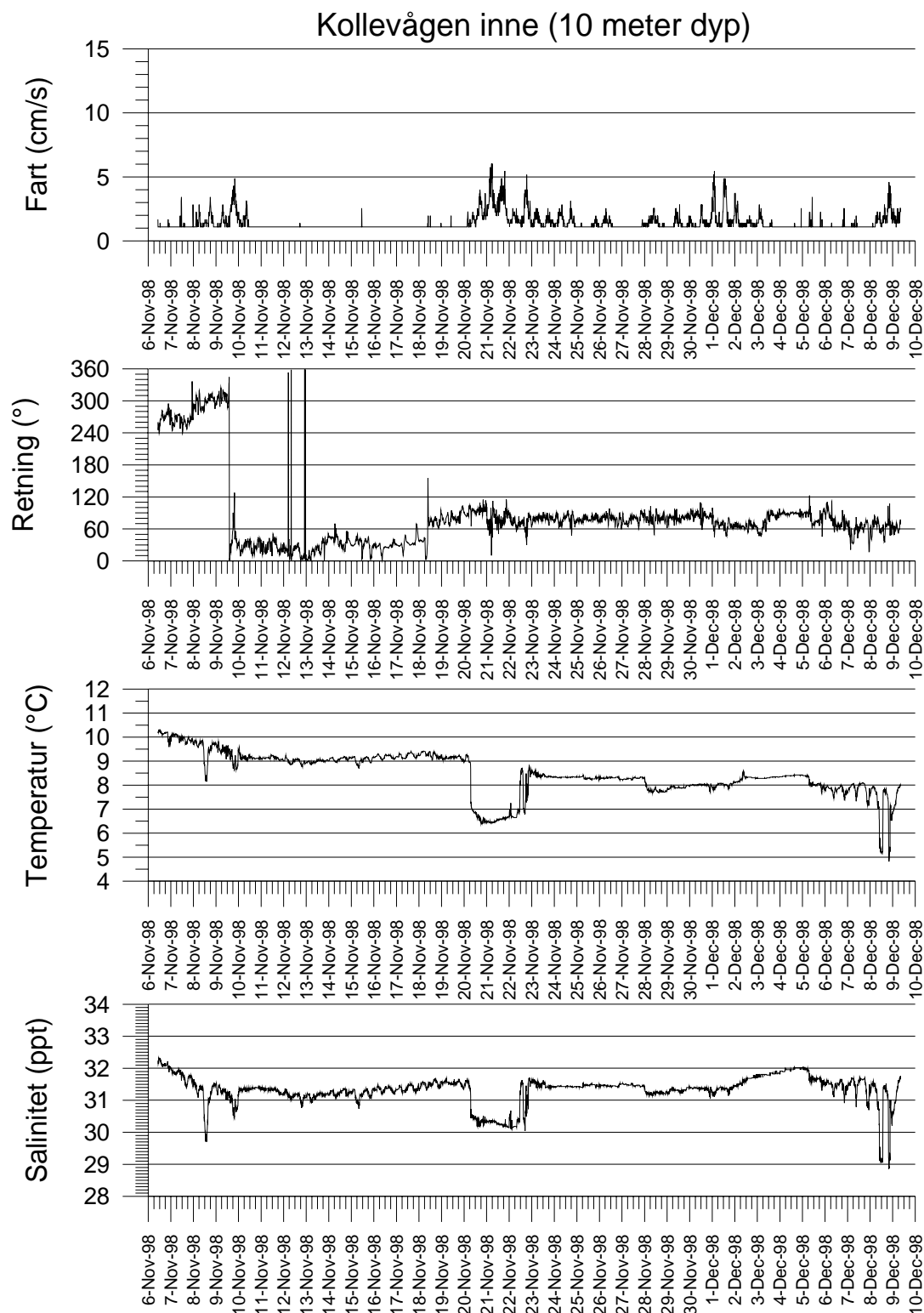
Kollevågen (S2) 10 m dyp									
Middelfart=2,88 cm/s, Fmax=13,89 cm/s, Varians=4,21 cm ² /s ²									
Antall målinger = 4738 Tilsvarende 789.7 timer eller 32.9 Dager									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)
1.10	1247	26.31	303	41	0.69	5.7	115	1.92	118.33
1.50	1918	40.47	203	94	1.57	22.5	139	2.32	107.83
2.00	2450	51.70	148	166	2.76	47.8	155	2.58	40.83
4.00	3462	73.05	167	207	3.46	61.0	76	1.27	14.00
6.00	4252	89.72	123	346	5.76	125.0	40	0.66	3.83
8.00	4624	97.57	42	1101	18.35	136.2	27	0.46	2.17
10.00	4703	99.24	13	3618	60.29	337.7	28	0.46	1.83
15.00	4739	100.00	1	47390	789.83	789.8	0	0.00	0.00

Tabell 8. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort i Kollevågen S2 i 13 meter dyp.

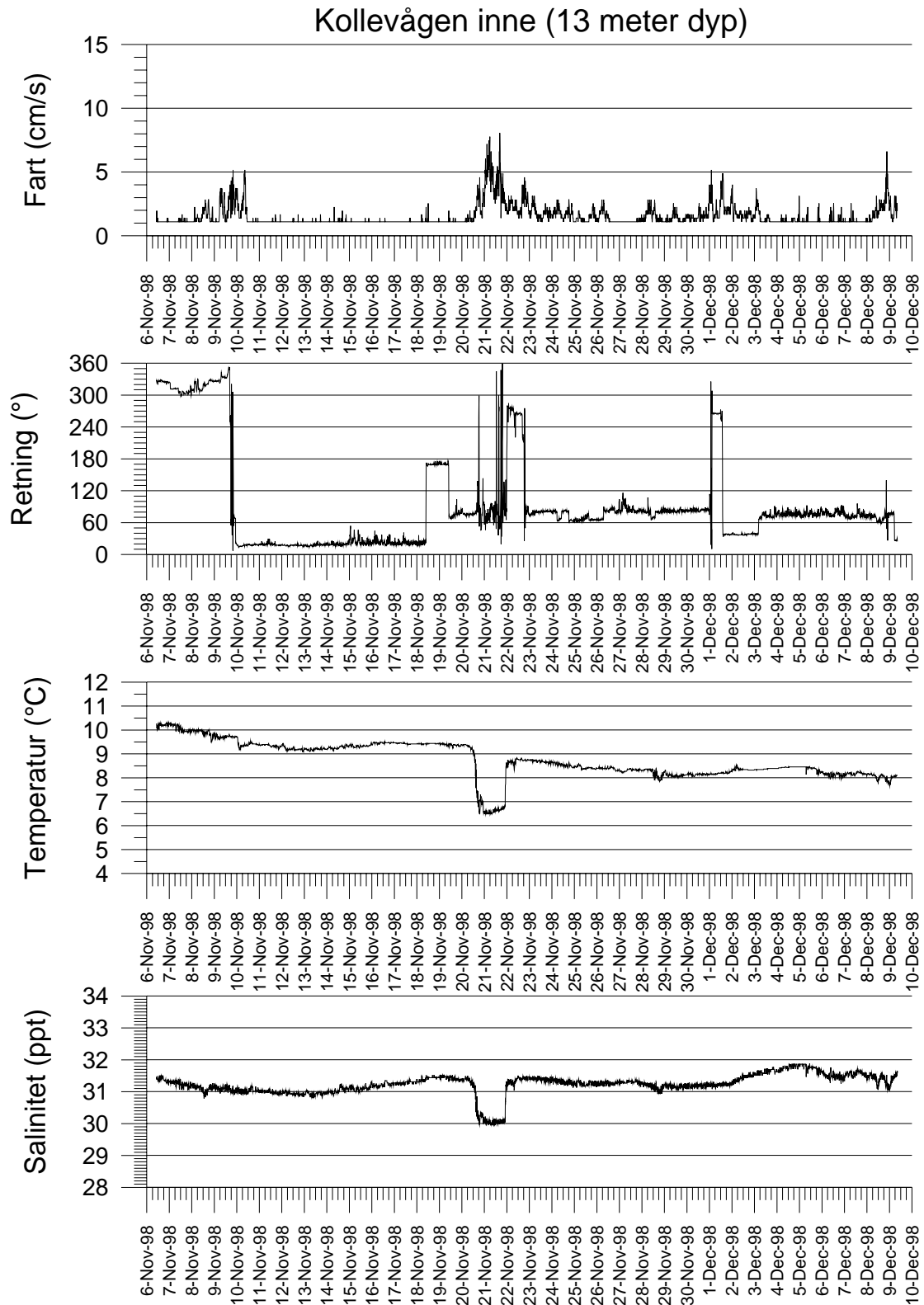
Kollevågen (S2) 13 m dyp									
Middelfart=2,19 cm/s, Fmax=13,01 cm/s, Varians=2,30 cm ² /s ²									
Antall målinger = 4738 Tilsvarende 789.7 timer eller 32.9 Dager									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)
1.10	2087	44.04	185	113	1.88	18.5	143	2.39	116.50
1.50	2498	52.71	153	163	2.72	35.2	146	2.44	49.00
2.00	3022	63.77	156	194	3.23	119.0	110	1.83	13.17
4.00	4045	85.36	149	271	4.52	236.7	47	0.78	6.50
6.00	4605	97.17	56	822	13.71	256.5	24	0.40	2.00
8.00	4705	99.28	12	3921	65.35	331.2	28	0.47	1.50
10.00	4730	99.81	6	7883	131.39	395.2	15	0.25	0.67
15.00	4739	100.00	1	47390	789.83	789.8	0	0.00	0.00



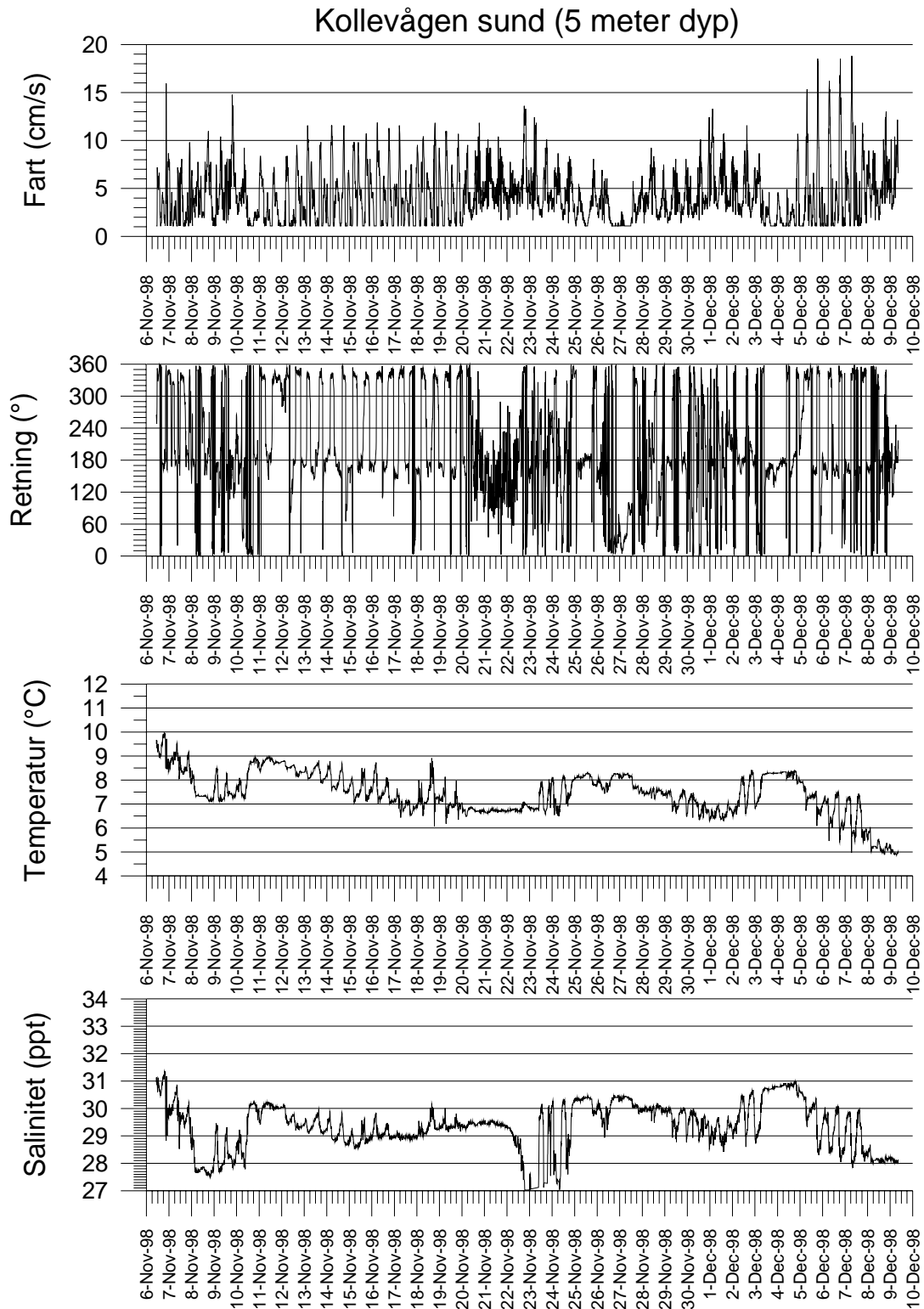
Figur 5. Resultater fra strømmålinger i Kollevågen i november og desember 1998, posisjon S1 i 5 m dyp.



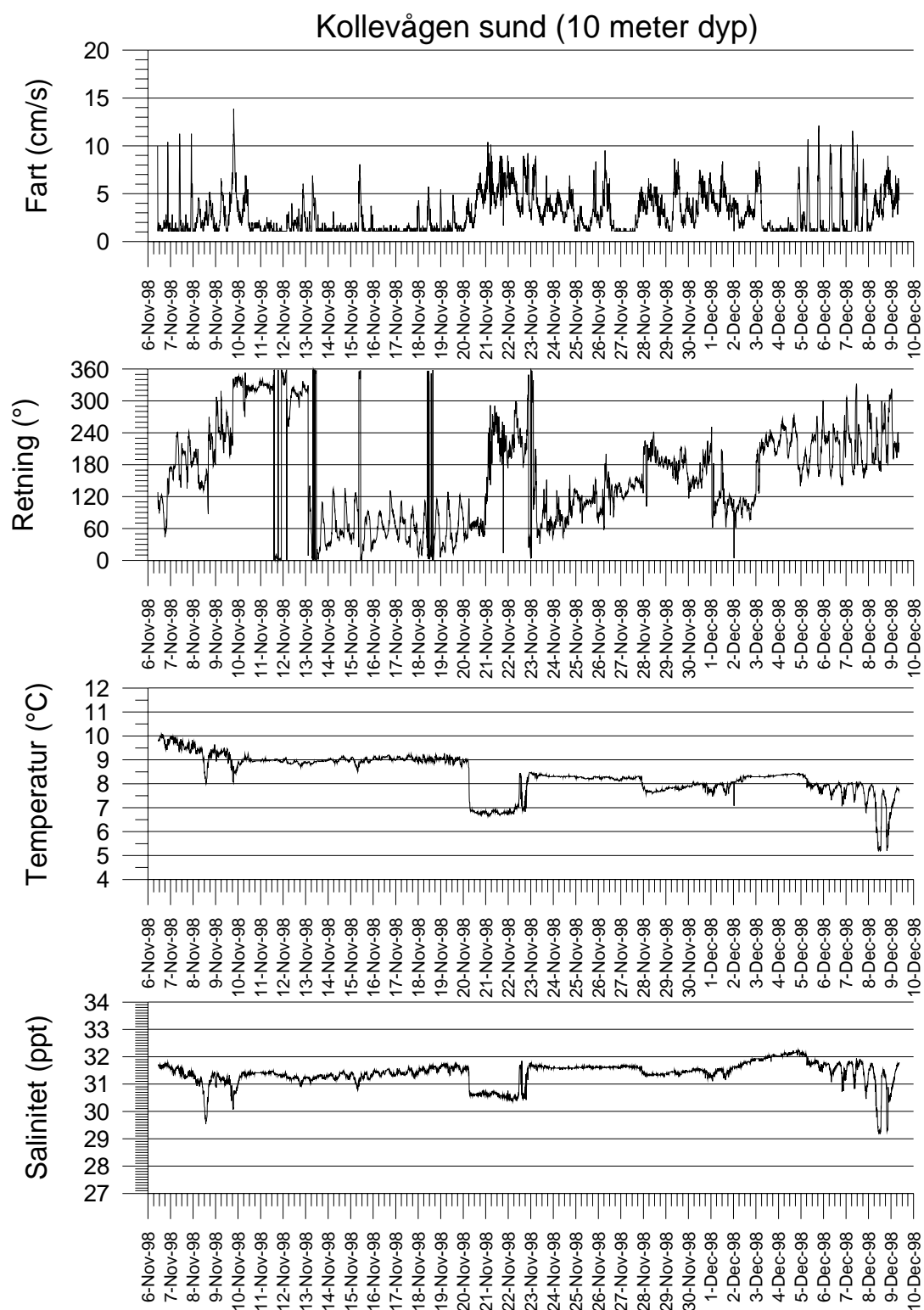
Figur 6. Resultater fra strømmålinger i Kollevågen i november og desember 1998, posisjon S1 i 10 m dyp.



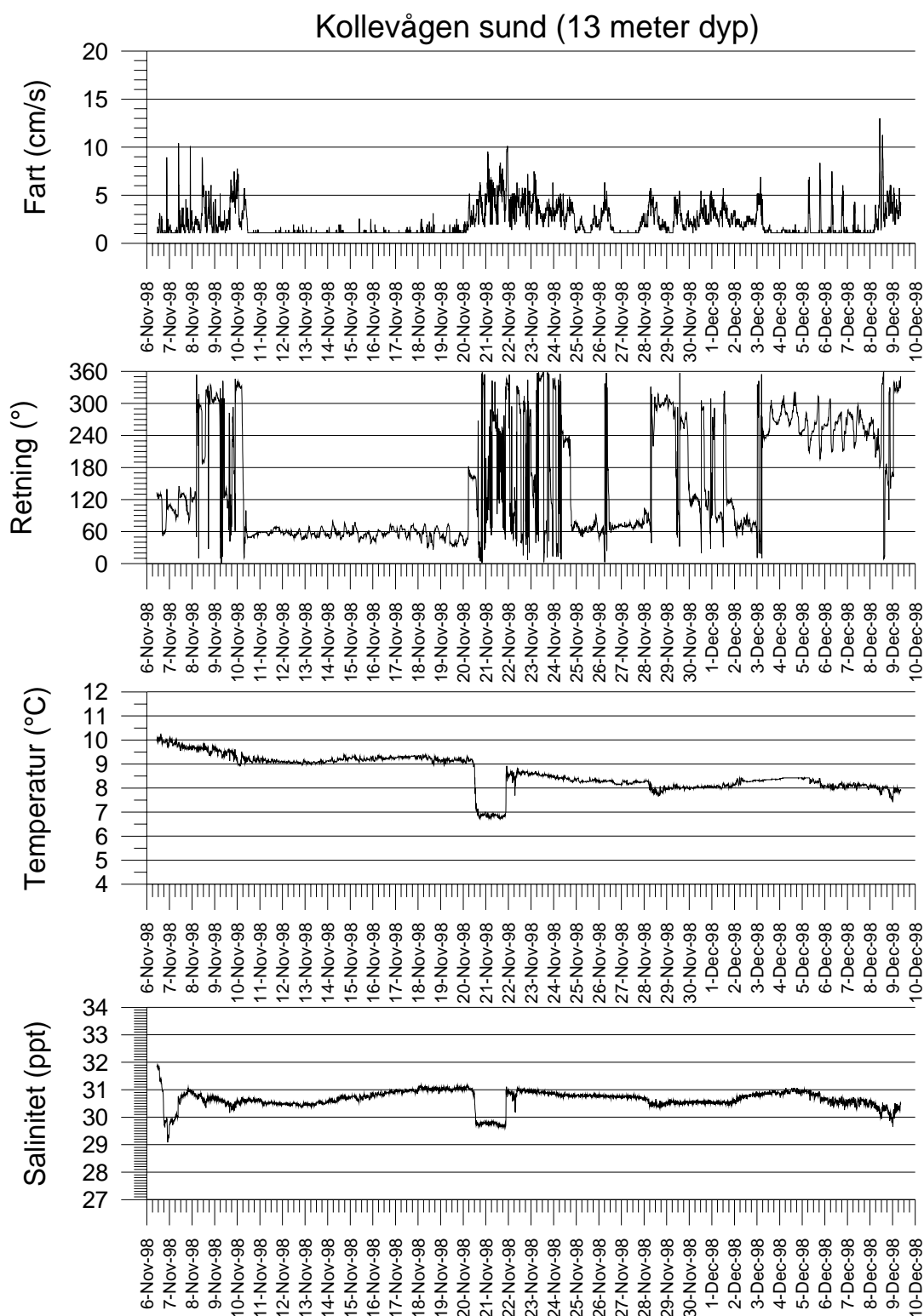
Figur 7. Resultater fra strømmålinger i Kollevågen i november og desember 1998, posisjon S1 i 13 m dyp.



Figur 8. Resultater fra strømmålinger i Kollevågen i november og desember 1998, posisjon S2 i 5 m dyp.



Figur 9. Resultater fra strømmålinger i Kollevågen i november og desember 1998, posisjon S2 i 10 m dyp.



Figur 10. Resultater fra strømmålinger i Kollevågen i november og desember 1998, posisjon S2 i 13 m dyp.

3.4 Transmisjon

Transmisjonsmålingene viste at det var høy gjennomskinnelighet i vannet og at den var høyest nær bunn under alle målingene. Det var så godt som strømsstille nær bunn under målingene ved utsetting. Under opptak var det ca. 3 cm/s strøm nær bunn ved S1 og 5 cm/s strøm ved S2. Transmisjonsmålingene indikerte altså ikke oppvirvling av bunnsediment under utsetting og opptak av strømmålerne.

Tabell 9. Målt svekningskoeffisient (c_{660} m-1) i Kollevågen i posisjon S1 og S2 ved utsetting og opptak av strømrigger. Lav verdi gir høy gjennomskinnelighet. Rent vann gir en svekningskoeffisient på ca. 0.34 m-1.

Dyp (m)	S1-98.11.06	S2-98.11.06	S1-98.12.09	S2-98.12.09
0	0.64	0.61	0.61	0.65
1	0.64	0.61	0.61	0.64
2	0.61	0.58	0.61	0.63
3	0.64	0.57	0.59	0.63
4	0.64	0.61	0.59	0.61
5	0.61	0.61	0.59	0.57
6	0.67	0.62	0.59	0.56
7	0.67	0.59	0.57	0.56
8	0.67	0.57	0.57	0.56
9	0.67	0.57	0.57	0.56
10	0.64	0.55	0.56	0.55
11	0.63	0.56	0.56	0.56
12	0.61	0.56	0.57	0.56
13	0.61	0.56	0.56	
14	0.60	0.55	0.56	
15	0.60	0.56		
16	0.59			

3.5 Diskusjon

Måleprogrammet ble gjennomført for å se om det er fare for oppvirvling av forurenset bunnsediment på grunn av sterk strøm i Kollevågen. Sedimentenes kornfordelingen i Kollevågen er ukjent, men det er likevel mulig å gjøre noen betraktninger omkring dette. Sedimenter som ble innsamlet i forbindelse med den miljøtekniske undersøkelsen i 1997 ble visuelt beskrevet i tiltaksrapporten (Instanes med fl. 1997). I de dypeste delene av bassenget ble det påvist sorte finkornige sedimenter og mye plast og søppel. Sedimenter tatt på ca. 5 m dyp viste sandige sedimenter (skjellsand). Hjulstrøm (1939) utarbeidet et diagram som viser erosjon som funksjon av kornstørrelse og strømstyrke. Hovedtrekkene er gjengitt i Tabell 9 (verdiene er lest av en figur og er derfor omtrentlige). Tabellen viser at en må ha en strømfart på minimum 17 cm/s, uansett kornstørrelse, for virvle opp sediment.

Inne i det aktuelle tiltaksområdet målte en hastigheter på maksimalt 10 cm/s. Sør for tiltaksområdet (posisjon S2) må en gjøre regning med at en har den kraftigste strømmen i området på grunn av innsnevringen der. Her var maksimalstrømmen 19 cm/s i 5 m dyp, ellers var den under 17 cm/s. Det vil si at en kan gjøre regning med at strømmen er svakere enn 17 cm/s i selve tiltaksområdet omtrent hele tiden. Dette skulle igjen tilsi at det er minimale sjanser for oppvirvling av forurenset bunnsediment på grunn av sterk strøm. Det bør imidlertid påpekes at hvor lett et sediment eroderes og virvles opp avhenger av flere faktorer enn kornstørrelse. Et sediment med høyt organisk innhold vil

vanligvis kreve større strømhastigheter for å virvles opp enn et uorganisk sediment, med mindre det dreier seg om leire. Det henger sammen med kohesjon i sedimentet og sammenbinding av partikler. Sedimentene i dypbassenget i Kollevågen tyder visuelt på et høyt organisk innhold og det skulle innebære at mulighetene for oppvirvling er enda mindre. På grunt vann (<5 m) er sedimentene sandige og her vil sannsynligvis kornstørrelsen være til hinder for oppvirvling. Til gjengjeld vil sedimentene her være mere utsatt for bølgepåvirkning under uværsperioder.

Tabell 10. Kritiske strømfart og sediment kornstørrelser som gir mulighet for oppvirvling (basert på Hjulstrøm (1939)).

Kornstørrelse (mm)	Strømfart (cm/s)
0.001	207
0.01	60
0.1	20
0.28	17
1	32
10	155

Ved en undersøkelse av potensialet for oppvirvling av forurensede sedimenter i Hanneviksbukta ved Kristiansand i 1995 ble det gjort strømmålinger like over sedimentflaten (ca. 20 m dyp) (NIVA, 1995). Strømhastigheten i middel var 1.4 cm/s, med en maksimumsverdi på 10.5 cm/s. Enkeltverdier med høy hastighet kunne delvis korreleres mot perioder med sterk vind. Sedimentet i Hanneviksbukta er finkornig (74% silt). Konklusjonen på denne undersøkelsen var at det i måleperioden ikke ble registrert strømhastigheter som var tilstrekkelig høye til å virvle opp sedimentet.

I tillegg til oppvirvling som kan skje som følge av strøm-og bølgeaktivitet skjer det nærmest en kontinuerlig oppvirvling av partikler som følge av dyrs graveaktivitet i sedimentet. En forutsetning er at det er oksygen tilstede i overflatesedimentet. Denne oppvirvlingen kan resultere i at miljøgifter desorberes fra partikler og går over i løst tilstand. Dette gjelder spesielt en del tungmetaller. Derimot er det liten risiko for at denne oppvirvlingen fører til at forurensede partikler transporters ut av Kollevågen.

4. Referanser

Aanderaa 1983: RCM 7 & 8 Recording Current Meter. Operating Manual. Aanderaa Instruments, Bergen, Norway.

Golmen L.G. 1994: Strømforhold som lokaliseringskriterium. Norsk Fiskeoppdrett nr. 1-94.

Hjulstrøm, F. 1939: Recent marine sediments, American Association of Petroleum Geologists.

Instanes, NGI og NIVA 1997: Miljøteknisk undersøkelse i Kollevågen. Endelig rapport med tiltaksvurdering, 55 s + vedlegg.

NIVA 1995: Oppvirvling av bunnsedimenter i Hannevika, Kristiansand. NIVA-notat.