

RF – Rogalandsforskning. <http://www.rf.no>

Øyvind F. Tvedten
Strømmålinger Holmsund – Grøtnes,
Strand kommune

Rapport RF – 2004/228

Prosjektnummer: 7156007 akt 22
Prosjektets tittel: Jørpeland, strømmålinger
Kvalitetssikrer: Asbjørn Bergheim
Oppdragsgiver(e): Scana Steel Stavanger AS
ISBN: 82-490-0333-0
Gradering: Åpen
Antall sider: 12 + vedlegg

RF - Rogalandsforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001

Forord

Undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra SK Langeland AS på vegne av Scana Steel Stavanger AS.

Feltarbeidet ble utført av Øyvind F. Tvedten fra RF sammen med Svein Kåre Langeland og i oktober var Harald Meling med som båtfører.

Asbjørn Bergheim har vært kvalitetssikrer av rapporten.

Stavanger, 03.12.04

Øyvind Tvedten, prosjektleder

Innhold

FORORD	I
1 INNLEDNING	1
2 MATERIALE OG METODER	1
2.1 Områdebeskrivelse og metoder	1
3 RESULTATER OG DISKUSJON	4
4 KONKLUSJON	12
REFERANSER	13
VEDLEGGSOVERSIKT	13

1 Innledning

RF – Rogalandforskning ble engasjert til å gjennomføre strømmålinger i sundet mellom Jørpelandsholmen og Scana Steel, ved Jørpeland i Strand kommune. Målingene er utført for å skaffe mer bakgrunnsinformasjon om strømforholdene i sundet, før en eventuell utbygging av nytt nærings- og boligareal. Det er planer om å bruke steinmasser til å lage to holmer i sjøen og det skal vurderes hvordan fyllingene vil påvirke strømforholdene i sundet. RF satte ut strømmålere og gjorde hydrografiske målinger i september - oktober 2004.

2 Materiale og metoder

2.1 Områdebeskrivelse og metoder

Sundet mellom Jørpelandsholmen og fastlandet er nokså smalt og grunt. Målingene ble gjort i nordre del av sundet, hvor det er på det smaleste (ca 130 m) og maksimaldypet er 10 m. Det er en del skips- og småbåttrafikk i sundet og en strømmåler ble plassert på hver side av sundet (se kart i Figur 1) for å unngå å hindre trafikken i hovedledet.

Det er tidligere gjort noen resipient- og miljøundersøkelser i området (Dahle 1985, Stokland 1986, Nøland & Bakke 1998, Bjørnbom m.fl. 2003) og strøm- og hydrografiske målinger i sundet i 1981-82 (Orvik 1982). De sistnevnte målingene er oppsummert i et notat av AB Aqua Technology AS (Arve Berg 25.09.03). Der ble det konkludert med at det er et markert brakkvannslag i sundet og at strømmen stort sett er utoverrettet, det vil si mot nord-vest. Det er en kombinasjon av tidevannsbevegelse, ferskvannstilførsel og jordrotasjon som skaper det generelle strømbildet i sundet. Strømhastighetene ble målt til 4-7 cm/s, høyeste hastighet nærmest overflaten.

Strømmålingene i denne undersøkelsen ble gjort i 41 dager fra 10. september kl 12:00 til 20. oktober kl 13:30. Målerne ble festet på et tau som var ankret fast i bunnen og holdt stramt med oppdriftsbøyer ca 2 m under overflaten. Derifra gikk det et tau opp til en overflatebøye. Målerne hang på 4,5 m dyp (vestsiden av sundet) og 6,4 m (fastlandssiden) og vanddypet var ca 8,5 m på målestedene. Nærmere land ble det grunnere. Posisjonen til målestedene var 59°01,003'N 06°01,960'Ø (håndholdt GPS, WGS-84) ved Jørpelandsholmen og 59°01,022'N 06°02,013'Ø ved Scana.

I måleperioden var det ”normalt høstvær” med variable vindforhold og til dels mye nedbør, men vi har ikke innhentet meteorologiske grunnlagsdata for å tallfeste dette i rapporten og knytte det opp mot strømmålingsresultatene.

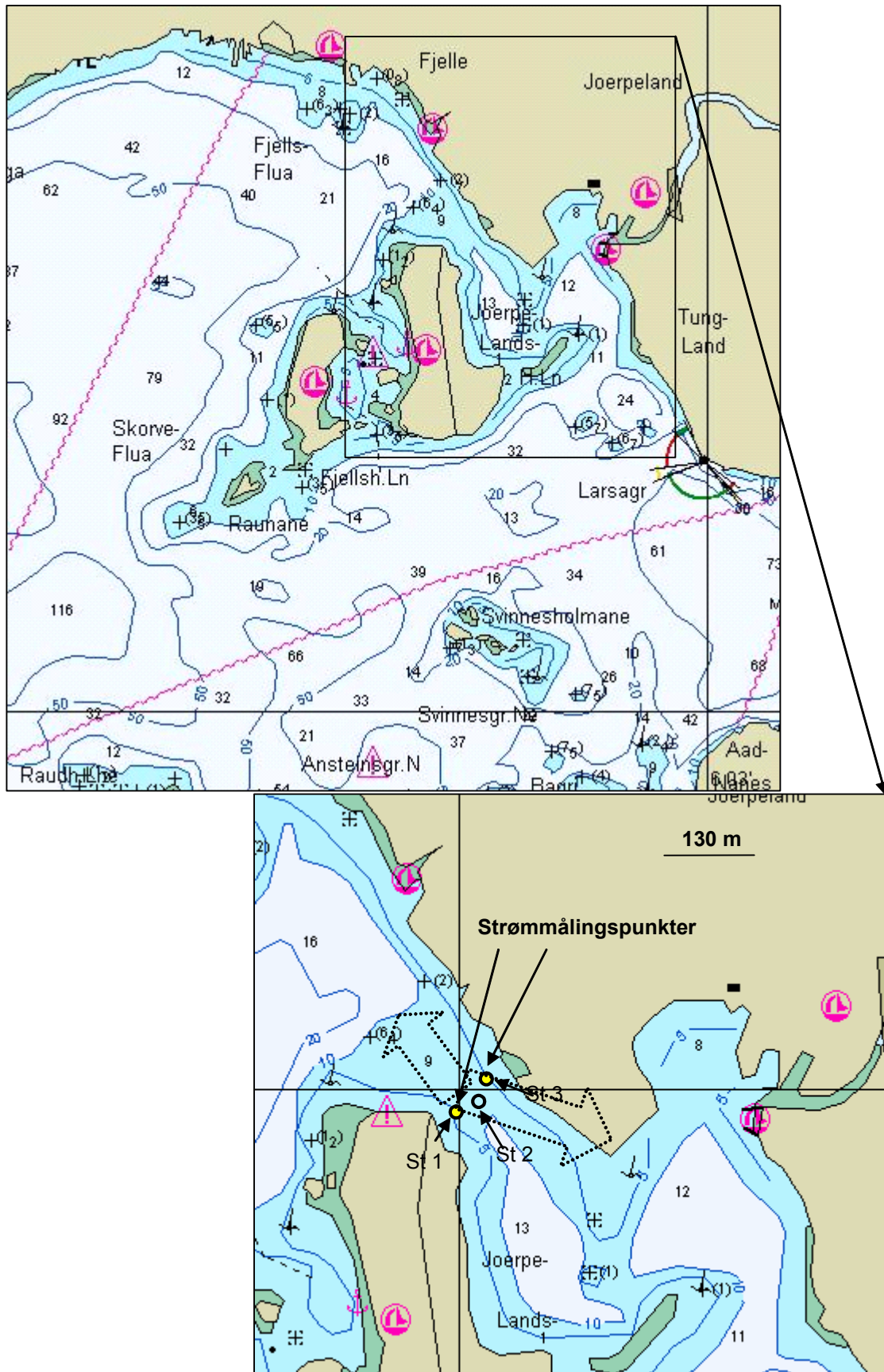
Aquadoppmålerne (levert av Nortek AS i 2001) bruker akustikk (dopplerteknologi) til å måle vannstrømhastighet i nord/sør, øst/vest og opp/ned retning. Hastighetene i de to horisontale retningene brukes til å beregne den faktiske retning og hastighet på strømmen. I tillegg har målerne sensorer for: kompassretning, temperatur, vertikal helning på instrumentet og trykk (dyp). Strømmålerne var satt opp til å måle ett minutt gjennomsnitt hvert tiende minutt (Vedlegg 2). Målerne fungerte etter hensikten og totalt

ble det registrert 6060 målinger i perioden (Vedlegg 3). I tillegg ble det logget data som kan brukes til å kontrollere måleren og resultatene.

Merk at vi ved strømmålinger beskriver retninger motsatt av begrepene for vind. En østlig strøm går fra vest mot øst, og dermed motsatt av østlig vind.

Måling av saltholdighet og temperatur ble gjort samtidig ved utsetting og innsamling av strømmålerene. Det ble målt på hver side av sundet og midt i, samt i Jørpelandsvågen i september. Målingene ble gjort med en SD 204 CTD-sonde (Conductivity Temperature Density) som ble senket fra overflaten til bunn (senkehastighet maksimalt 1-1,5 m/s) og heist opp igjen. Dette instrumentet har god nøyaktighet når det gjelder temperatur ($\pm 0,01$ °C) og saltholdighet (0,02). Instrumentet lagret data for hvert sekund på vei ned og opp i sjøen. Sonden registrerer også dyp (trykk), dato og tid, samt beregner tettheten (tyngden) til vannet.

I rapporten er saltholdighet oppgitt uten benevning som ”Practical Salinity UNIT, PSU” med symbolet S, dette tilsvarer promille (‰) som ble brukt tidligere (se eventuelt vedlegg i Molvær *m. fl.* 1997). Sjøvannets tetthet (masse pr volum) er oppgitt som σ_t og 1000 kg må legges til for å få masse (tyngde) i kg pr m³. I våre farvann kan en forenklet si at tettheten øker med økende saltholdighet og trykk, og med avtagende temperatur.



Figur 1. Kart med strømmålingslokalitet inntegnet. På St 2 ble det kun målt hydrografi. Hovedstrømretningen ble målt til å gå mot sør-øst og nord-vest og er symbolisert med stiplede piler.

3 Resultater og diskusjon

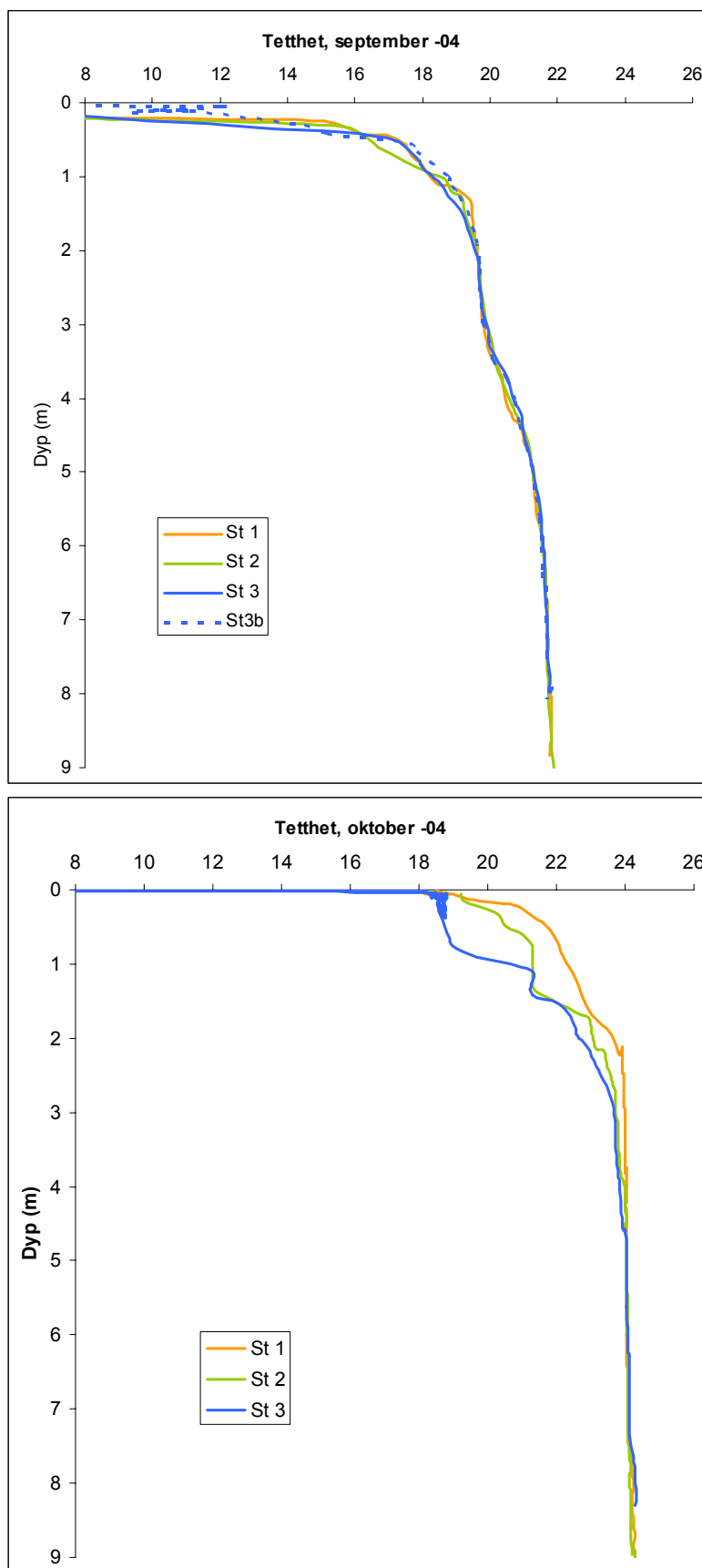
3.1 Hydrografiske målinger

De hydrografiske målingene ble hovedsakelig gjort for å vurdere sjiktninger i vannsøylen og om det var et skråstilt brakkvannslag i sundet. Tabell 1 oppsummerer resultatene fra CTD-målingene og Figur 2 viser dybdeprofiler (se Vedlegg 1 for alle data). Resultatene viser at det i hele vannsøylen var varmest vann som hadde lavest saltholdighet og tetthet i september. Brakkvannslaget var da ca 0,5 meter tykt. Vinteravkjøling av overflatevannet var begynt og det var varmest vann i 2-6 m dyp. I oktober var brakkvannslaget ca to meter tykt og det var ikke så markert skille (endring i tetthet) mellom lagene som i september.

I de øverste 20-30 cm mot overflaten var det et vannlag med lav og avtagende saltholdighet. Det var skarp lagdeling av dette vannet og noen cm opp eller ned med målesonden endret måleresultatet vesentlig. Det er ferskvannstilførselen i området som gir dette laget med lav saltholdighet. Figur 2 viser dette tydelig for oktobermålingene. I september var det tilsvarende, men det viser ikke på grunn av at skalaen er kuttet. Figuren illustrer også godt likheten mellom stasjonene, og presisjonen på instrumentet, ved at det er meget jevne og stabile forhold under 2-3 m dyp. Det er vanlig at hydrografiske forhold er like mellom nærliggende stasjoner fordi dette styres av fysiske krefter som fører til av vannlag med like egenskaper befinner seg på samme dyp.

Tabell 1. Temperatur (°C), saltholdighet (S) og tetthet (σ_t) i overflaten (20-30 cm) og på 2, 4, 6, 8, 10 m dyp i september og oktober 2004.

Dato	Dyp	Temperatur	Saltholdighet	Tetthet	Dato	Dyp	Temperatur	Saltholdighet	Tetthet
Jørpelandsholmen (St 1)									
10.09.2004	0,25	15,62	20,99	15,08	22.10.2004	0,20	11,27	27,32	20,76
10.09.2004	2,01	16,67	27,22	19,64	22.10.2004	1,95	12,45	31,25	23,60
10.09.2004	4,01	16,83	28,32	20,45	22.10.2004	4,00	12,56	31,82	24,03
10.09.2004	6,02	16,08	29,54	21,56	22.10.2004	6,05	12,60	31,85	24,06
10.09.2004	8,00	15,96	29,76	21,77	22.10.2004	7,99	12,91	32,14	24,23
Midt i sundet (St 2)									
10.09.2004	0,21	14,56	11,41	7,94	22.10.2004	0,31	11,41	26,66	20,22
10.09.2004	1,98	16,73	27,18	19,59	22.10.2004	1,97	12,28	30,5	23,05
10.09.2004	4,14	16,71	28,59	20,69	22.10.2004	3,93	12,58	31,74	23,97
10.09.2004	6,11	16,09	29,56	21,58	22.10.2004	5,99	12,62	31,85	24,06
10.09.2004	8,01	15,97	29,75	21,76	22.10.2004	7,99	12,78	31,99	24,14
10.09.2004	9,94	15,85	29,96	21,95	22.10.2004	10,08	13,05	32,26	24,31
Ved Scana (St 3)									
10.09.2004	0,21	14,70	12,6	8,83	22.10.2004	0,27	11,23	24,58	18,64
10.09.2004	1,98	16,93	27,18	19,55	22.10.2004	1,96	12,21	29,93	22,63
10.09.2004	4,03	16,62	28,63	20,74	22.10.2004	3,91	12,60	31,56	23,82
10.09.2004	6,02	16,12	29,52	21,54	22.10.2004	6,03	12,61	31,86	24,07
10.09.2004	7,98	15,94	29,73	21,75	22.10.2004	7,95	12,98	32,25	24,30
Jørpelandsvågen									
10.09.2004	0,28	13,36	1,89	0,80					
10.09.2004	1,95	17,02	26,16	18,75					
10.09.2004	4,06	16,53	28,99	21,03					
10.09.2004	5,95	16,20	29,48	21,49					
10.09.2004	8,01	16,04	29,79	21,77					



Figur 2. Tetthetsmålinger (σ_t) i september og oktober 2004. St 1 er ved Jørpelandsholmen, St 2 er midt i sundet og St 3 er ved Scana. St 3b viser en ny måleserie på St 3, tatt rett etter den første serien. Tetthetsskalaen er kuttet i nedre del for å få bedre fram forskjellen mellom målingene.

I september var det ikke noen vesentlig forskjell mellom de tre målepunktene bortsett fra i de øverste 20 cm. Dette kan også skyldes at båten forstyrret sjiktningen i sjøen. I oktober var det derimot tydelig forskjell ved at det var lavere tetthet i brakkvannslaget på St 3, ved Scana, enn på de andre stasjonene. Dette viser at det var mer ferskvann i vannet på fastlandssiden enn i resten av sundet.

3.2 Strømmålinger

Resultatet fra strømmålingene er oppsummert i Tabell 2 og i Figur 3-6. Strømretningen var på skrå og langs med sundet og delte seg tydelig mellom nord-vestlig og sør-østlig retning. Nettotransporten i målepunktene var svakt nordover og mer østlig. På 1980-tallet ble det konkludert med at strømmen var nordgående. Årsaken til forskjellen i målingene er trolig at det hovedsakelig var i brakkvannsvannet det ble målt i på 80-tallet, mens vi nå har målt bunnstrømmen. I tillegg ble det kun målt i korte perioder (timer) i tidligere undersøkelser mens vi nå har målt kontinuerlig i 41 dager. På 1980-tallet kan målingene ha blitt utført i perioder med utgående strøm i hele vannsøylen, noe som vi har vist er tilfelle i lange perioder også i vår måleserie. Dersom våre hydrografiske målinger er representative for hele måleperioden, kan vi anta at strømretningen og til dels hastigheten, er tilsvarende for hele vannsøylen under brakkvannslaget, siden dette vannet ikke var sjiktet.

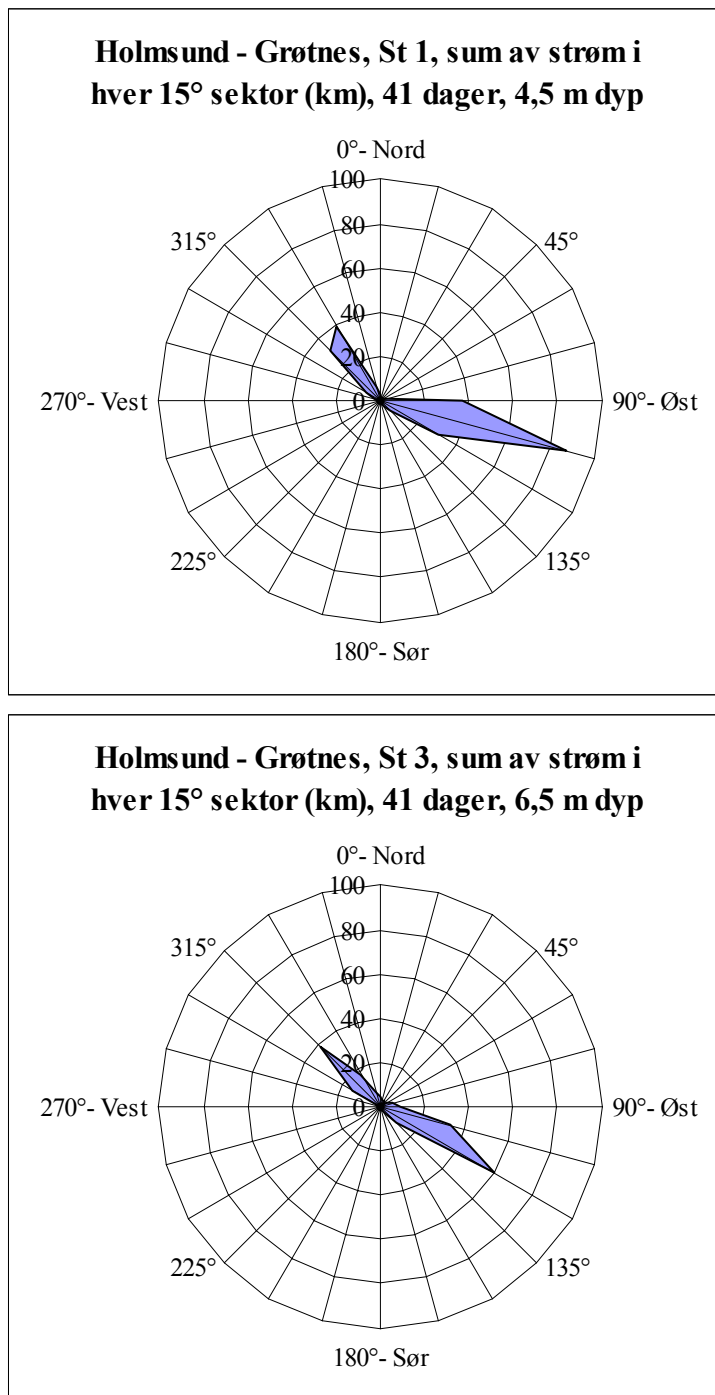
I en typisk norsk fjord er det en lagdeling av vannmassene, med et lettere brakkvann/ferskvannslag på toppen som ligger over et mellomlag, og nederst et tykkere lag med høyere saltholdighet. Dette er særlig tydelig der det er ferskvannstilførsel i form av elveutløp i bunnen av fjorden. Elvevannet renner ut fjorden i overflaten og dette fører til dannelse av en innoverrettet strøm under, som kalles kompensasjonsstrøm. Kompensasjonstrømmen består av vann under brakkvannslaget og kan strekke seg oppover i elveutløpet. Målingene i denne undersøkelsen tyder på at det er noe tilsvarende forhold i sundet og at det er kompensasjonsstrømmen som vi har målt i perioder. I tillegg er det tydelig at det ikke er noen tydelig tidevannsstrøm, men at meteorologiske (trykkforandringer, vind) forhold og nedbør (elvevann) mer bestemmer strømforholdene i sundet. Det er eksempler på lengre perioder (opptil flere dager) hvor strømmen går nesten konstant i en retning, både utover sundet og innover.

Det var sterkest gjennomsnittlig strøm og høyest maksimalhastighet (44,7 cm/s) på St 1. Gjennomsnittlig hastighet på 6-7 cm/s viser at det jevnt over er god bunnstrøm i sundet.

Tabell 2. Beregninger av strømhastigheter. Måleperiode fra 10.09.04 til 20.10.04. St 1 (4,5 m dyp) ved Jørpelandsholmen og St 3 (6,5 m dyp) ved Scana.

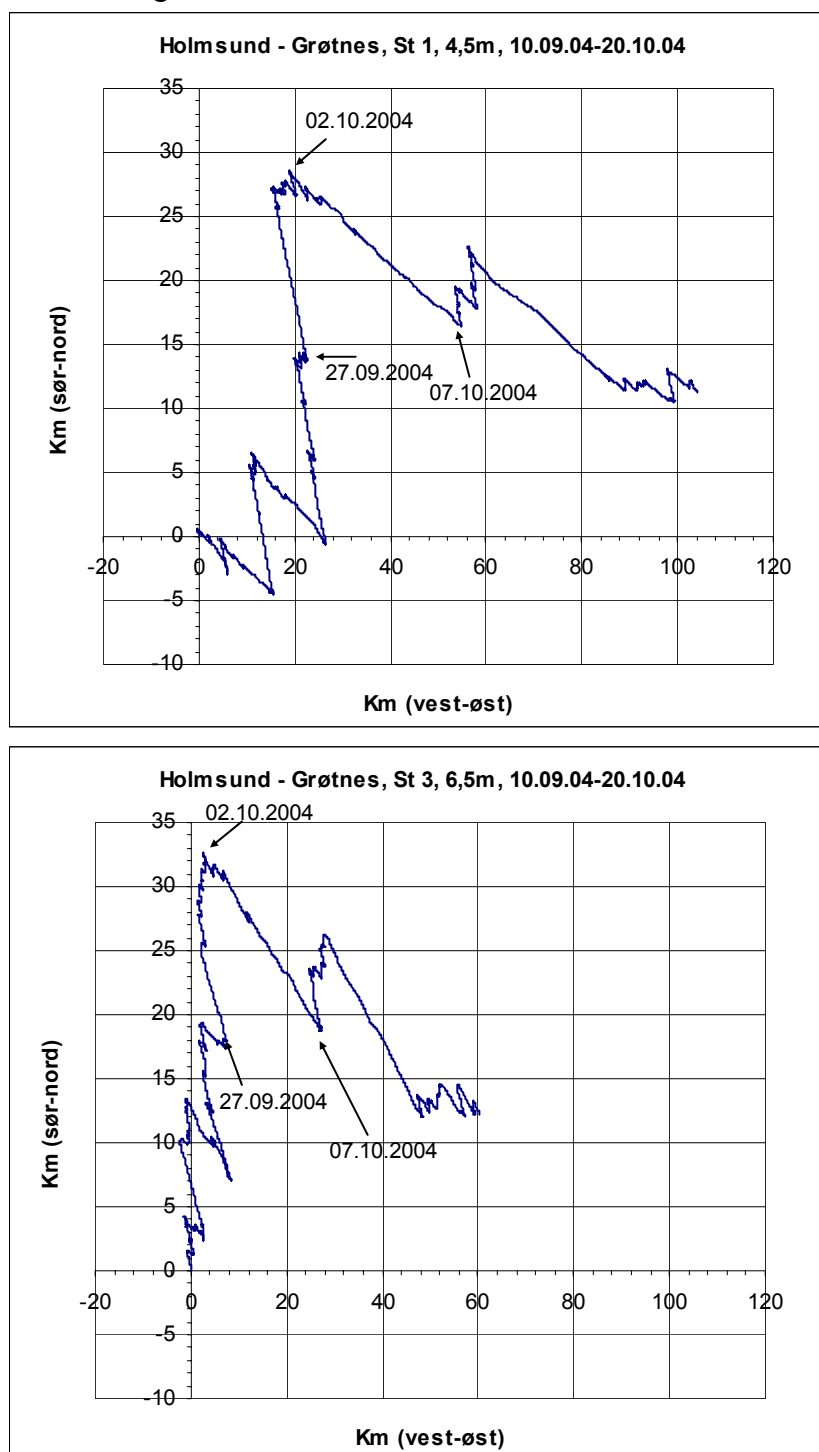
	St 1	St 3
Gjennomsnitt (cm/s)	7,2	5,9
Varians (cm/s)	33,4	23,9
Maksimal (cm/s)	44,7	36,6
Dominerende retning	S-Ø og N-V	S-Ø og N-V
Temperatur	12,4-17,5	12,4-16,3

Figur 3 viser tydelig at strømmen bestod av to hovedretninger og at det var stor likhet mellom målestedene (litt mer strøm på St 1). I forhold til sundets geografiske orientering var spesielt den sør-østlige strømmen mer østlig enn en skulle forvente. Dette kan forklares ved at vannet som skal gjennom sundet har en østlig retning fra Idsefjorden før det bøyer av og går mer sørlig gjennom sundet.



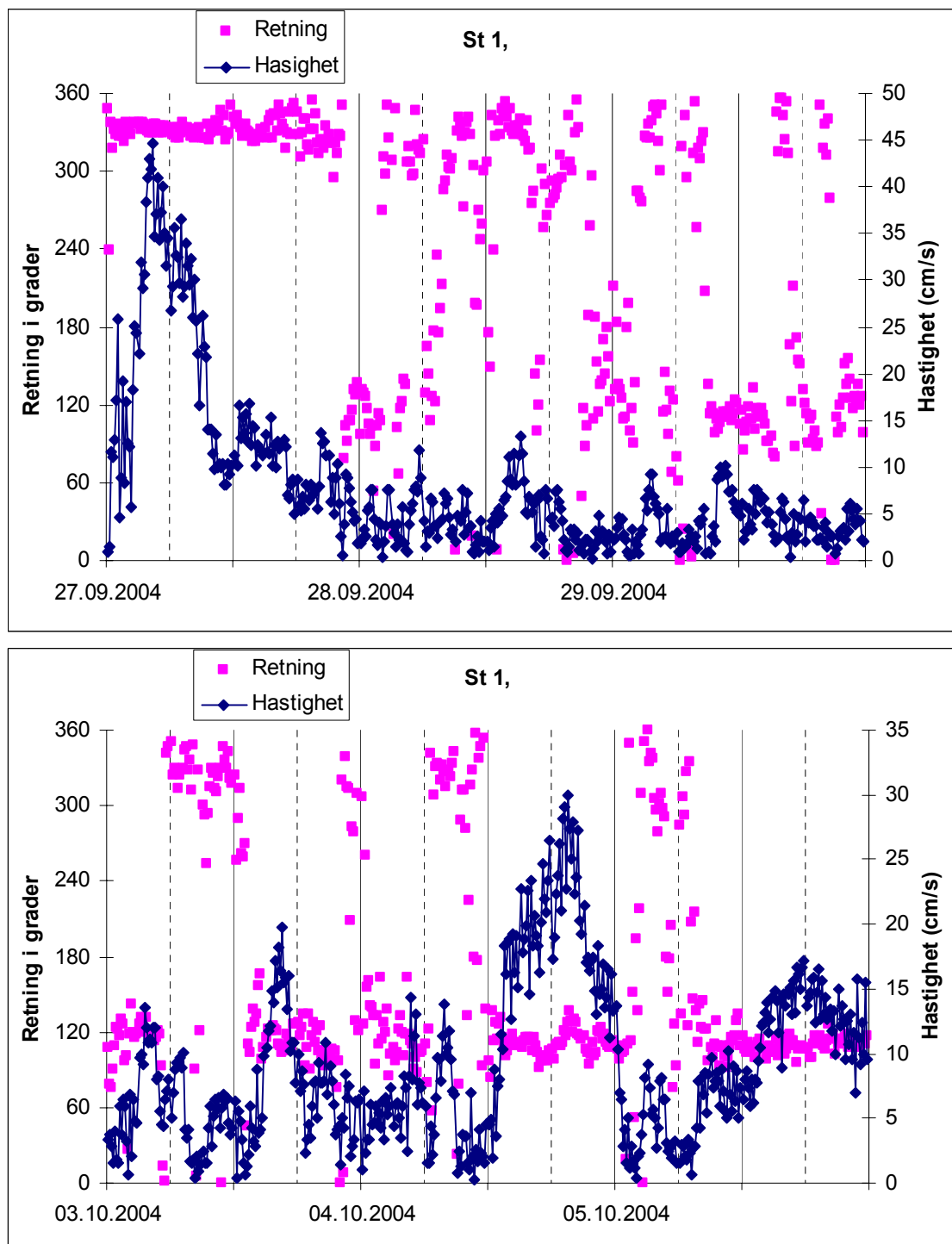
Figur 3. Strømmålingene (cm/s) inndelt i 15 graders sektorer og summert til km for hele måleperioden (41 dager).

Figur 4 viser hvordan nettotransporten til en tenkt partikkel ville være i målepunktene gjennom hele perioden. Det er meget stor likhet mellom målepunktene. Figuren illustrer også godt hvor periodevis strømrretningen er, den kan gå mer eller mindre kontinuerlig i en retning over flere dager.

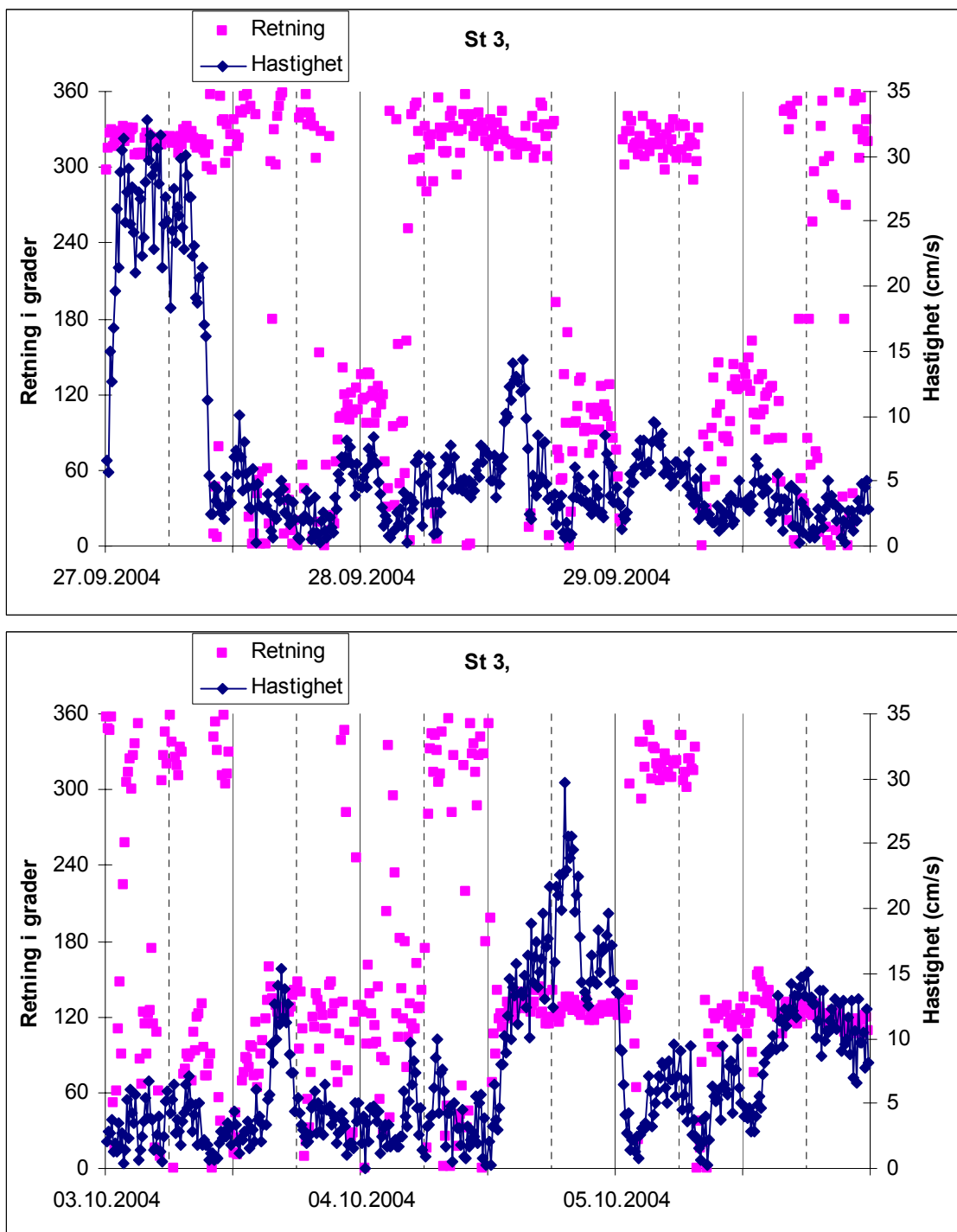


Figur 4. Strømrretning og -hastighet summert over tid (kumulativt) som viser hvordan en tenkt partikkel i sjøen i målepunktet ville forflytte seg i måleperioden. Måleperiode fra 10.09.04 kl 12 til 20.10.04 kl 1330. St 1 (4,5 m dyp) ved Jørpelandsholmen og St 3 (6,5 m dyp) ved Scana. MERK ulik skal på aksene.

Figur 5 og 6 viser utdrag fra måleseriene. I den første perioden utdragene er tatt fra, dominerer nord-vestlig strøm (ca 330°) og sør-østlig (ca 120°) dominerer 3.-5. oktober. Noen perioder på 6 timer med ensrettet strøm kan indikere tidevannsbevegelse. Figurene illustrerer også at det er pulser med kraftig strøm igjennom sundet.

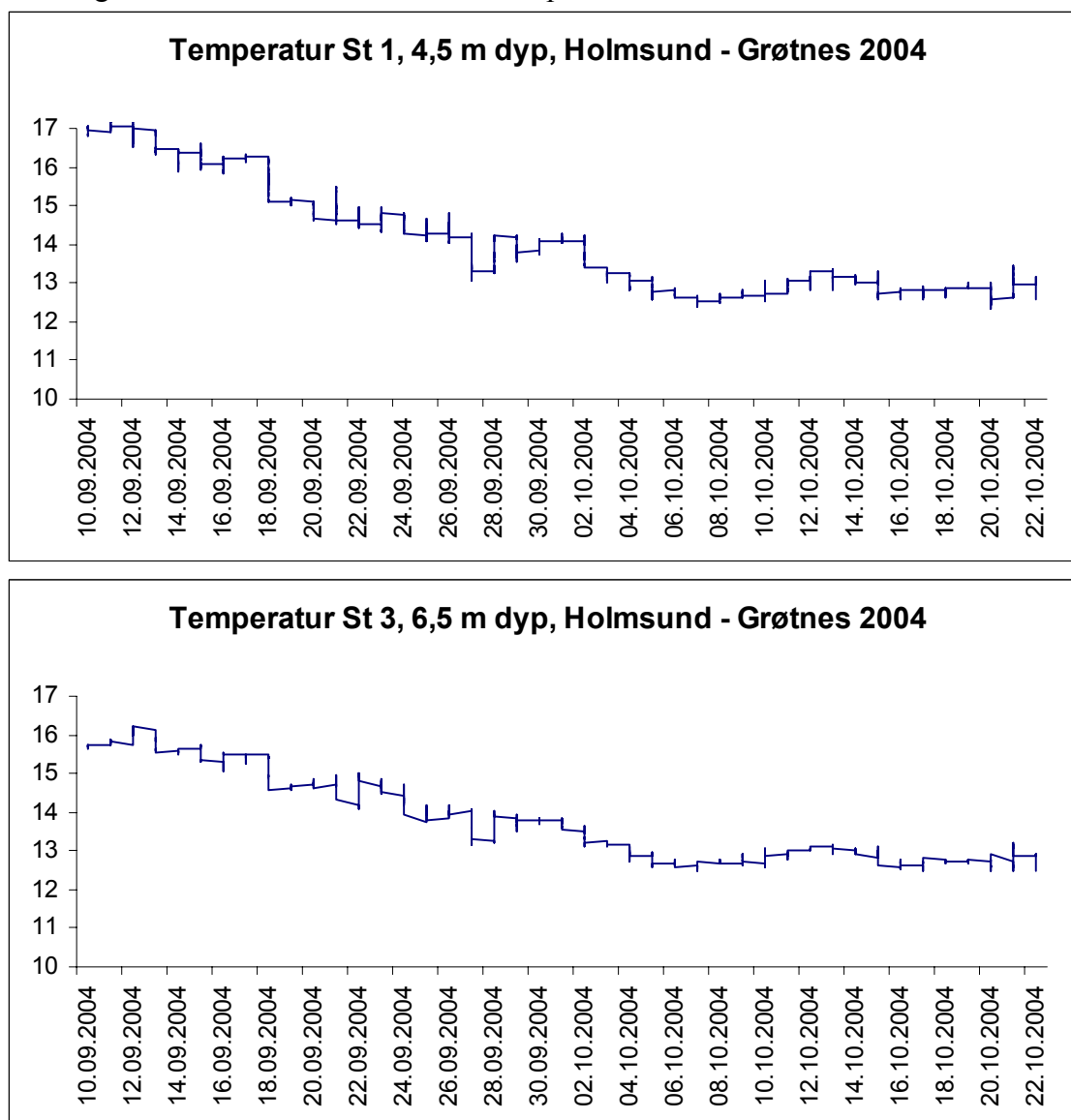


Figur 5. Utdrag av data i måleserien. Målinger hvert tiende minutt. St 1 start kl 00. 27.09.04 til midnatt 29.09.04 (øverst) og 3.-5. oktober. Stiplet linje på x-akse viser målinger kl. 06:00 og kl 18:00. Den 27. september var det lavvann kl 04:00 og 3. oktober kl 08:00.



Figur 6. Utdrag av data i måleserien. Målinger hvert tiende minutt. St 3 start kl 00. 27.09.04 til midnatt 29.09.04 (øverst) og 3.-5. oktober. Stiplet linje på x-akse viser målinger kl. 06:00 og kl 18:00. Den 27. september var det lavvann kl 04:00 og 3. oktober kl 08:00.

Temperaturmålingene i strømmålerne er vist i Figur 7. Temperaturen i starten var 16 og 17 °C og avtok til ca 13 °C i slutten av måleperioden.



Figur 7. Temperaturmålinger (C°).

4 Konklusjon

Rapporten omhandler en strømmålingsundersøkelse i sundet mellom Jørpelandsdsholmen og Scana i september og oktober 2004. Målingene ble utført på hver side av sundet på 4,5 og 6,5 m vanddyp. Maksimaldypet i sundet var her ca 10 m. I tillegg ble det gjort noen hydrografiske målinger. Undersøkelsen er gjennomført for å skaffe mer kunnskap om strømforholdene i sundet, og dermed bakgrunnsmateriale i forbindelse med planer om å etablere to holmer med steinfylling i sør-enden av sundet.

Brakkvannslaget var ca 0,5 meter tykt i september og to meter tykt i oktober. I september var det ingen forskjell mellom målepunktene, men i oktober var det tykkere brakkvannslag på østsiden av sundet enn ved holmen. Den siste måleserien kan tas som et tegn på at de hydrografiske forholdene fulgte teorien, som sier at ferskt overflatevann transporteres nordover i sundet og jordrotasjonen fører til at det presses mot nord og østsiden av sundet. Under brakkvannslaget var det jevne hydrografiske forhold.

Strømmålingene viste at det var meget like forhold i de to målepunktene selv om det var to meter forskjell i måledyp. Sannsynligvis var målingene representative for hele vannsøylens bevegelse under brakkvannslaget. Sør-østlig strøm dominerte, men det var også perioder med nord-vestlig retning. Strømmen fulgte ikke nøyaktig retningen på sundet, men det kan forklares med bunntopografi og retning på vannet som strømmer inn i sundet. Generelt var det gode strømforhold (gjennomsnittlig 6-7 cm/s) og typisk for strømmen var at den var mer eller mindre vedvarende i én retning (ut av sundet eller innover) over kortere og lengre (dager) perioder. Dette tyder på at meteorologiske forhold (trykkforandringer, vind) og nedbør (elvevannstilførsel) bestemmer strømforholdene i sundet og at det var mindre innflytelse av tidevann.

Referanser

- Bjørnbom, E., A. Kelley & L.P. Myhre 2003. Scana Steel Stavanger AS. Vurdering av sjøkantdeponi og utslipp til sjø ved Scana Steel, Jørpeland. Det Norske Veritas. DNV rapport 2003-0267. 40 s.
- Dahle, A.B. 1985. *Resipientundersøkelse i sjøområdene i Strand kommune 1983-1984*. T 42/84. Åpen rapport. RF – Rogalandforskning.
- Nøland, S.A. & S. M. Bakke 1998. Resipientundersøkelse i Idsefjorden ved Jørpeland 1998. - Rev. 1. – Høvik. DNVDN, 1999-02-03. - 43pp. - (Det Norske Veritas Technical Report ; 98-3583)
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. SFT Veiledning 97:03. Statens Forurensningstilsyn, TA-1467/1997, Oslo. 36 s.
- Orvik, K.A. 1982. En vurdering av vannutskiftning og isforhold i forbindelse med gjenfylling av et sund i Jørpeland. Sintef NHL (Norges Havnelaboratorium) rapport SFT60 F82019, 19 februar 1982.
- Stokland, Ø. 1986. *Resipientundersøkelse i sjøområdene i Strand kommune 1985*. AVF 1/86 Åpen rapport. RF – Rogalandforskning.

Vedleggsoversikt

Vedlegg 1. Resultater fra hydrografiske målinger

Vedlegg 2. Oppsett for strømmåler

Vedlegg 3. Resultater fra strømmålinger (Cd-plate)

Vedlegg 2.

=====

Deployment : jorp2

Current time : 09.09.2004 11:52:27

Start at : 10.09.2004 12:00:00

Comment:

Measurement interval (s) : 600
Average interval (s) : 60
Blanking distance (m) : 0.35
Diagnostics interval(min) : 720
Diagnostics samples : 20
Measurement load (%) : 26
Power level : LOW+
Compass upd. rate (s) : 2
Coordinate System : ENU
Speed of sound (m/s) : MEASURED
Salinity (ppt) : 28
File wrapping : OFF

Assumed duration (days) : 30.0
Battery utilization (%) : 35.0
Battery level (V) : 13.9
Recorder size (MB) : 5
Recorder free space (MB) : 5.000
Memory required (MB) : 0.2
Vertical vel. prec (cm/s) : 0.9
Horizon. vel. prec (cm/s) : 0.6

Aquadopp Version 1.25
Copyright (C) 1997-2003 Nortek AS

=====