



NORGES HYDRODYNAMISKE LABORATORIER

Fellesforetak: NSFI - Norges Skipsforskningsinstitutt

SINTEF - Selskapet for industriell og teknisk forskning ved Norges tekniske høgskole

Divisjon:
**VASSDRAGS- OG
HAVNELABORATORIET**

Kløbuveien 153
Postboks 4118 - Valentinlyst
7001 Trondheim
Telefon: (07) 59 23 00
Telex: 55435 vhl n
Telegram: VASSLAB

rappoort

TITTEL EN VURDERING AV STRØMFORHOLDENE I RAMSUND BASERT PÅ MÅLINGER UTFØRT 1983-05-31--07-07	RAPPORT NR. NHL 2 83106
OPPDRAAGSGIVER Statens vegvesen Vegkontoret i Nordland fylke	SINTEF STF60 A83106
KONTAKTPERSON J. Pedersen	PROSJEKTNR. 603333
SAKSBEHANDLER Jan Nilsen	TILGJENGELIGHET Åpen
	DATO 1983-11-10
	ISBN 82-595-34 82-05-3

SAMMENDRAG

Det ble i perioden 1983-05-31--07-07 utført strømmålinger i Spannbogstraumen i Ramsund i forbindelse med en planlagt bru over sundet. Målingene viste at strømmen i sundet var sterkt tidevannsdominert. Maksimalt målt hastighet 2 m over bunnen der hvor sundet er på det smaleste var 121 cm/s. Tidevannsstrømmen er beregnet vha harmonisk analyse av dataene. Maksimal tidevannsstrøm var 114 cm/s. Dimensjonerende strømhastighet 4 m over bunnen dvs i overflaten ved middelvannstand er anslått til 6-7 knop. En innsnevring av sundet spesielt på Ramsundsiden av brutraséen vil endre vanntransporten gjennom sundet. Det er sannsynlig at en slik innsnevring vil kunne vanskeliggjøre seilingen gjennom hovedløpet i Spannbogstraumen.

STIKKORD

Strømmålinger
Ramsund
Nordland Vegkontor
Dimensjonerende hastighet
Fylling

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

S. Tryggestad
S. TRYGGESTAD
Gruppelider

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	II
SAMMENDRAG	III
1. INNLEDNING/PROBLEMSTILLING	1
2. UNDERSØKELSESSOMRÅDE/TOPOGRAFI	3
3. EN VURDERING OVER UTFØRTE MÅLINGER OG BEHANDLINGSRUTINER	6
3.1. Oversikt over observasjonsmaterialet	6
3.2. Strømmålingsinstrumentet/data bearbeiding	8
3.3. Presentasjonsformer av strømdata	9
4. MÅLENØYAKTIGHET	15
5. STRØMFORHOLD I RAMSUND	16
5.1. Målt strømhastighet	17
5.2. Tidevannsstrøm	21
5.3. Reststrøm	22
5.4. Dimensjonerende strømhastigheter i brutraséen ..	24
5.5. Vindobservasjoner	28
APPENDIKS 1	A1

FORORD

I forbindelse med en planlagt bygging av bru over Ramsundet til Tjeldøy, ble Norges hydrodynamiske laboratorier (NHL), bedt av Vegkontoret i Nordland fylke om å utføre strømmålinger i brutraséen. Målingene ble utført i perioden 1983-05-31--07-07. Vi vil få takke Vegkontoret i Nordland fylke for et godt samarbeide i prosjektet og spesielt for god hjelp til utføring og organisering av feltarbeidet. Vi vil også få takke Kystverket 4. Distrikt for velvillig og rask behandling av søknaden om tillatelse til utplassering av strømmålere i Ramsundet. Takk til Kystvaktstasjonen i Ramsund for velvillig hjelp under feltarbeidet.

SAMMENDRAG

Det er utført strømmålinger på en stasjon i Spannbogstraumen i Ramsund med en Aanderaa strømmåler. Strømmåleren sto 2 m over bunnen. Måleperioden var 1983-05-31--07-07. Det ble også utført strømkorsmålinger på stigende og fallende sjø i sundet 7 juli. Vinddata fra Evenskjer for perioden er innhentet fra Meteorologisk Institutt.

Analyser av strømmålingene viste at strømmen var sterkt tidevannsdominert. Vindhastigheter var mindre enn 10 m/s i hele måleperioden. Maksimalt målt strømhastighet 2 m over bunnen var 121 cm/s, mens maksimal tidevannsstrøm ble beregnet til 114 cm/s. En dimensjonerende strømfart 4 m over bunnen er gitt ved hjelp av denne beregnede maksimale tidevannsstrømmen og den ekstrapolerte 10-års reststrømmen til ca 290 cm/s. En høyde over bunnen på 4 m tilsvarer overflatenivået på målestasjonen i Spannbogstraumen i Ramsund. Det er benyttet en halvempirisk formel gitt av Karman-Prandtl til å bestemme hastighetsprofilen over bunnen. Tidevannsstrømmen er antatt proporsjonal med tidevannsamplituden beregnet for Narvik havn. Tidevannsstrømmen som tilsvarer maksimalt beregnet tidevannsamplitude for hele 1983 er beregnet på grunnlag av denne antagelsen.

Maksimal nordgående strøm inntraff i Spannbogstraumen ca 2 timer før høyvann i sundet, mens maks sydgående strøm inntraff ca 2-3 timer før lavvann.

Strømmen i sundet er sterkt styrt av topografien. De utførte strømkorsmålingene viste at maksimale strømhastigheter både på stigende og fallende sjø forekom i dyprenna midt i sundet. Spesielt på Ramsundsida av hovedløpet er det imidlertid relativt dype områder hvor strømhastighetene kunne være ca 75% av strømhastigheten i dyprenna. På Tjeldsund sida av strømmen presser en naturlig rygg vannmassene inn mot hovedløpet. Strømhastigheten på denne siden synes relativt mindre enn på Ramsundsida.

En eventuell innsnevring av sundet ved vegfylling vil endre transporten av vann gjennom sundet. Det synes også rimelig å anta at seilingsforholdene i hovedløpet vil kunne forverres spesielt ved store fyllinger på Ramsundsida av løpet.

1. INNLEDNING/PROBLEMSTILLING

Det er planlagt å bygge en bru over Ramsund ved Spannbogstraumen, Figur 1.1. I den forbindelse ønsket Vegkontoret i Nordland fylke å få utført en undersøkelse av strømforholdene i sundet ved brutraséen. Undersøkelsen skulle gi informasjon til entreprenørene om dimensjonerende strømhastigheter for konstruksjoner som skulle plasseres i sundet. En annen viktig problemstilling var i hvilken grad fyllinger utover grundtområdene på hver side av sundet vil påvirke strømforholdene og eventuelt vanskeliggjøre seilingen i sundet.

EVENSKJER

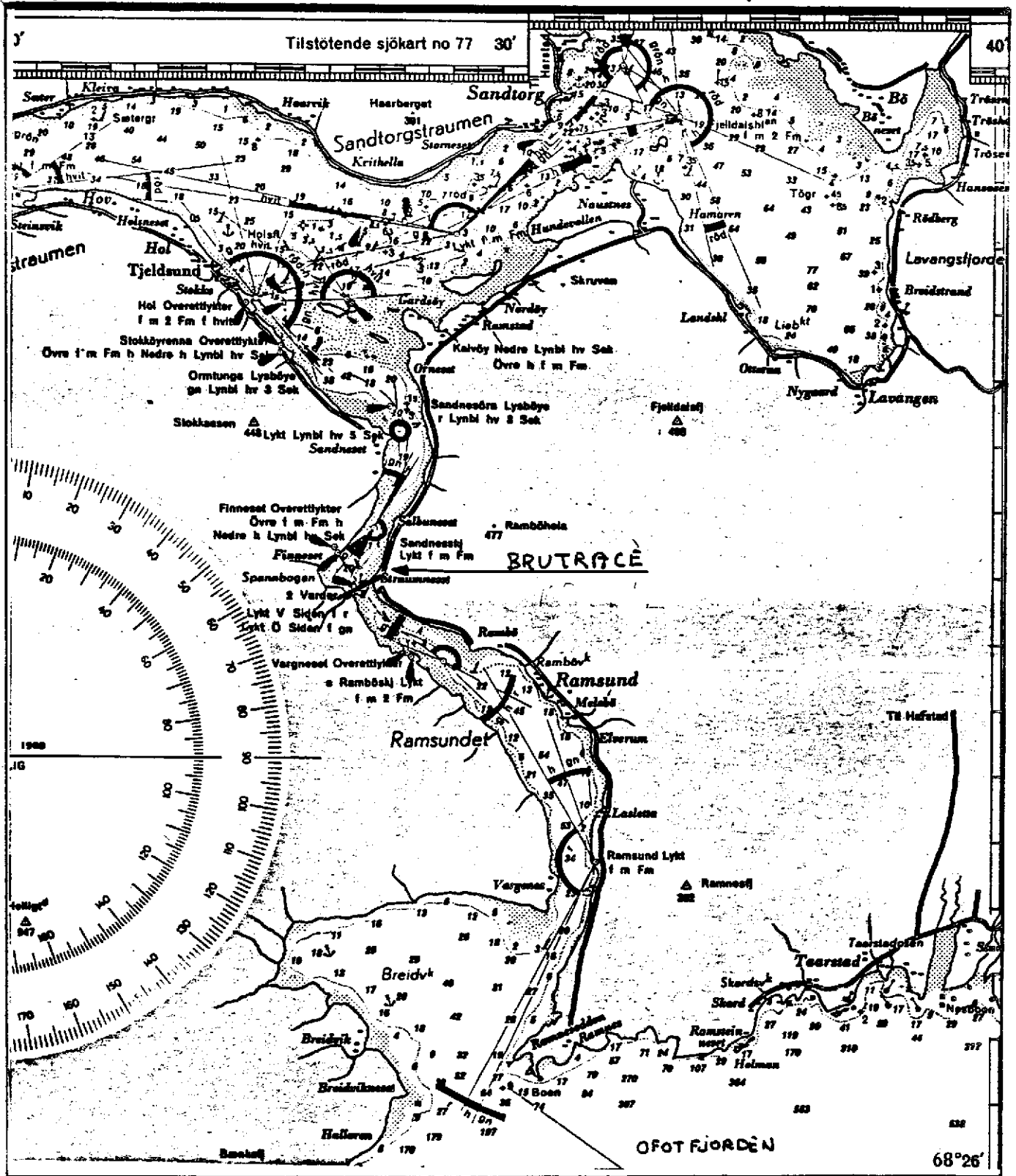


Fig. 1.1. Kart over Ramsundet.

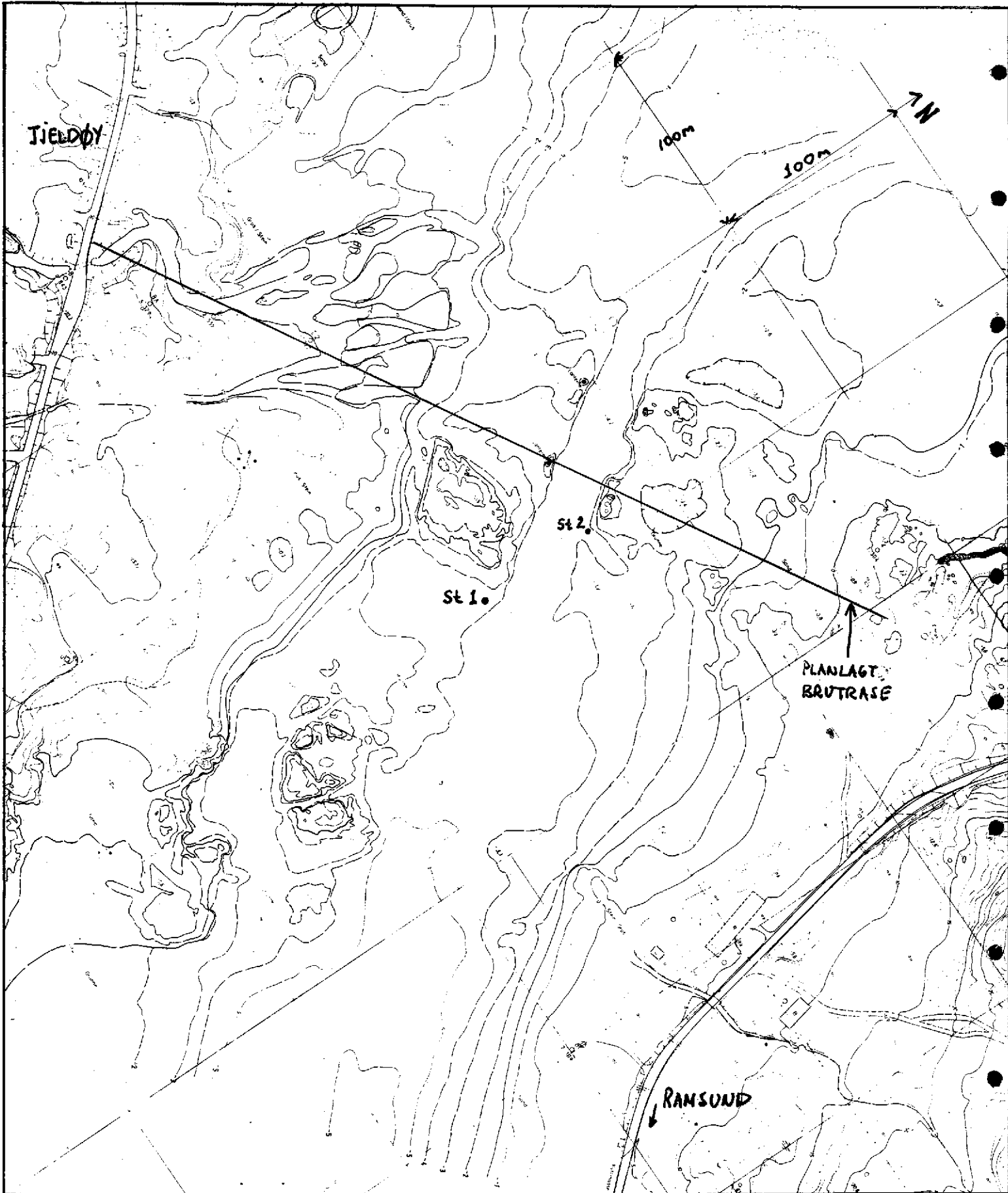
2. UNDERSØKELSESOMRÅDE/TOPOGRAFI

Den planlagte brua over Ramsund er tenkt lagt der hvor sundet er smalest, dvs over Spannbogstraumen. Figur 2.1 viser et topografisk kart over området. Plasseringen av brua og strømmålerne er tegnet inn på figuren. Det følger av figur 2.1 at sundet er relativt grundt i brutraséen. Seilingsløpet i Spannbogstraumen er en smal renne ca 200 m lang, 20-30 m bred med dyp på 4-5 m under middelvannstand. På begge sider av løpet er det grundtområder som ligger tørre ved middellavvann.

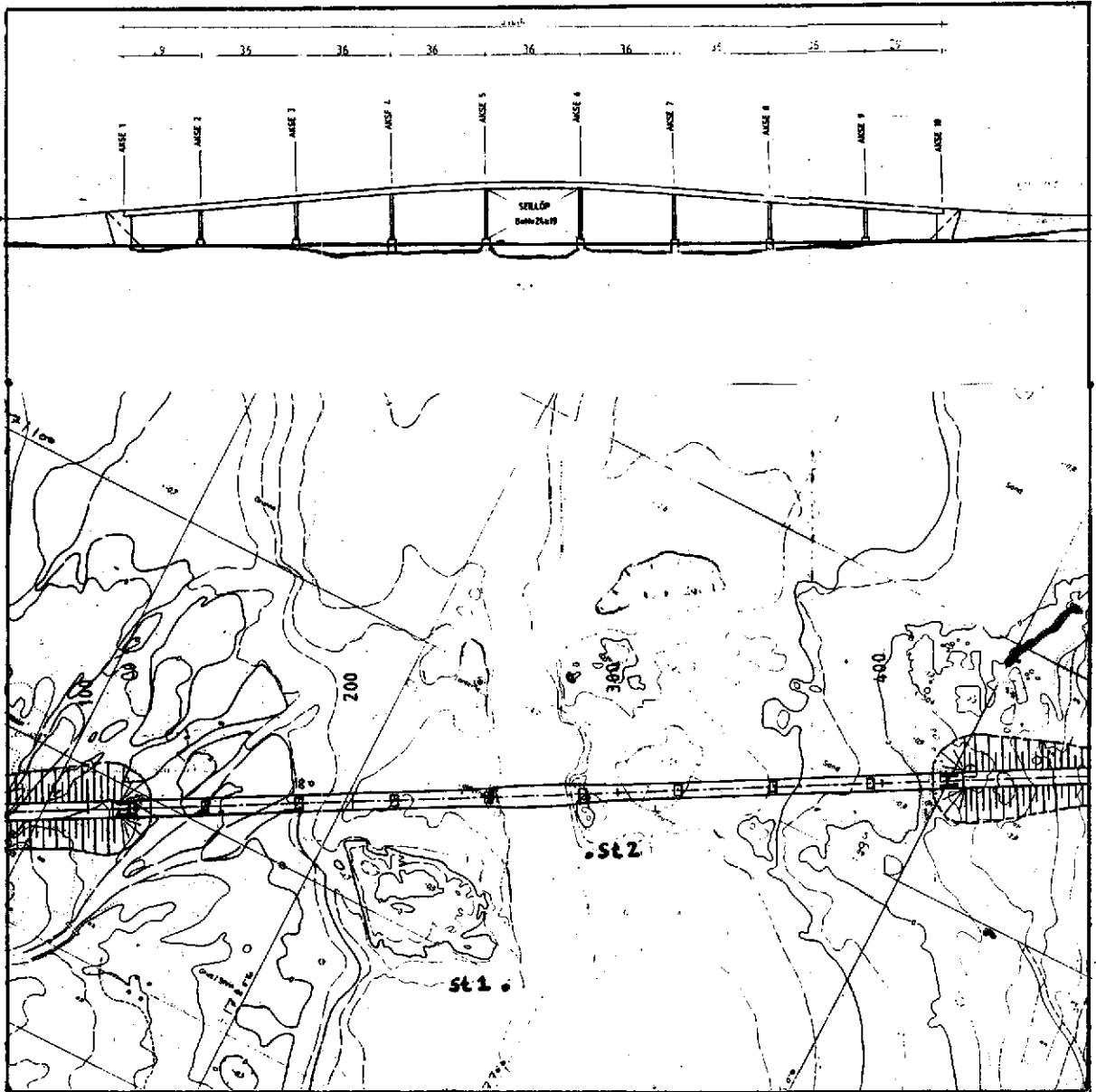
Ca 20-35 m syd for brutraséen på Tjeldøysida av sundet går det en rygg ut mot midten av sundet. Ved middellavvann ligger store deler av denne ryggen tørrlagt. Ved middelvannstand er også deler av ryggen over vannspeilet. Ved høyvann vil hele ryggen være neddykket.

Ca 30-40 m nord for brutraséen på fastlandssida av sundet stikker det ut en undersjøisk rygg mot midten av sundet. Ved lavvann ligger mindre deler av denne ryggen over vannspeilet.

Vannmassene som passerer gjennom sundet vil i hovedsak presses mellom disse to ryggene. Det totale arealet av gjennomstrømningstverrsnittet ved brutraséen relativt til middelvannstand, er ca 515 m^2 , se figur 2.2. Det følger av figur 2.2 at ca 26% av det totale gjennomstrømningstverrsnittet eller ca 135.5 m^2 utgjøres av den dypeste renna midt i sundet.



Figur 2.1 Topografisk kart fra Spannbogstraumen i Ramsund.



Figur 2.2 Spannbogstraumen med inntegnet bruprofil og gjennomstrømnings-
tversnitt.

3. EN OVERSIKT OVER UTFØRTE MÅLINGER OG BEHANDLINGSRUTINER

3.1. Oversikt over observasjonsmaterialet

Det ble plassert ut to strømmålere i Spannbogstraumen på St 1 og 2, se figur 3.1.1. Målerne sto henholdsvis 1 m over bunnen på St 1 og 2 m over bunnen på St 2. Måledyp, periode og type data som ble målt er presentert i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Målte data i Ramsund: 1983-05-31--07-07.

Stasjon	Datatype	Periode	Måledyp relativt til middelvannstand
St 2	Strømhastighet og retning	1983-05-31--06-26	St 1: 3 m dyp St 2: 2 m dyp
St 1 og 2	Temperatur	1983-05-31--07-07	
St 1 og 2	Saltholdighet	1983-05-31--07-07	
	Strømkorsmålinger (videofilming)	1983-07-07 kl 1400-1940	
Evenskjer	Vindobservasjoner	1983-05-26--07-07	

Det følger av tabell 3.1 at strømhastighet og retning ikke ble registrert på St 1. Dette skyldes mest sannsynlig at måleren ble skadet under den til dels vanskelige utsettingen. Temperatur og saltholdighet ble derimot registrert på begge stasjoner. Da strømmålerne ble tatt opp 1983-07-07 ble det utført strømkorsmålinger på stigende og fallende sjø i sundet, figur 3.1.2. Det ble også foretatt en del videofilming av disse strømkorsmålingene.

Figur 3.1.1 viser en skissē av de to strømmålerrieggene.

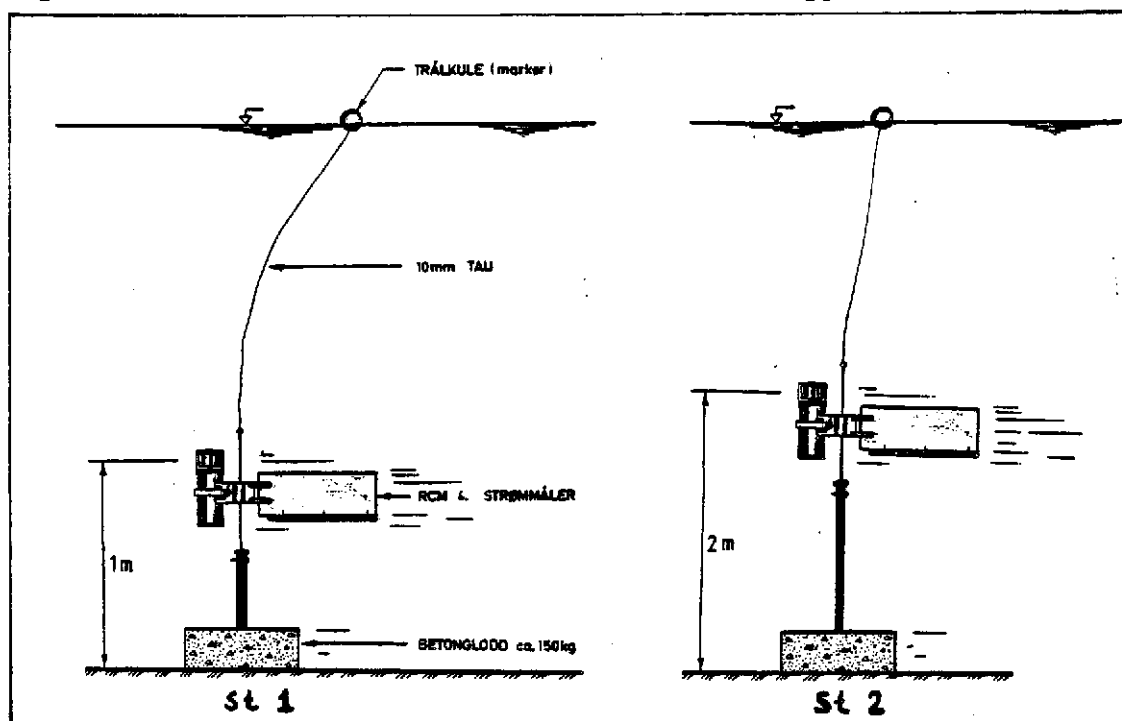


Fig. 3.1.1. Strømmålerrieggene på St 1 og 2.

Figur 3.1.2 viser en skisse av et strømkors.

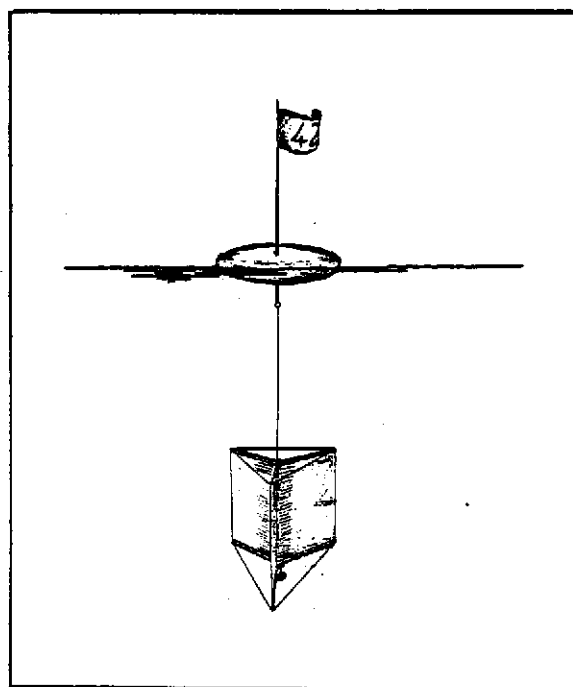


Fig. 3.1.2. Strømkors med overflatemarkør.

3.2. Strømmålingsinstrumentet/data bearbeiding

Det er benyttet en Aanderaa (RCM 4) strømmåler (Aanderaa, 1981), til å måle strømhastigheter. Strømfarten måles med en Savonius rotor og strømrretningen med et magnetisk kompass. Ti minutters middelverdier av strømfart og øyeblikksverdier av retning blir registrert samtidig. Temperaturen blir målt med en termistor. Termistoren har en responstid på ca 2 minutter og temperaturdataene blir derfor i liten grad influert av mer kortperiodiske fluktusjoner. Instrumentet er utstyrt med en induktiv konduktivitetscelle som måler den elektriske ledningsevnen i vannet. Konduktivitetsverdiene blir omregnet til saltholdighet. Begge de benyttede strømmålerne var utstyrt med trykk-celler til å måle instrumentdypet. Hvert tiende minutt ble verdier på strømfart, retning, temperatur, konduktivitet og trykk registrert internt på et magnetbånd i måleren.

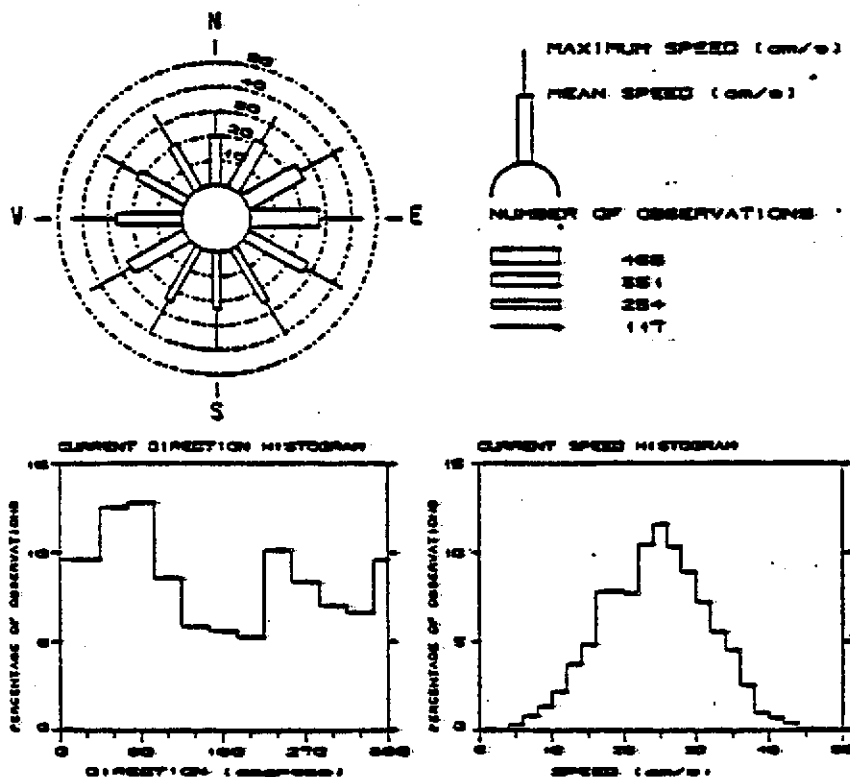
Magnetbåndet inneholder rå-data fra Aanderaa-måleren på binær form. På NHL blir disse båndene lest inn i vår datamaskin og lagret på et passende format. Rådataene blir nøye behandlet for å eliminere mulige feil og blir så omregnet til reelle verdier.

Verdiene på strømfart og retning, temperatur, saltholdighet og trykk blir så lagret på 9 spors magnetbånd på NHL.

3.3. Presentasjonsformer av strømdata

I denne rapporten er resultatene fra strømmålerne presentert som PERIODE STATISTIKK, TIDS-SERIER og PROGRESSIVE VEKTOR DIAGRAM. Det er også med tabeller for HARMONISK ANALYSE AV TIDEVANN, HASTIGHETS- OG RETNINGSFORDELING AV TOTAL STRØM, RESTSTRØM OG TIDEVANNSTRØM.

PERIODE STATISTIKK

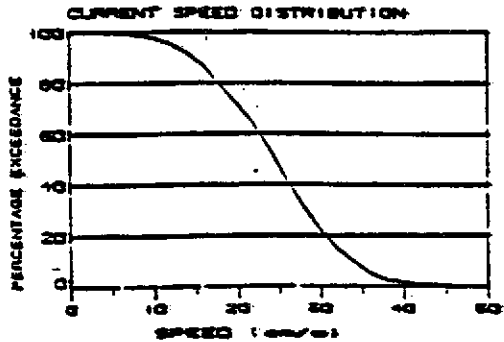


Strømrosene indikerer midlere og maksimal strømfart og antall observasjoner innenfor hver 30° sektor. Antall observasjoner er proporsjonal med tykkelsen på pilene.

Histogrammene viser fordelingen av strømfart og retning. Retningsobservasjonene er gruppert innenfor sektorer på 30°, mens størrelsen på strømfartintervallene er avhengige av maksimalt målte strømfart.

PERIOD TABLE

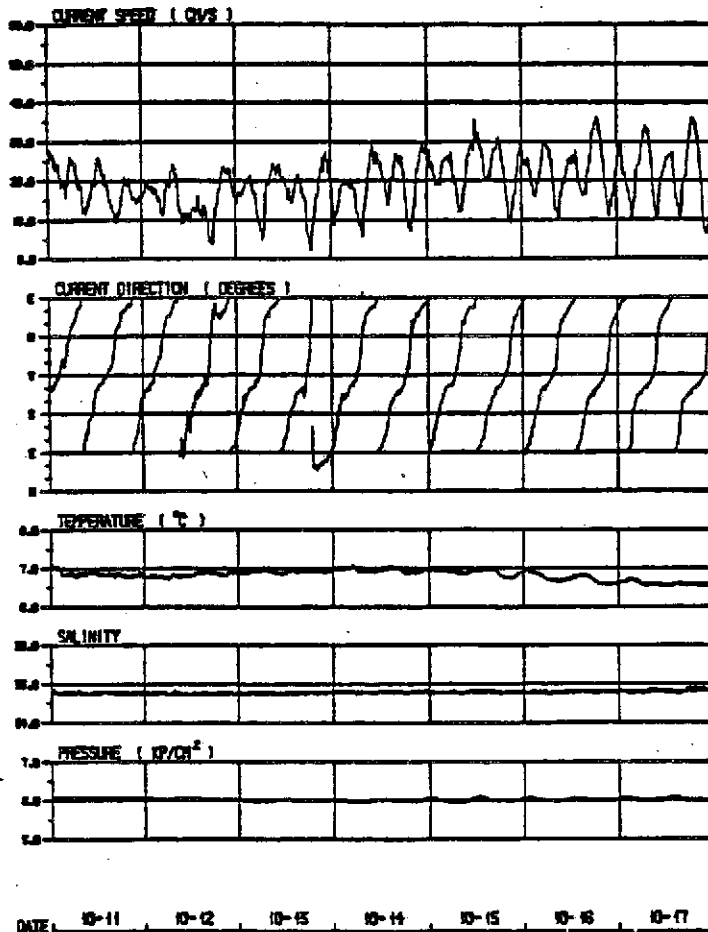
TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS	4372
SAMPLING PERIOD (S)	600
INSTR. TYPE AANDRAA RDTM	
MAXIMUM VELOCITY	
SPEED :	46 cm/s DIRECTION : 236
MEAN VELOCITY	
SPEED :	2.3 cm/s DIRECTION : 76
MEAN CURRENT SPEED :	
29.2 cm/s	
MAXIMUM VELOCITY COMPONENTS (cm/s)	
N1 S2 E3 W4 S5 SW V1 W6	
CURRENT STABILITY	
12 (S)	



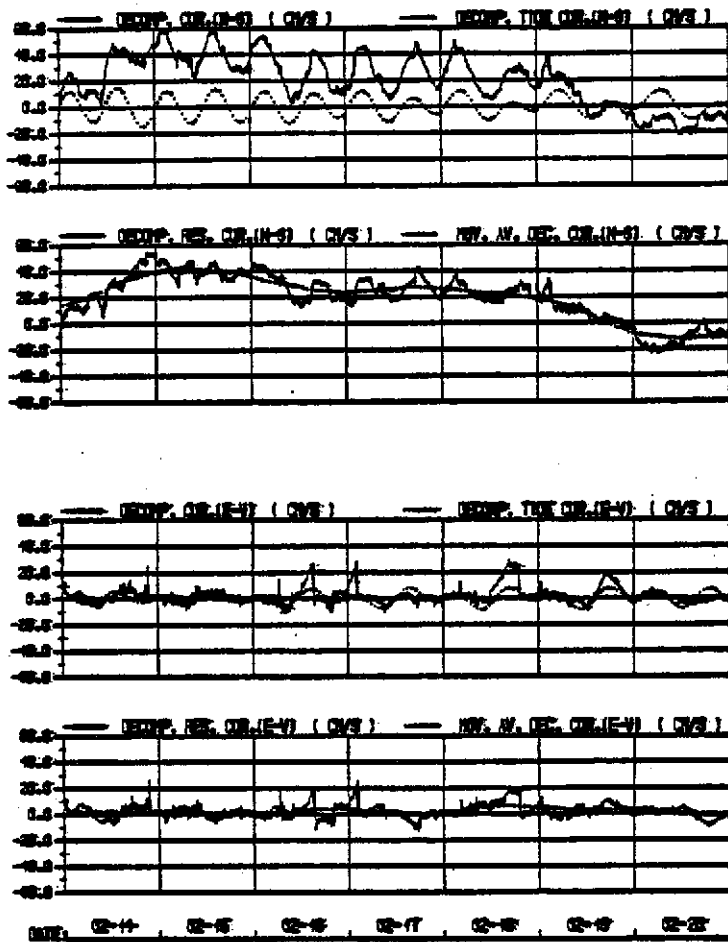
Periode tabellen gir noe statistisk informasjon om dataene.

Prosentvis overskridelsesdiagrammene viser den prosentvise fordelingen av strømfarten.

TIDS-SERIER



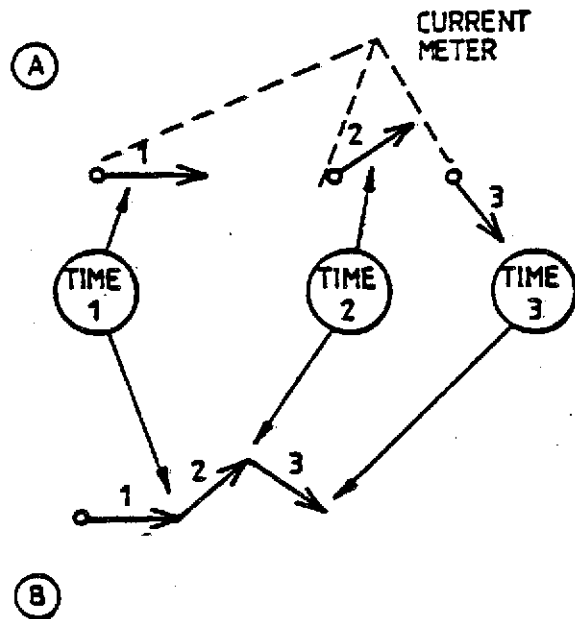
De målte tidsseriene presenteres grafisk. Hver figur inneholder data fra en kalenderuke. Dataene fra hver enkelt sensor tegnes ut separat.



Den målte tids-serien er også dekomponert i en retning normalt på den planlagte brutraséen. Den tilsvarende dekomponerte tids-serien funnet ved harmonisk analyse er prikket på figuren. Den dekomponerte reststrømmen, definert som differensen mellom totalstrøm og tidevannsstrøm, er også presentert. Tjuefemtimers glidende middel av den dekomponerte strømmen er framstilt som den prikkede linja på samme figur som den dekomponerte reststrømmen.

For beregning av ekstreme hastigheter er det nødvendig å skille mellom regelmessige (tidevanns-) strømmer og tilfeldige (meteorologiske drevne) strømmer.

PROGRESSIVT VEKTOR DIAGRAM



Den midlere strøm-
hastigheten for en
bestemt periode
kan tegnes som en
vektor.

På figuren del A
ser en tre strøm-
vektorer som re-
presenterer strøm-
hastigheten for tre
ulike perioder. Ved
å plassere begynn-
elsen av hver vektor
ved enden av den
foregående slik som
vist i figurens del
'B', framkommer et
progressivt vektor
diagram.

Hvis et slikt diagram tegnes på grunnlag av hastigheten til en indivi-
duell vannpartikkel som beveger seg, vil diagrammet vise den virkelige
partikkelbanen til partikkelen. Hastigheten måles imidlertid i et fast
punkt i rommet og det progressive vektordiagrammet vil derfor gi hast-
ighetsendringene i dette punktet og ikke en partikkels individuelle
forflytning.

HARMONISK ANALYSE

For å analysere tidevannsstrømmen er det benyttet harmonisk analyse av dataene. Ved harmonisk analyse er det forsøkt å tilpasse et visst antall harmoniske svingninger med kjente perioder, tidevannskomponenter, til observerte svingninger i strømmen. På denne måten kan amplituden og fasen beregnes. I den analysen som er blitt utført her er 11 tidevannskomponenter beregnet. I tabell 3.1 er det gitt en presentasjon av disse 11 komponentene. I tabell 3.2 er det gitt en forklaring til tabellen "Harmonisk analyse av tidevann" i Appendiks 1.

Tabell 3.1. Tidevannskomponenter benyttet i den harmoniske analyse.

Nr	Beskrivelse og funksjon	Symbol	Periode (hour)	Gruppe
1	Månens månedlige komponent	M_m	661.31	Lang periodisk
2	Månens 14 dagers komponent	M_f	327.86	
3		O_1		
4	Daglig svingning forårsaket av månens deklinasjon	O_1	25.84	Daglig
5	Daglig svingning forårsaket av både sola og månens deklinasjon	K_1	23.93	
6	Elliptisk tidevann av 1. orden mhp K_1	J_1	23.10	
7	Store variasjoner i M_2	μ_2	12.87	
8	Stort elliptisk tidevann av 1. orden mhp M_2	N_2	12.66	
9	Dominerende halvdaglig månekomponent	M_2	12.42	Halv- daglig
10	Lite elliptisk tidevann av 1. orden mhp M_2	L_2	12.19	
11	Halvdaglig solkomponent	S_2	12.00	

Table 3.2. Forklaring til tabellen "Harmonisk analyse av tidevann" i Appendiksen.

Symbol	= Betegnelse på komponenten
Frekvens	= Rotasjonshastighet (grader/time)
Periode	= Komponentens periode (time)
Amplitude	= Amplituden på komponenten (cm/s)
Fase	= Relativ fase på komponenten ($^{\circ}$)
G	= Fase relativt til likevektstidevannet ved Greenwich. Kommentarer: For M2 er fasen G relativ til månens kulminasjon, for S2 er G relativ til solas kulminasjon. Verdiene på G er ikke korrigert for nodale variasjoner.
Middelverdi	= Aritmetrisk middelverdi av dataene.
Standard avvik	$= \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{I=1}^N R_I^2(T)}$ <p>$R_I(T)$: Differansen mellom målte strømdata og beregnet tidevannsstrøm. Kommentar: Standardavviket er et mål for meteorologiske effekter og komponenter som ikke er inkludert i analysen.</p>

STRØMHASTIGHET OG RETNINGSFORDELING PÅ MÅLT STRØM, BEREGNET RESTSTRØM OG TIDEVANNSSTRØM

Strømhastigheten og retningsfordelingen på den målte strømmen, reststrømmen og tidevannsstrømmen er beregnet. Reststrømmen er definert her som totalstrøm minus tidevannsstrøm.

I figurene 1.3-1.6 er strømhastigheten inndelt i intervaller på 2 cm/s mens retningen er gitt innenfor 30° sektorer sentrert om 0° , 30° , ..., 330° .

4. MÅLENØYAKTIGHET

Strømmålerne har vært kalibrert av Aanderaa Instruments i Bergen. I henhold til fabrikantens spesifikasjoner er nøyaktigheten på de ulike sensorene gitt i tabell 4.1.

Tabell 4.1. Spesifikasjoner for en Aanderaa RCM-4 strømmåler gitt av fabrikanten.

Parameter	Terskelverdi	Måleområde	Nøyaktighet	Oppløsning
Fart (cm/s)	2.0	2.5-250.0	± 1 eller $\pm 2\%$	Variabel
Retning ($^{\circ}$)		0-360	$\pm 7.5^{\circ}$ for $v \leq 2.5, 5$ og $v \leq 100, -200$ cm/s $\pm 5^{\circ}$ for $v \leq 5, 100$ cm/s	0.35
Temperatur ($^{\circ}$ C)		-2.46-21.48 10.08-36.04 -0.34-32.17	± 0.15	0.1% av måleområdet
Konduktivitet (mmho cm)		0-70, 22, 64		0.1%
Trykk (psi)		0-100, 0-200 0-500, 0-1000	$\pm 1\%$ av måleområdet	0.1% av måleområdet
Tid (s)		Måleinter- vall: 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 30, 60 og 180 minutter	Bedre enn ± 2 sekunder pr dag	

5. STRØMFORHOLD I RAMSUND

Til å bestemme strømforholdene i Ramsund nær den planlagte brutraséen, ble det som nevnt i kap 3 utført målinger med Aanderaa strømmåler og med drivende markører; strømkors. Som nevnt i kap 3 angir Aanderaa-måleren også temperatur, saltholdighet og trykk. Resultatene av strøm-, temperatur-, saltholdighets- og trykkmålingene er vist i figur 1.1-1.22 i Appendiks 1.

5.1. Målt strømhastighet

Figur 1.7-1.12 i Appendiks 1 viser uttegning av tidsserien for målt strømfart og retning på St 2 i måleperioden. Måleren sto 2 m over bunnen eller i ca 2 m dyp ved middelvannstand.

Det følger av figurene at strømretningen stort sett er mot nordvest og sydøst, henholdsvis ved stigende og fallende sjø. Selve strømsnuingen foregår svært raskt sannsynligvis i løpet av noen få minutter. Dette er karakteristisk for strømforhold i trange sund hvor sterkt tidevann dominerer strømforholdene i sundet.

Det følger videre av figurene 1.7-1.12 i Appendiks 1 at perioden strømmen går mot nordvest, dvs ved stigende sjø, som oftest var noe lenger enn den perioden strømmen går mot sydøst; se spesielt figur 1.8 og 1.9 hvor trykkobservasjonene også viser tidevannshøyden i sundet.

Maksimalt målt sydvestgående strøm inntraff som oftest ca 2-3 timer før lavvann, eller 3-4 timer før strømsnuing fra SØ til NV, i Spannbogstraumen, mens maksimalt målt nordvestrettet strøm inntraff ca 2 timer før høyvann eller ca 4-5 timer før strømsnuing fra NV til SØ. Dette er i forholdsvis god overensstemmelse med Norske Los nr IV, se figur 5.1.1 og figur 5.1.2.

I figur 1.1 og 1.3 i Appendiks 1 er det angitt en del statistisk informasjon om de målte strømobservasjonene fra perioden 1983-05-31--06-26. Årsaken til at den siste delen av måleperioden, 1983-06-27--07-07, er kuttet ut er at roret på strømmåleren sannsynligvis har låst seg. Statistikk for retningsfordeling av strømhastighet ville derfor ha blitt uriktig om siste del av måleserien var tatt med.

Det følger av figur 1.1 og 1.3 at maksimal strømfart i perioden ble målt til 121 cm/s mot 124⁰ dvs mot SØ. Ifølge Norske los går strømmen sterkest i sundet mot nordvest. Det følger imidlertid av figur 5.1.2 at vannstanden når strømmen går maksimalt SØ-over kan være opp til 1 m lavere enn når strømmen går maksimalt nordover. Dette betyr at dybden

fra overflaten ned til måleren blir tilsvarende mindre på SØ-gående strøm i forhold til NV-rettet strøm. I trange, grunne sund hvor strømmen er tidevannsdrevet og vannmassene relativt homogene mht tetthet vil strømhastigheten som oftest avta fra overflaten og nedover på grunn av bunnfriksjon. Strømkorsmålinger utført i 1 m dyp viste også at strømhastigheten i dette dypet var større enn i måledypet for Aanderaa strømmåleren.

En annen mulig årsak til at det ble målt høyest hastighet mot SØ kan ha vært at den lokale topografien i det området der måleren sto kan ha skjermet måleren noe for nordgående strøm.

Strømkorsmålingene viste at strømhastigheten økte inn mot dyprenna i Spannbogstraumen. Strømmen i sundet er sterkt styrt av topografien i området. Ryggene på hver side av dyprenna presser vannmassene inn mot dyprenna. På Ramsund-sida av sundet er det imidlertid innenfor hovedrenna et relativt dypt område. Strømkorsmålingene 1983-07-07 kl 14.00 på sydgående viste at strømhastigheten over dette området var ca 75% av hastigheten i dyprenna, midlet over drivbanen vist i figur 5.1.3. Spesielt over dette området vil det derfor være lite gunstig å legge en vegfylling.

Figur 5.1.3 viser at det den 7 juli ble utført i alt seks strømkorsforsøk, 3 på sydgående strøm og 3 på nordgående strøm. Det ble sluppet opp til fem kors på tvers av sundet. Korsenes drivbaner gjennom Spannbogstraumen er tegnet inn. Knekker på drivbanene angir at korsene har grunnstøtt og blitt flyttet til dypere vann. Undervannsseilene på strømkorsene hang i ca 1 m dyp. Lengden på drivbanene angir ikke hastigheten på korsene, bare drivbanen fra de ble satt ut til de ble tatt opp. Strømkorsmålingene synes å vise at mesteparten av vanntransporten gjennom sundet i 1 m dyp foregikk i dyprenna og på Ramsundsida av sundet. Dette var tilfelle både på stigende og fallende sjø. Grundtområdet på sydvestsida av dyprenna hindrer sannsynligvis mesteparten av vannmassene å passere på Tjeldsundsida.

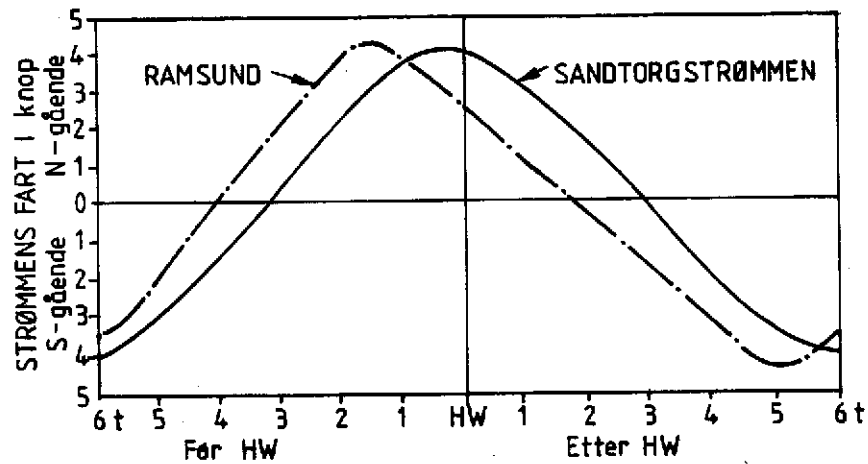


Fig. 5.1.1. Nordgående og sydgående strøm i Sandtorgstrømmen og Ramsund relatert til høyvann i Sandtorg.

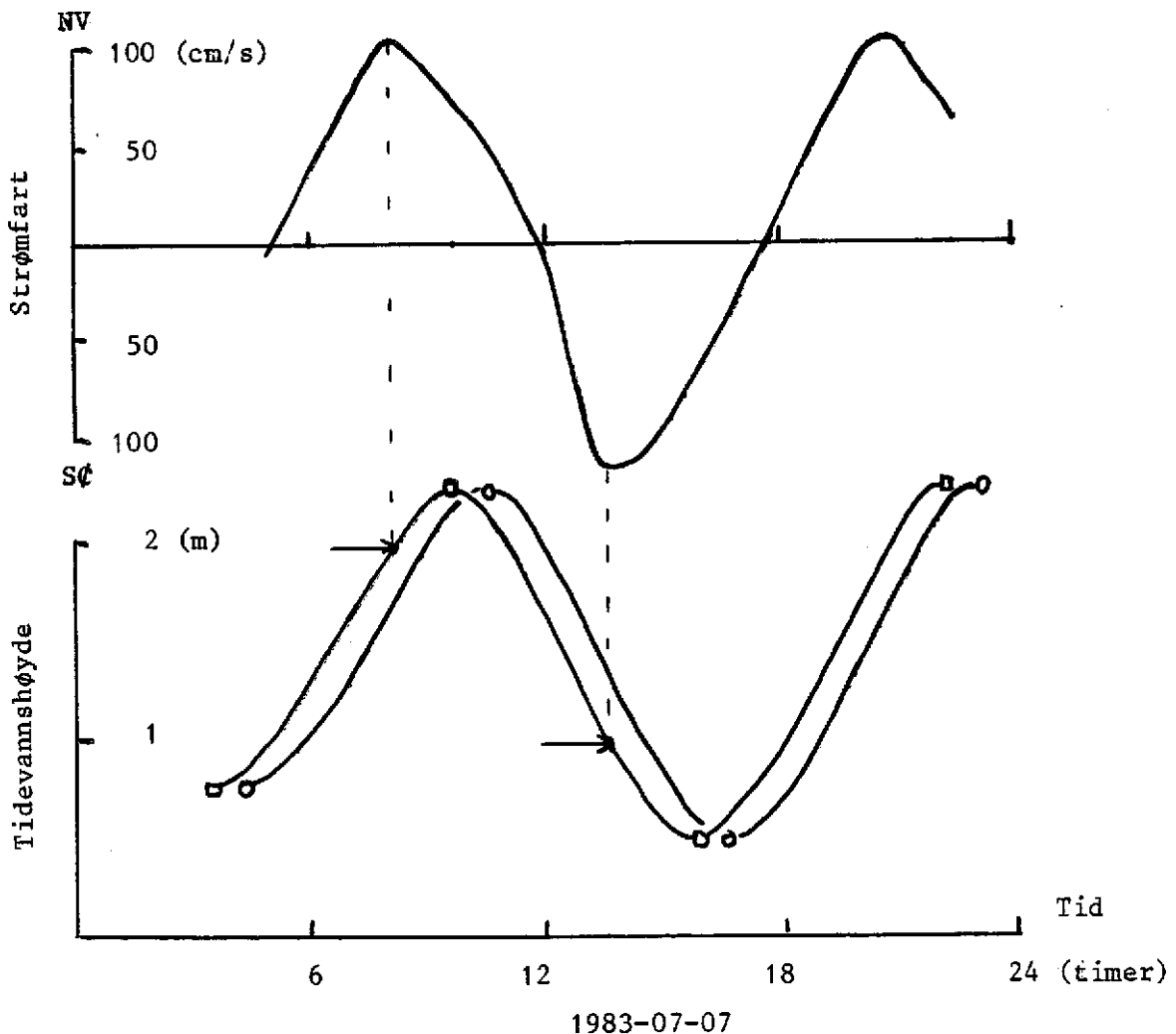


Fig. 5.1.2. Skisse av tidsserien for NV-SØ strømkomponenten i Spannbogstraumen 1983-07-07, korrelert til tidevanns- amplituden i Tromsø og ved Sandtorg. Tidevannshøyden ved maks nordgående og sydgående strøm er merket av på figuren.

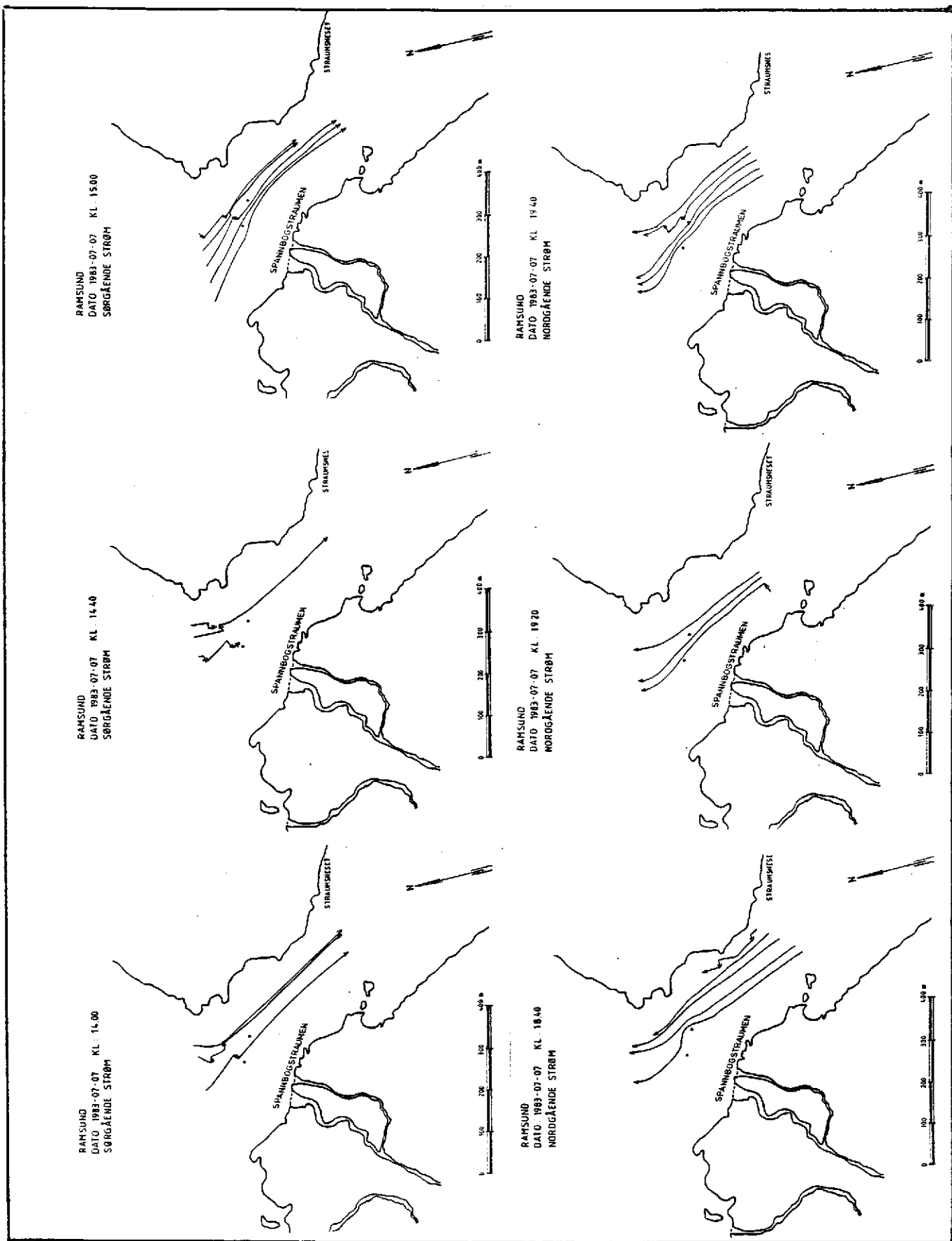


Fig. 5.1.3. Resultater av strømkorsmåling utført i Spannbogstraumen 7 juni 1983 på fallende og stigende sjø.

5.2. Tidevannsstrøm

For å analysere tidevannsstrømmen ble det som nevnt i kap 3.3 anvendt harmonisk analyse på dataene. Resultatene av den harmoniske analysen er presentert i figur 1.5 og 1.6. Tidsserien for den dekomponerte tidevannsstrømmen er vist i figur 1.13 - 1.16. Tidevannsstrømmen er dekomponert normalt på og langs den planlagte brutrasséen tvers over Spannbogstraumen. N-S tilsvarer komponentene normalt på brutrasséen (331° - 151°) mens E-W tilsvarer komponentene langs brutrasséen (61° - 241°).

Det følger av figur 1.3, 1.5 og 1.13-1.16 at den beregnede tidevannsstrømmen stort sett utgjør nesten hele den totalt målte strømhastigheten. Av figur 1.3 og 1.5 ser en at den maksimalt beregnede sydgående tidevannsstrømmen var like stor som den totalt observerte sydgående strømmen. Den maksimalt beregnede nordgående tidevannsstrømmen var noe lavere enn den tilsvarende totale strømhastigheten. Figurene viser at de rådende meteorologiske forhold har hatt liten innvirkning på de maksimalt målte strømhastighetene i perioden. I kap 5.5 er vindobservasjonene fra Evenskjer presentert. Disse observasjonene viser at vindhastighetene i perioden var temmelig små med maksimalt målt 10-minutters vind på 9.8 m/s dvs frisk bris. Mer ekstreme værforhold vil sannsynligvis kunne forårsake tildels mye større bidrag til den observerte strømmen i sundet.

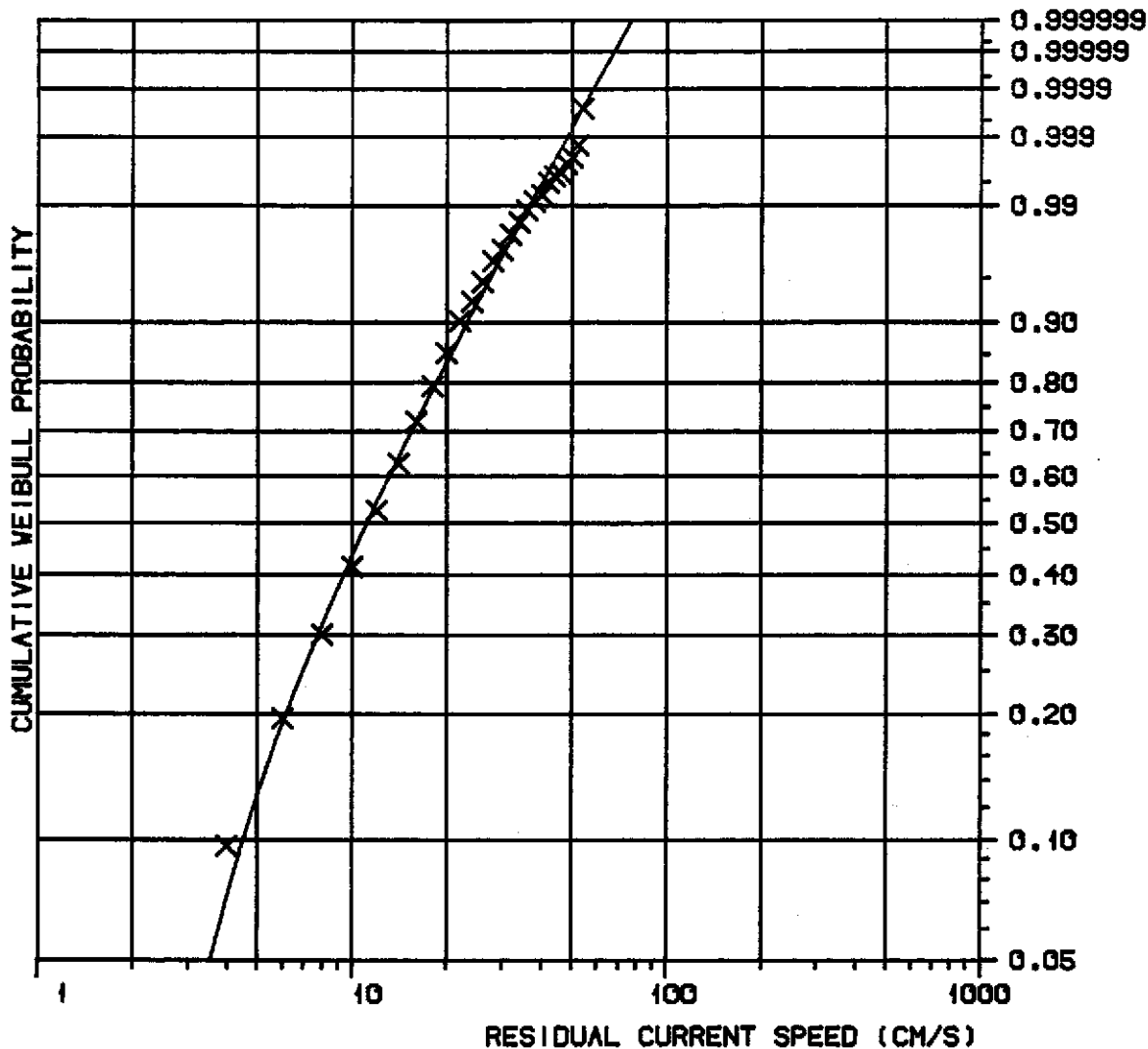
5.3. Reststrøm

Som nevnt i kap 3.3 er reststrømmen definert som differensen mellom den totalt målte strømmen og den beregnede tidevannsstrømmen. Retningsfordelingen av beregnet reststrøm er gitt i figur 1.4 i Appendiks 1. Tidsserien for beregnet dekomponert reststrøm er vist i figur 1.13-1.16. Det følger av disse figurene at reststrømmen relativt sjelden var større enn 32 cm/s. Reststrømmen var kraftigst mot nord. Det ser en også av det progressive vektordiagrammet i figur 1.2 som antyder en netto transport i perioden mot nord-nordøst.

Den beregnede reststrømfarten for perioden er benyttet til å bestemme ekstreme reststrømmer. Ved å benytte en kumulativ Weibull sannsynlighetsfordeling, er ekstreme reststrømmer som forekommer en gang hvert år, hvert 2. år, hvert 5. år og hvert 10. år beregnet. Resultatene av den statistiske analysen er vist i figur 5.3.1. Det bør imidlertid sterkt understrekes at en dataserie på bare en måneds varighet er alt for kort til å anslå både 5 og 10-års ekstreme hendelser. I tillegg viste de meteorologiske observasjonene at det hadde vært svært små vindhastigheter i perioden. Det er derfor sannsynlig at de ekstreme hastighetene er angitt for små også om en bare ser på tilsvarende årstider hvert år.

RAMSUND - ST. 2

PERIOD: 1983-05-31--06-26



 Estimated Weibull distribution
 Data groups (Number of data = 3623)

WEIBULL PARAMETERS:	
Shape	1.417
Scale	11.700
Location	2.094

RETURN PERIOD	VALUE
- years -	- cm/s -
1.0	65.1
2.0	68.0
5.0	71.6
10.0	74.3
Assumed duration of event:	
10 mln.	

Figur 5.3.1 Beregnet 1,2,5 og 10 års ekstrem reststrøm 2m over bunnen på stasjon 2 i Ramsund.

5.4. Dimensjonerende strømhastigheter i brutraséen

Strømhastigheten i Ramsund ble målt 2 m over bunnen. For å få et tilnærmet bilde av hvordan hastigheten varierer med dypet er det anvendt en halvempirisk likning gitt av Karman-Prandtl. Likningen viser at den midlere strømhastigheten avtar logaritmisk mot bunnen. En sammenlikning av strømkorsmålinger i 1 m dyp med de registrerte målingene i 2-3 m dyp, tyder på at et vertikal profil av denne typen er rimelig. Ved å gjøre noen mindre antagelser kan likningen skrives:

$$\frac{U}{U_*} = 5.75 \cdot \log_{10} \frac{z}{k_o} \quad (5.4.1)$$

hvor k_o = ruhetsparameteren

z = avstand fra bunnen

U_* = gjennomsnittlig skjærhastighet = $\sqrt{\tau/\rho}$

τ_v = skjærspenningen over bunnen

ρ = vannets tetthet

U = gjennomsnittlig hastighet i dypet z

For ujevn bunn er det vanlig å regne at ruhetsparameteren k_o er gitt som

$$k_o \approx 2.5 D_{50} \quad (5.4.2)$$

hvor D_{50} er midlere diameter på bunnmaterialene. Det er antatt at det på grunn av de sterke strømmene i Spannbogstraumen er dannet et dekklag på bunnen med relativt stor kornstørrelse. Det er valgt å benytte to ulike korndiametre på henholdsvis 1 cm og 5 cm. Dette gir ruhetsparametre på henholdsvis:

$$k_{o1} = 2.5 \text{ cm}$$

$$k_{o2} = 12.5 \text{ cm}$$

Maksimalt målt strømhastighet 2 m over bunnen var 121 cm/s. Dersom en setter inn denne verdien for U samt de to ulike verdiene for k_o i likning 5.4.1 får en to verdier for U_* henholdsvis:

$$U_{*1} \approx 11 \text{ cm/s}$$

$$U_{*2} \approx 17 \text{ cm/s}$$

Figur 5.4.1 viser vertikale strømprofiler for maksimalt målt strømhastighet i perioden og for dimensjonerende strømhastighet. Den dimensjonerende strømhastigheten er valgt å definere som summen av beregnet 10 års reststrøm, se figur 5.3.1, og maksimalt beregnet tidevannsstrøm for perioden. Den dimensjonerende hastigheten i 2 m dyp blir dermed

$$V_d (2m) = 74 \text{ cm/s} + 114 \text{ cm/s} = 188 \text{ cm/s}$$

De tilsvarende gjennomsnittlige skjærhastighetene for bunnmateriale med 1 og 5 cm's diameter blir:

$$U_{*1} (188) = 17.2 \text{ cm/s}$$

$$U_{*2} (188) = 27.2 \text{ cm/s}$$

Disse to verdiene på U_* gir innsatt i likning 5.4.1 to dimensjonerende strømprofiler i sundet, se figur 5.4.1. Det følger av denne figuren at den dimensjonerende hastigheten 4 m over bunnen eller i overflaten ved middelvannstand blir ca 236 cm/s når ruhetsparameteren er $k_{o2} = 12.5 \text{ cm}$.

For perioder med ekstreme tidevannsamplituder vil den maksimale tidevannsstrømmen øke. Den 11 juni ble det i sundet registrert maksimal trykkvasiasjon i måleperioden som tilsvarte vannstandsendringer Δh_R på ca 1.5 m, og maksimal tidevannsstrøm $V_{Rt1} = 114 \text{ cm/s}$ 2 m over bunnen, se figur 1.8 i Appendiks. Denne datoen var beregnet tidevannsamplitude i Narvik ifølge "Tidevannstabeller for den Norske Kyst 1983", $\Delta h_{N1} = 258 \text{ m}$. Den maksimale beregnede tidevannsamplituden i Narvik i hele 1983 inntraff 28 februar og var på $\Delta h_{Nmaks} = 346 \text{ cm}$. Dersom en antar at

størrelsen på tidevannsstrømmen i Ramsund er direkte proporsjonal med tidevannsamplituden i Narvik, kan er sette opp følgende uttrykk for maksimal tidevannsstrøm 2 m over bunnen i Ramsund V_{RtM} :

$$\frac{\Delta h_{N1}}{\Delta h_{Nmaks}} = \frac{V_{Rt1}}{V_{RtM}} \quad (5.4.3)$$

$$V_{RtM} \approx \frac{346 \text{ cm}}{258 \text{ cm}} \cdot 114 \text{ cm/s} \approx 154 \text{ cm/s}$$

Dersom en summerer denne hastigheten med 10 års reststrøm får en dimensjonerende hastighet 2 m over bunnen på

$$V_d(2 \text{ m}) = 229 \text{ cm/s}$$

De tilsvarende to skjærspenningshastighetene for bunnmaterialene med $D_{50} = 1$ og 5 cm blir henholdsvis:

$$U_{*1}(229) = 20.9 \text{ cm/s}$$

$$U_{*2}(229) = 33.1 \text{ cm/s}$$

Det tilsvarende dimensjonerende hastighetsprofilen er gitt i figur 5.4.1. Det følger av figuren at dimensjonerende hastighet 4 m over bunnen eller i overflaten ved middelvannstand blir ca 290 cm/s:

Vanligvis velges 100 års reststrøm i uttrykket for dimensjonerende strømhastighet. Det er valgt å unngå dette pga det begrensede datamaterialet. Det bør imidlertid understrekes igjen at målingene ble utført midt på sommeren i en periode med svært lave vindhastigheter og dermed også sannsynligvis lave reststrømmer og følgelig lave dimensjonerende hastigheter.

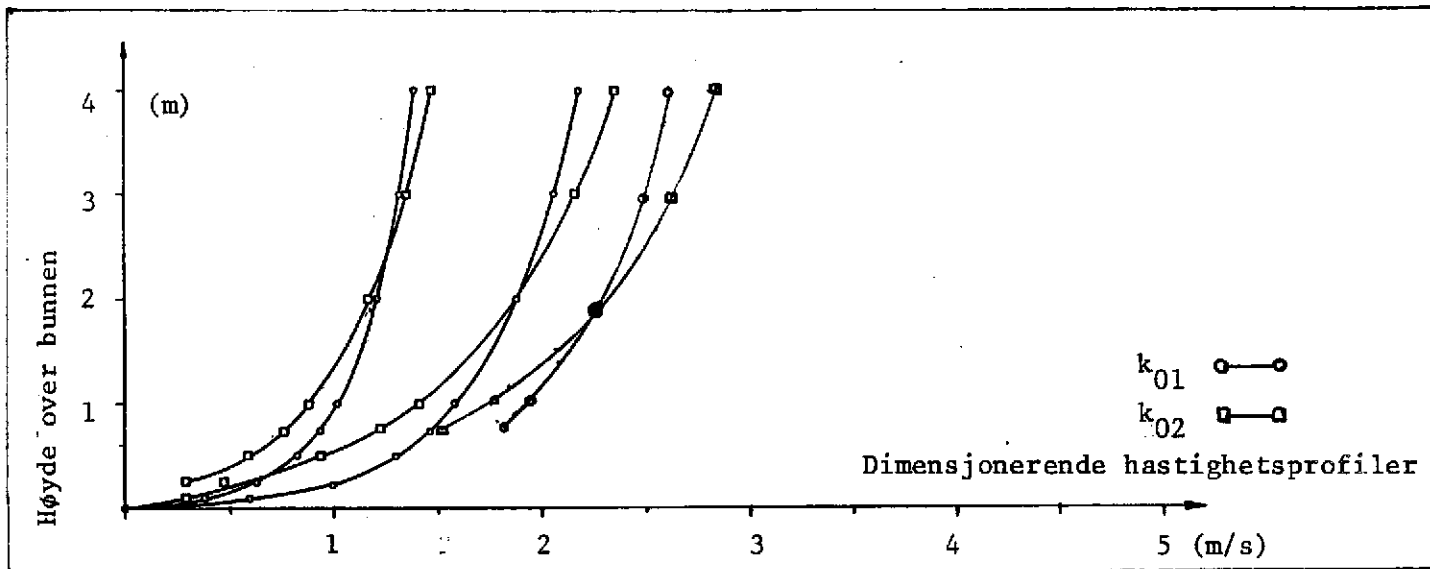


Fig. 5.4.1. Dimensjonerende hastighetsprofiler fra to ulike ruhetsparametre og 3 ulike dimensjonerende hastigheter 2 m over bunnen, henholdsvis: $\bullet-\bullet$ $k_{01} = 2.5$ cm, $\square-\square$ $k_{02} = 12.5$ cm samt $v_d(2\text{ m}) = 121, 188$ og 229 cm/s.

5.5. Vindobservasjoner

Den beregnede reststrømmen vil som nevnt i kap 5.3 bla være avhengig av meteorologiske forhold. Spesielt vil vindforholdene i området forårsake vinddrevne strømmer i de øvre vannlag. Vinden vil også kunne stue opp vannmasser. I fjorder og sund vil slike oppstuinger kunne medføre tildels kraftige trykkdrevne strømmer. For å undersøke om den beregnede reststrømmen i løpet av måleperioden hadde vært påvirket av spesielt kraftige vinder, ble det innhentet utskrift av vindobservasjoner fra Evenskjer som ligger i Tjeldsundet nord for Ramsund, se figur 1.1.

I tabell 5.5.1 er det angitt døgnmiddel-verdier for observert vindhastighet i Evenskjer for perioden 1983-05-26--07-07. Døgnmiddelet er beregnet som middelveidien av tre 10-minutters observasjoner, dvs kl 07, 13 og 19 norsk normaltid. Maksimal observert 10 minutter middelvind hvert døgn er også presentert.

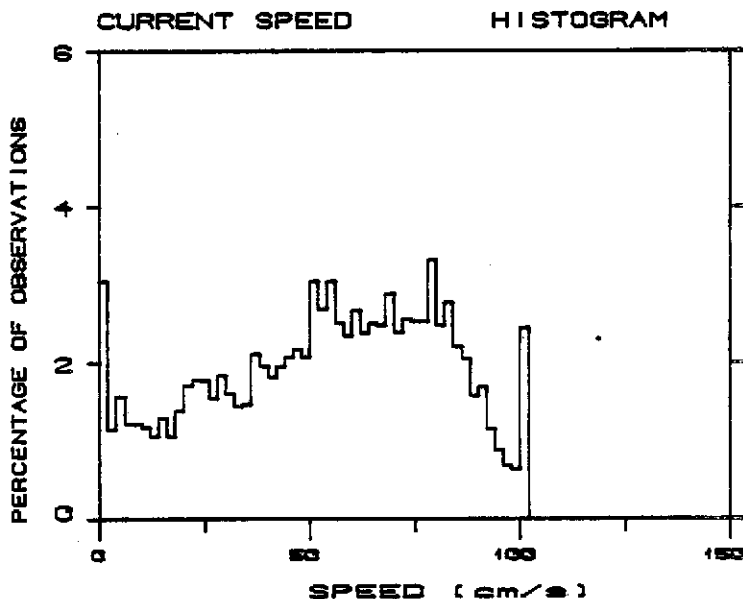
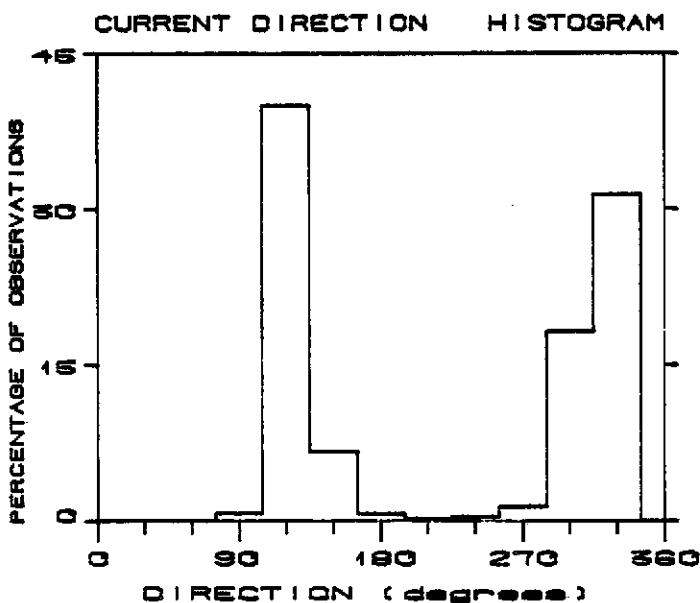
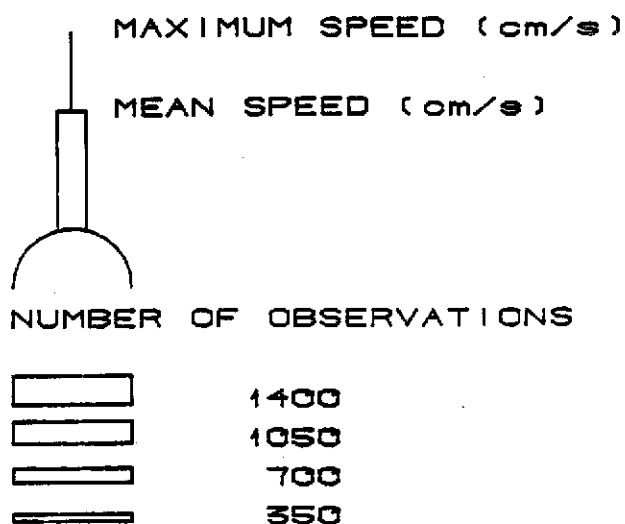
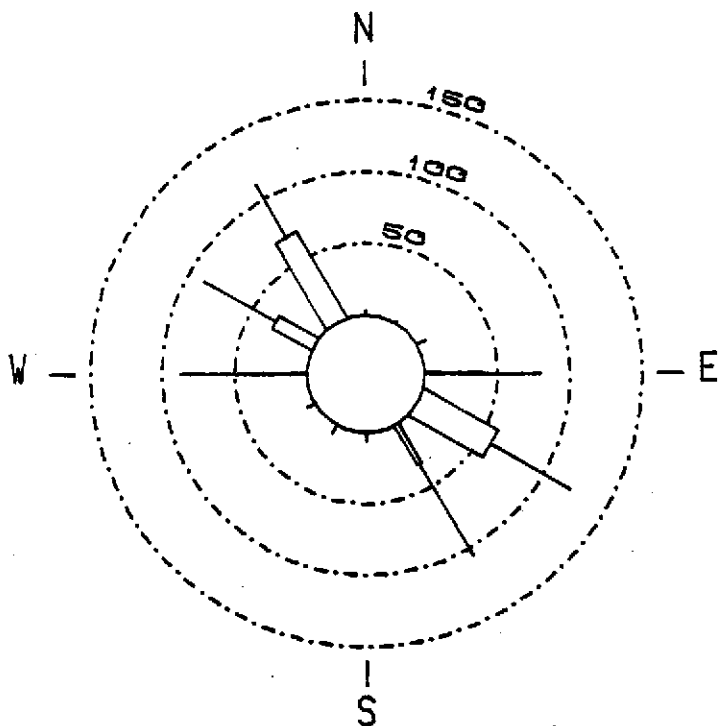
Det følger av tabell 5.5.1 at de observerte vindhastighetene i perioden var relativt små. Høyest verdi på døgnmidlet vind var 6.0 m/s, mens maksimal målt 10-minutters vind var 9.8 m/s. Som kjent tilsvarer en vindfart på 10 m/s frisk bris. Det er derfor lite sannsynlig at vindforholdene i perioden har forårsaket ekstreme reststrømmer. Middelveidene av døgnmidlet vind for hele perioden var 2.8 m/s.

Tabell 5.5.1. Døgnmiddelvind og maksimalt målt 10-minutters middel-
vind i Evenskjer for perioden 1983-05-26--07-07.

Dato	Døgnmiddelvind (FM) m/s	Maksimalt observert 10-minutters vind (FX) m/s
1983-05		
26	1.7	3.6
27	2.6	3.6
28	2.6	3.6
29	2.6	3.6
30	1.7	2.6
31	2.6	3.5
1983-06		
1	2.6	3.6
2	3.3	6.7
3	4.6	6.7
4	3.3	6.7
5	5.3	7.7
6	1.7	4.6
7	4.6	4.6
8	3.1	4.6
9	2.6	2.6
10	4.6	4.6
11	4.6	9.8
12	4.6	4.6
13	5.3	7.7
14	3.9	4.6
15	2.6	4.6
16	3.3	4.6
17	2.6	3.6
18	4.6	7.7
19	4.6	6.7
20	4.6	7.7
21	3.9	4.6
22	3.3	4.6
23	1.7	4.6
24	2.6	3.6
25	3.9	4.6
26	1.7	4.6
27	2.6	3.6
28	2.6	3.6
29	2.6	3.6
30	1.7	3.6
1983-07		
1	1.7	3.6
2	1.7	3.6
3	1.7	3.6
4	2.6	3.6
5	6.0	2.7
6	4.6	6.7
7	5.3	7.7

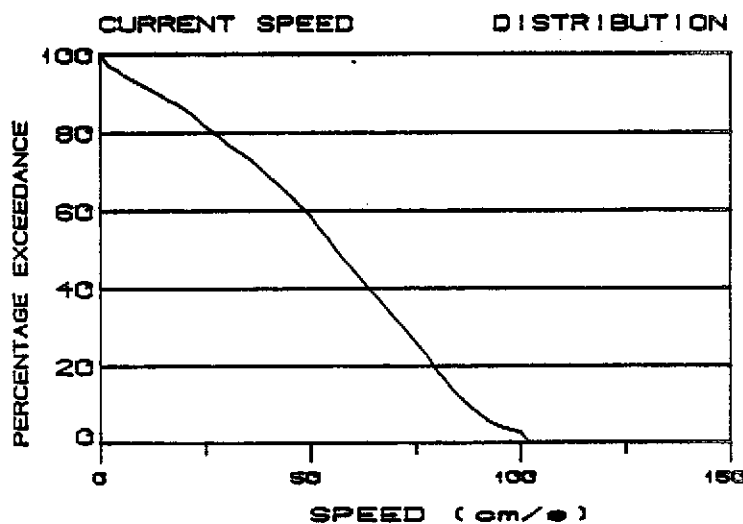
APPENDIKS 1

I Appendiks 1 er vist resultater av strøm-, temperatur-, saltholdighet- og trykk på St 2 i Ramsund for perioden 1983-05-31--07-07. Retningen på den målte strømmen på St 2 for siste del av perioden 1983-06-26--07-07 er ikke korrekt sannsynligvis pga at roret på måleren hadde hengt seg opp. Fra St 1 er vist resultater av temperatur-, saltholdighet- og trykk-målinger fra den samme periode. Forklaring til de enkelte figurene er gitt i kap 3.3 i rapporten.



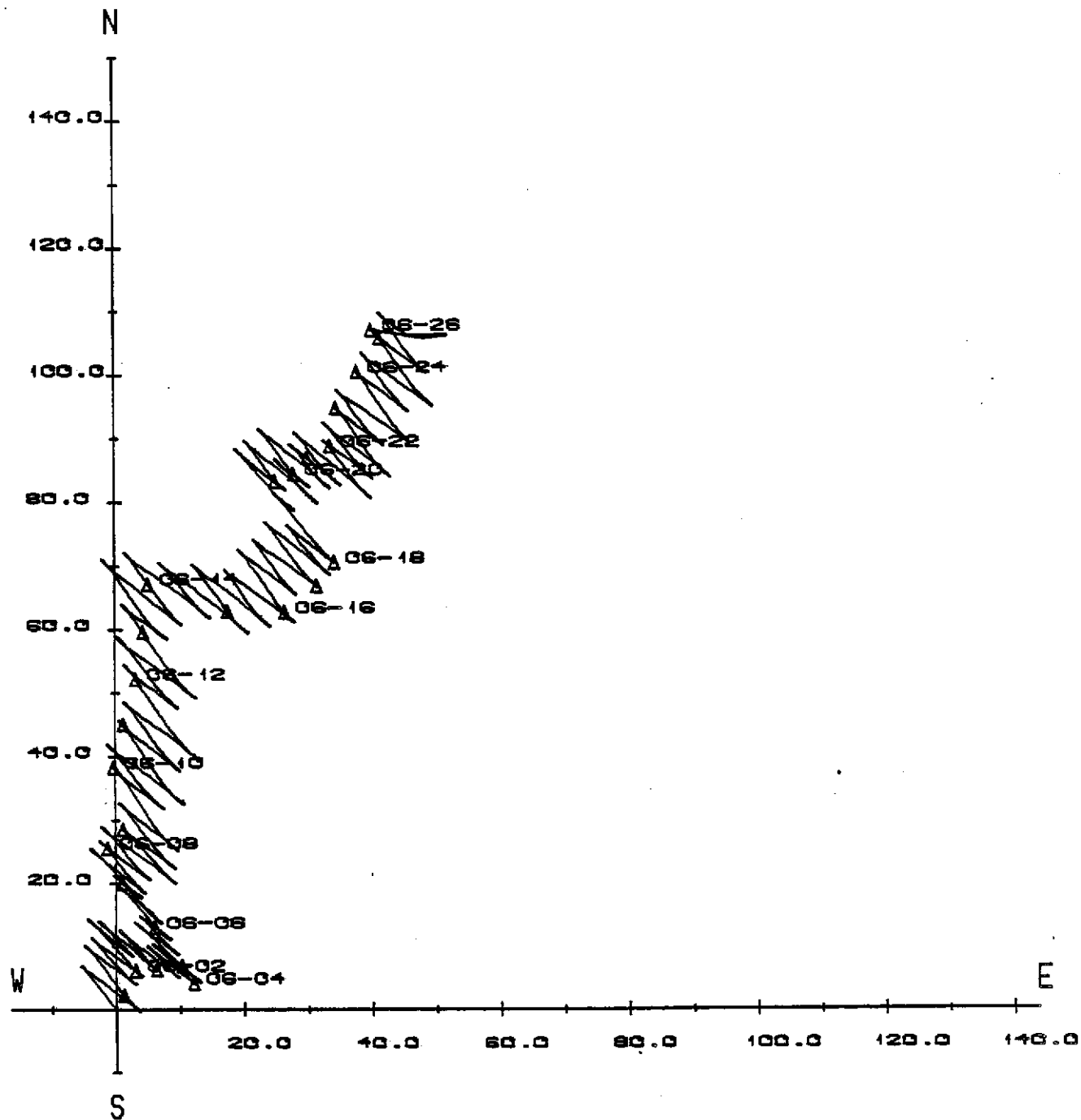
PERIOD TABLE

TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS	5674
SAMPLING PERIOD (S)	600
INSTR. TYPE AANDERAA RCM4	
MAXIMUM VELOCITY	
SPEED : 121 cm/s	DIRECTION : 124°
MEAN VELOCITY	
SPEED : 5.2 cm/s	DIRECTION : 20°
MEAN SPEED : 53.6 cm/s	
MAXIMUM VELOCITY COMPONENTS (cm/s)	
N: 94	E: 100 S: 90 V: 96
CURRENT STABILITY 10 (2)	



PERIOD STATISTICS				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-06-26 GMT	
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 1.	

UNIT : Km



START : 1983-05-31 11:50 hrs

STOP : 1983-06-26 00:00 hrs

CURRENT PROGRESSIVE VECTOR DIAGRAM				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31--06-26 GHT	
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 2.	

PRECISION DISTRIBUTION OF : CURRENT SPEED

THE TABLE CONTAINS DATA FROM :

RAPPELAD POSITION : N 60-35 E 16-25 DEPTH: 2 M PERIOD : 830531 TO 830625 EOR-CODE: 3965

SPEED INTERVAL CM/S	NO OF RECORDS	ACC. RECORDS	ACC. / FRACT. / N/(N+1)P	NO OF RECORDS IN 30 DEGREE SECTORS CENTERED ABOUT :												NORM TO DIRECTIONS 331	/ 61
				0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330		
0 0.0- 2.0	140	110	0.33333 /	1	0	1	1	12	23	12	8	9	9	27	10	219	134
2.0- 4.0	41	151	0.04163 /	1	0	1	3	4	4	6	1	2	3	10	4	150	46
4.0- 6.0	57	268	0.05735 /	0	0	1	0	8	13	5	3	4	4	13	4	193	49
6.0- 8.0	45	253	0.06775 /	0	0	0	0	5	13	1	1	1	2	17	5	246	54
8.0- 10.0	45	250	0.08216 /	0	0	0	1	11	8	0	0	0	2	22	1	339	41
10.0- 12.0	43	341	0.09402 /	0	0	0	0	13	3	0	0	0	3	21	3	435	38
12.0- 14.0	38	379	0.10449 /	0	0	0	0	4	7	0	0	0	1	20	4	367	55
14.0- 16.0	47	426	0.11745 /	0	0	0	0	25	1	0	0	0	1	19	1	337	45
16.0- 18.0	38	464	0.12793 /	0	0	0	0	14	5	0	0	0	0	17	0	229	57
18.0- 20.0	50	514	0.14171 /	0	0	0	0	18	6	0	0	0	0	26	0	177	62
20.0- 22.0	63	577	0.15908 /	0	0	0	0	21	10	0	0	0	0	32	0	136	60
22.0- 24.0	66	643	0.17728 /	0	0	0	0	25	8	0	0	0	0	31	2	116	66
24.0- 26.0	63	766	0.19465 /	0	0	0	0	28	8	0	0	0	0	24	3	90	64
26.0- 28.0	57	763	0.21037 /	0	0	0	0	26	6	0	0	0	0	25	0	106	69
28.0- 30.0	62	831	0.22911 /	0	0	0	0	31	3	0	0	0	0	32	2	78	60
30.0- 32.0	59	890	0.24538 /	0	0	0	0	30	7	0	0	0	0	29	1	65	62
32.0- 34.0	52	942	0.25972 /	0	0	0	0	24	5	0	0	0	0	22	1	61	58
34.0- 36.0	54	996	0.27461 /	0	0	0	0	21	5	0	0	0	0	22	6	60	66
36.0- 38.0	77	1073	0.29584 /	0	0	0	0	30	15	0	0	0	0	24	8	59	74
38.0- 40.0	72	1145	0.31549 /	0	0	0	0	30	8	0	0	0	0	21	13	47	61
40.0- 42.0	66	1211	0.33388 /	0	0	0	0	27	5	0	0	0	0	23	11	25	69
42.0- 44.0	72	1283	0.35374 /	0	0	0	0	25	8	0	0	0	0	25	14	23	64
44.0- 46.0	75	1358	0.37441 /	0	0	0	0	31	3	0	0	0	0	17	24	16	62
46.0- 48.0	80	1438	0.39647 /	0	0	0	0	33	5	0	0	0	0	18	24	9	67
48.0- 50.0	76	1514	0.41742 /	0	0	0	0	24	5	0	0	0	0	25	22	10	103
50.0- 52.0	110	1624	0.44775 /	0	0	0	0	26	7	0	0	0	0	22	39	2	118
52.0- 54.0	91	1722	0.47477 /	0	0	0	0	50	7	0	0	0	0	14	27	4	110
54.0- 56.0	111	1833	0.50538 /	0	0	0	0	55	3	0	0	0	0	18	35	3	87
56.0- 58.0	92	1925	0.53074 /	0	0	0	0	35	12	0	0	0	0	12	33	1	99
58.0- 60.0	83	2008	0.55363 /	0	0	0	0	32	5	0	0	0	0	11	35	0	99
60.0- 62.0	58	2106	0.58065 /	0	0	0	0	41	3	0	0	0	0	11	43	0	84
62.0- 64.0	86	2192	0.60436 /	0	0	0	0	43	3	0	0	0	0	4	36	1	89
64.0- 66.0	91	2283	0.62945 /	0	0	0	0	40	3	0	0	0	0	4	44	0	100
66.0- 68.0	91	2374	0.65454 /	0	0	0	0	40	2	0	0	0	0	4	45	0	93
68.0- 70.0	106	2480	0.68374 /	0	0	0	0	46	1	0	0	0	0	4	55	1	103
70.0- 72.0	84	2564	0.70692 /	0	0	0	0	46	2	0	0	0	0	1	35	1	99
72.0- 74.0	91	2655	0.73201 /	0	0	0	0	44	3	0	0	0	0	1	43	0	91
74.0- 76.0	53	2748	0.75765 /	0	0	0	0	41	1	0	0	0	0	2	49	0	96
76.0- 78.0	89	2837	0.78219 /	0	0	0	1	37	0	0	0	0	0	1	50	0	85
78.0- 80.0	118	2935	0.81472 /	0	0	0	2	50	1	0	0	0	0	0	65	0	109
80.0- 82.0	90	3045	0.83954 /	0	0	0	0	34	1	0	0	0	0	0	53	0	73
82.0- 84.0	99	3144	0.86683 /	0	0	0	0	41	3	0	0	0	0	1	54	0	76
84.0- 86.0	78	3222	0.88834 /	0	0	0	0	27	2	0	0	0	0	0	49	0	77
86.0- 88.0	72	3254	0.90819 /	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	43	0	56
88.0- 90.0	58	3352	0.92418 /	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	2	41	0	51
90.0- 92.0	62	3414	0.94127 /	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	30	0	32
92.0- 94.0	42	3456	0.95285 /	0	0	0	0	18	1	0	0	0	0	0	23	0	33
94.0- 96.0	32	3488	0.96168 /	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	20	0	35
96.0- 98.0	25	3513	0.96857 /	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	13	0	20
98.0-100.0	23	3536	0.97491 /	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	6	0	13
100.0-102.0	20	3556	0.98042 /	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	7	0	12
102.0-104.0	14	3570	0.98428 /	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	4	0	11
104.0-106.0	20	3590	0.98980 /	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	9	0	7
106.0-108.0	14	3604	0.99366 /	0	0	0	0	10	1	0	0	0	0	0	3	0	5
108.0-110.0	4	3610	0.99531 /	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	0	3
110.0-112.0	4	3614	0.99642 /	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	3
112.0-114.0	2	3616	0.99697 /	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
114.0-116.0	4	3620	0.99807 /	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116.0-118.0	1	3621	0.99835 /	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118.0-120.0	3	3624	0.99917 /	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120.0-122.0	3	3626	0.99972 /	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NO OF RECORDS: 3626 3626 0.99972 / 2 0 2 8 1470 245 24 11 18 25 666 1155 / 3626 3626
 PERCENT OF TOTAL: / 0.1X 0.0X 0.1X 0.2X 0.5X 6.8X 6.7X 0.3X 0.5X 0.7X 18.4X 31.9X /
 PEAK SPEED : 53.5 CM/S / 1.9 0.0 4.4 31.6 58.0 32.2 2.4 2.4 2.8 5.3 37.3 68.9 / 15.4 50.7
 MAXIMUM SPEED : 120.8 CM/S / 2.7 0.0 5.8 79.4 121.1 106.0 6.1 6.6 6.1 15.3 88.4 111.6 / 72.0 112.7

MEAN SPEED : 53.5 CM/S STAND. DEV. : 27.2 CM/S
 PEAK NORTH VELOCITY : 4.9 CM/S STAND. DEV. : 62.0 CM/S
 PEAK EAST VELOCITY : 2.1 CM/S STAND. DEV. : 42.5 CM/S
 ENERGY OF MEAN CURRENT : 14.3 CM2/S2
 ENERGY OF FLUCTUATING CURRENT : 1787.0 CM2/S2

RETNINGSPORDELING AV MÅLT STRØM I RAMSUND ST 2
 NORGES HYDRODYNAMISKE LABORATORIER
 NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES
 603333
 1983
 1.3

 DIRECTION DISTRIBUTION OF : TIDE CURRENT SPEED

THE TABLE CONTAINS DATA FROM :

RAMSUND POSITION : N 68-35 E 16-25 DEPTH: 2 M PERIOD : 830531 TO 830625 EDG-CODE: 3963

SPEED INTERVAL CM/S	NO OF RECORDS	ACC. RECORDS	ACC. / FRACT. / W/(M·S)	NO OF SECONDS IN 30 DEGREE SECTIONS CENTERED ABOUT :													NORM TO DIRECTIONS 331	61
				0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330			
0.0-2.0	40	40	0.01103 /	2	5	4	6	1	2	4	2	3	2	4	5	204	64	
2.0-4.0	63	105	0.02895 /	5	8	5	2	17	9	2	2	2	7	7	7	217	62	
4.0-6.0	44	171	0.04715 /	0	0	0	3	11	12	5	1	1	4	10	18	212	59	
6.0-8.0	38	229	0.06314 /	2	0	0	0	18	8	2	0	0	2	13	13	270	65	
8.0-10.0	44	293	0.08078 /	0	0	0	0	21	11	0	0	0	0	15	17	232	62	
10.0-12.0	63	358	0.09870 /	0	0	0	0	16	18	0	0	0	0	15	16	234	64	
12.0-14.0	56	408	0.11249 /	0	0	0	0	21	6	0	0	0	0	11	12	263	60	
14.0-16.0	72	480	0.13234 /	0	0	0	0	19	12	0	0	0	0	20	21	256	69	
16.0-18.0	53	535	0.14750 /	0	0	0	0	17	16	0	0	0	0	14	8	383	59	
18.0-20.0	65	600	0.16543 /	0	0	0	0	19	9	0	0	0	0	18	19	401	66	
20.0-22.0	64	664	0.18307 /	0	0	0	0	23	8	0	0	0	0	16	15	382	63	
22.0-24.0	52	718	0.19741 /	0	0	0	0	15	13	0	0	0	0	8	16	270	64	
24.0-26.0	74	790	0.21781 /	0	0	0	0	23	10	0	0	0	0	23	18	162	69	
26.0-28.0	57	847	0.23353 /	0	0	0	0	20	11	0	0	0	0	16	10	109	66	
28.0-30.0	66	913	0.25172 /	0	0	0	0	26	11	0	0	0	0	16	13	28	70	
30.0-32.0	73	986	0.27185 /	0	0	0	0	19	9	0	0	0	0	23	22	3	62	
32.0-34.0	55	1041	0.28701 /	0	0	0	0	23	12	0	0	0	0	13	7	0	82	
34.0-36.0	75	1116	0.30769 /	0	0	0	0	23	9	0	0	0	0	24	17	0	65	
36.0-38.0	75	1191	0.32837 /	0	0	0	0	27	10	0	0	0	0	21	17	0	76	
38.0-40.0	68	1239	0.34712 /	0	0	0	0	21	12	0	0	0	0	23	12	0	76	
40.0-42.0	67	1326	0.36559 /	0	0	0	0	26	10	0	0	0	0	20	11	0	81	
42.0-44.0	80	1466	0.38765 /	0	0	0	0	30	10	0	0	0	0	26	14	0	78	
44.0-46.0	69	1475	0.40667 /	0	0	0	0	25	10	0	0	0	0	21	13	0	91	
46.0-48.0	84	1559	0.42983 /	0	0	0	0	26	14	0	0	0	0	31	13	0	76	
48.0-50.0	83	1642	0.45272 /	0	0	0	0	34	9	0	0	0	0	26	14	0	106	
50.0-52.0	104	1746	0.48139 /	0	0	0	0	35	12	0	0	0	0	42	15	0	98	
52.0-54.0	84	1832	0.50510 /	0	0	0	0	40	10	0	0	0	0	25	11	0	109	
54.0-56.0	93	1927	0.53129 /	0	0	0	0	37	11	0	0	0	0	35	12	0	82	
56.0-58.0	94	2021	0.55721 /	0	0	0	0	34	12	0	0	0	0	32	16	0	109	
58.0-60.0	97	2118	0.58393 /	0	0	0	0	37	14	0	0	0	0	28	14	0	110	
60.0-62.0	101	2219	0.61180 /	0	0	0	0	46	13	0	0	0	0	35	7	0	110	
62.0-64.0	119	2338	0.64461 /	0	0	0	0	44	15	0	0	0	0	34	22	0	106	
64.0-66.0	102	2440	0.67273 /	0	0	0	0	34	15	0	0	0	0	44	9	0	110	
66.0-68.0	103	2543	0.70168 /	0	0	0	0	21	23	0	0	0	0	42	19	0	104	
68.0-70.0	104	2649	0.73036 /	0	0	0	0	39	15	0	0	0	0	37	13	0	92	
70.0-72.0	94	2743	0.75627 /	0	0	0	0	27	17	0	0	0	0	40	15	0	89	
72.0-74.0	89	2832	0.78081 /	0	0	0	0	23	15	0	0	0	0	34	17	0	96	
74.0-76.0	92	2924	0.80618 /	0	0	0	0	22	19	0	0	0	0	31	20	0	84	
76.0-78.0	88	3012	0.83044 /	0	0	0	0	22	19	0	0	0	0	30	17	0	71	
78.0-80.0	81	3093	0.85277 /	0	0	0	0	22	20	0	0	0	0	18	21	0	72	
80.0-82.0	63	3156	0.87014 /	0	0	0	0	17	17	0	0	0	0	8	24	0	55	
82.0-84.0	64	3220	0.88779 /	0	0	0	0	20	13	0	0	0	0	14	17	0	51	
84.0-86.0	53	3275	0.90295 /	0	0	0	0	21	8	0	0	0	0	9	17	0	57	
86.0-88.0	30	3325	0.91674 /	0	0	0	0	12	11	0	0	0	0	3	24	0	54	
88.0-90.0	54	3379	0.93162 /	0	0	0	0	20	12	0	0	0	0	5	17	0	58	
90.0-92.0	54	3433	0.94651 /	0	0	0	0	17	12	0	0	0	0	9	16	0	32	
92.0-94.0	49	3482	0.96002 /	0	0	0	0	18	13	0	0	0	0	4	14	0	18	
94.0-96.0	26	3508	0.96719 /	0	0	0	0	7	6	0	0	0	0	8	5	0	12	
96.0-98.0	18	3526	0.97215 /	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	11	0	19	
98.0-100.0	12	3538	0.97546 /	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	7	0	13	
100.0-102.0	17	3555	0.98013 /	0	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	8	0	19	
102.0-104.0	16	3571	0.98456 /	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	9	0	13	
104.0-106.0	15	3586	0.98870 /	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	6	0	14	
106.0-108.0	14	3600	0.99258 /	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	8	0	14	
108.0-110.0	13	3613	0.99689 /	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	7	0	0	
110.0-112.0	11	3626	0.99972 /	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	4	0	0	

DC (I) RECORDS: 3624 3626 0.99972 / 10 5 9 11 1159 636 13 5 6 15 1005 772 / 3626 3626
 PER CENT OF TOTAL: / 0.3X 0.1X 0.2X 0.3X 31.4X 17.5X 0.4X 0.1X 0.2X 0.4X 27.7X 21.3X /
 PEAK SPEED : 51.2 CM/S / 3.3 1.4 2.0 2.6 50.2 35.8 3.7 2.6 2.6 4.0 50.7 34.2 / 14.5 49.1
 MAXIMUM SPEED : 112.0 CM/S / 6.5 2.0 3.7 5.3 103.3 112.0 7.2 4.4 4.8 7.6 95.4 110.8 / 30.1 107.9

MEAN SPEED : 51.2 CM/S STAND. DEV. : 26.7 CM/S
 MEAN DRAIN VELOCITY : 0.0 CM/S STAND. DEV. : 40.7 CM/S
 MEAN TIDE VELOCITY : -0.0 CM/S STAND. DEV. : 41.0 CM/S
 ENERGY OF MEAN CURRENT : 0.0 CM²/S²
 ENERGY OF FLUCTUATING CURRENT : 1668.5 CM²/S²

RETNINGSFØDELING AV TIDEVANNSTRØM RAMSUND ST2
 NORGES HYDRODYNAMISKE LABORATORIER
 NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES
 603333
 1963
 1.5

HARMONIC ANALYSIS OF CURRENTS

PET/HAD/831108.0

LOCATION: RAMSUND
 STATION : 02
 POSITION: 68 DEG 35.0'N, 16 DEG 25.0'E
 DEPTH TO BOTTOM: 4. M

PERIOD: 83-05-31--83-06-25
 DATA COVERAGE: 98.2
 INSTRUMENT TYPE : AANDERAA RCMA
 SENSOR DEPTH: 2. M

DEFINITIONS

PHASE LAGS FOR DECOMPOSED CURRENT: RELATIVE PHASE OF THE CONSTITUENT, ZERO TIME: 83-05-31 AT 00 GMT
 THETA: DIRECTION OF MAJOR HALF AXIS, INCREASING CLOCKWISE. THETA = 0 TOWARDS NORTH.
 BETA : RELATIVE PHASE LAGS, INDICATING THE TIME BETWEEN 83-05-31 AT 00 GMT AND THE TIME OF MAXIMUM CURRENT IN THE EASTERN HALF PLANE.
 G : ABSOLUTE PHASE LAG, MEASURED RELATIVE TO THE EQUILIBRIUM TIDE AT GREENWICH.
 COMMENT: FOR THE CONSTITUENT M2 G IS MEASURED RELATIVE TO THE CULMINATION OF THE MOON.
 FOR THE CONSTITUENT S2 G IS MEASURED RELATIVE TO THE CULMINATION OF THE SUN.
 DIRECTION OF ROTATION: + INDICATES THAT THE CURRENT VECTOR ROTATES IN THE CLOCKWISE DIRECTION.

SYMBOL	TIDAL CONSTITUENTS		DECOMPOSED CURRENT				TIDAL CURRENT ELLIPSE				DIR. OF ROTATION			
	PERIOD HRS:MIN	FREQUENCY DEG/HR	N/S-COMP. AMP- CM/S	PHASE ATTITUDE: LAG DEG.	E/W-COMP. AMP- CM/S	PHASE ATTITUDE: LAG DEG.	AMPLITUDES MAJOR: MINOR CM/S : CM/S	THETA AXIS : AXIS DEG.	BETA DEG. : HRS:MIN	G DEG. : HRS:MIN				
M2	441:15	0.5444	0.8	151.6	2.0	261.5	2.0	0.8	99.6	265.2	487:12	72.9	133:52	+
M4	327:52	1.0980	2.9	310.4	1.5	11.5	3.0	1.2	16.5	317.3	288:58	189.2	172:19	+
M1	26:52	13.3987	1.3	255.5	1.1	78.4	1.7	0.0	139.6	76.7	5:44	15.1	1:08	-
M01	25:49	13.9430	0.5	48.4	1.3	320.1	1.3	0.5	89.3	320.4	22:59	66.4	4:46	-
M1	23:56	15.0411	7.0	28.3	6.3	218.2	9.4	0.8	137.9	212.7	14:09	10.7	0:43	-
M1	21:06	15.5854	1.2	278.8	0.5	156.6	1.2	0.4	165.5	103.9	6:40	69.5	4:27	-
M2	12:52	27.9682	3.5	324.9	5.1	136.9	6.2	0.4	124.7	139.5	4:59	307.5	10:60	+
M2	12:40	28.4397	8.9	183.4	7.6	1.1	11.7	0.2	139.4	2.4	0:05	98.7	3:28	+
M2	12:25	28.9841	55.5	23.3	56.0	202.0	78.9	0.9	134.8	202.6	6:59	106.6	3:41	-
M2	12:12	29.5285	2.5	48.5	2.8	240.7	3.7	0.4	131.8	235.2	7:58	126.9	4:18	-
S2	12:00	30.0000	13.3	310.7	12.8	127.6	12.5	0.5	136.1	129.2	4:18	129.2	4:18	+

* LOCAL MODULATION IS NOT TAKEN INTO ACCOUNT

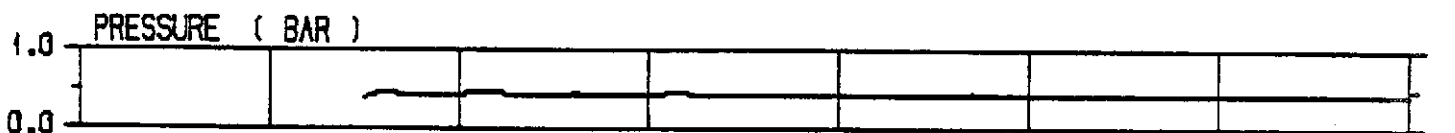
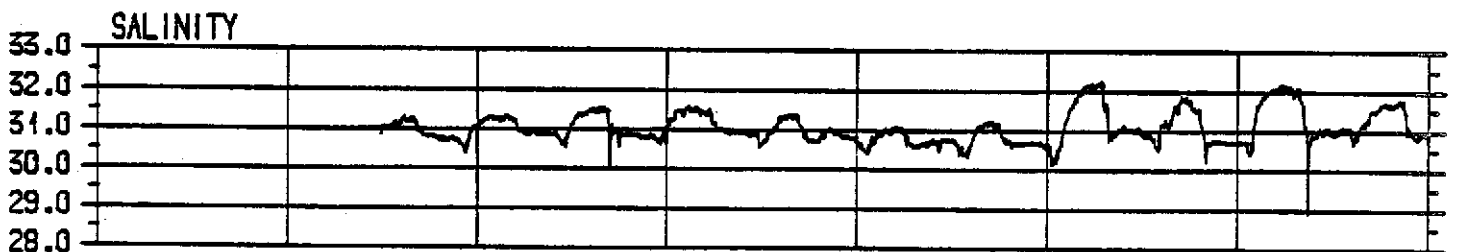
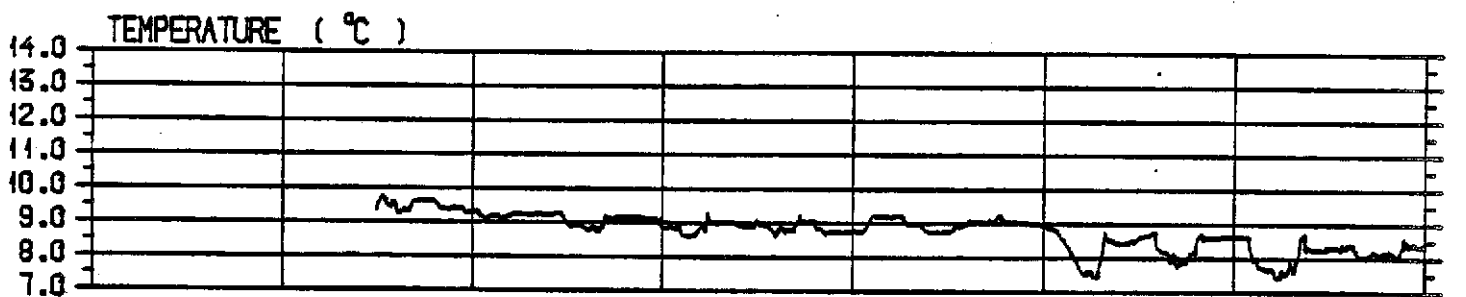
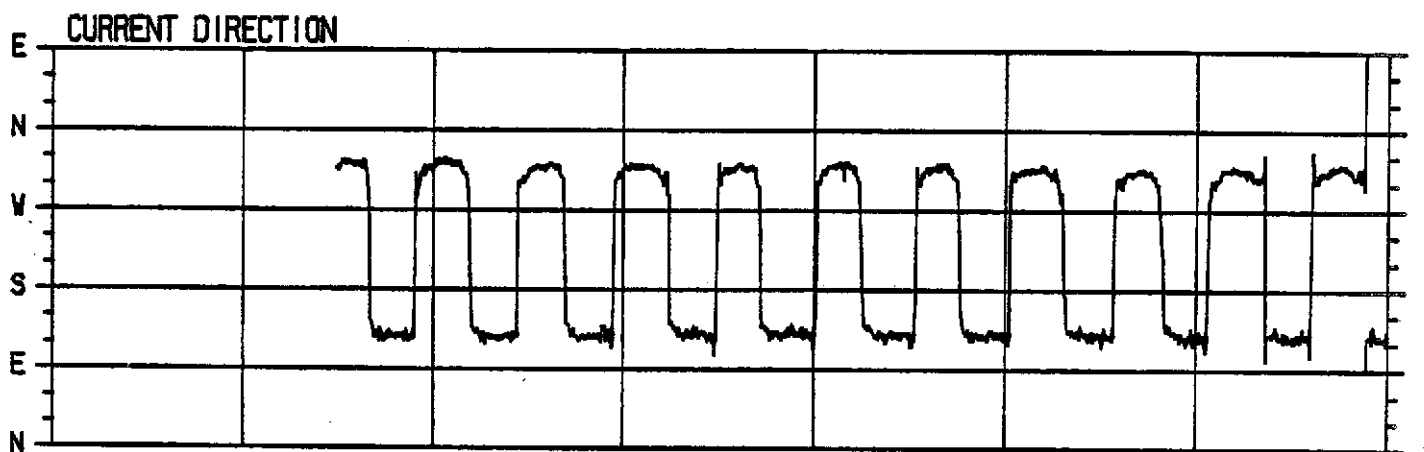
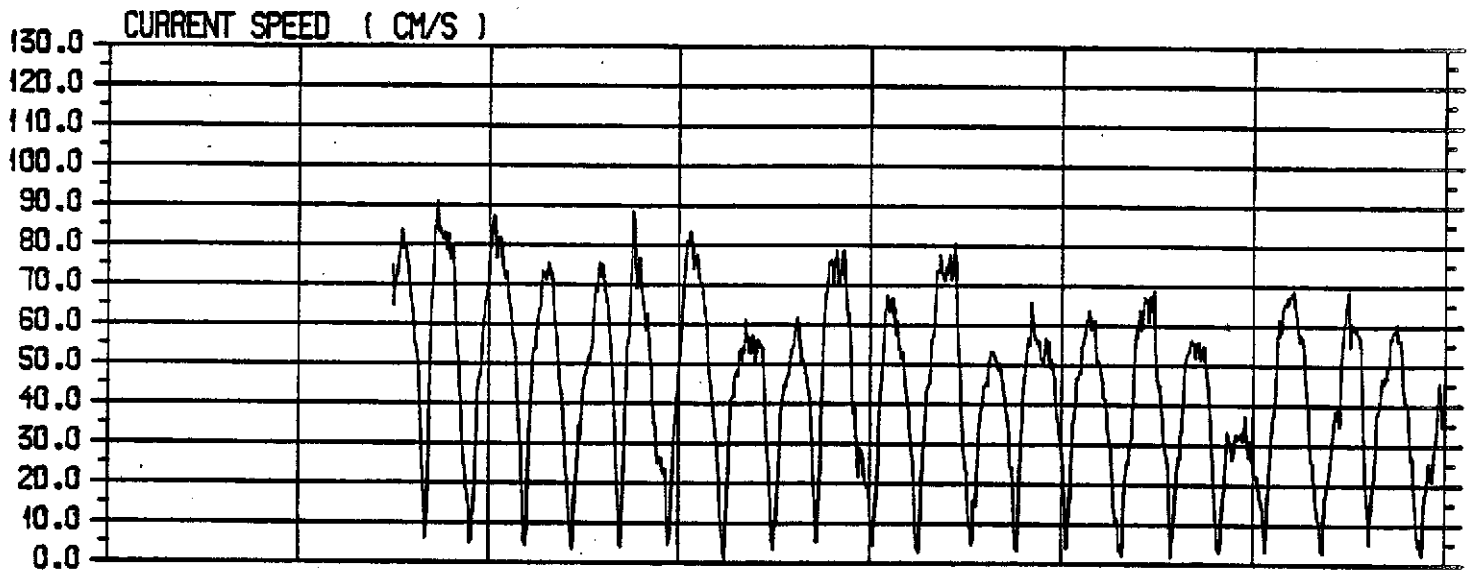
HARMONISK ANALYSE AV STRØBOBSERVASJONER RAMSUND ST 2

NORGES HYDRODYNAMISKE LABORATORIER
 NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES

603333

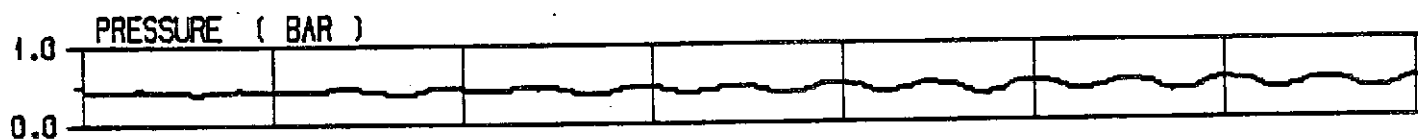
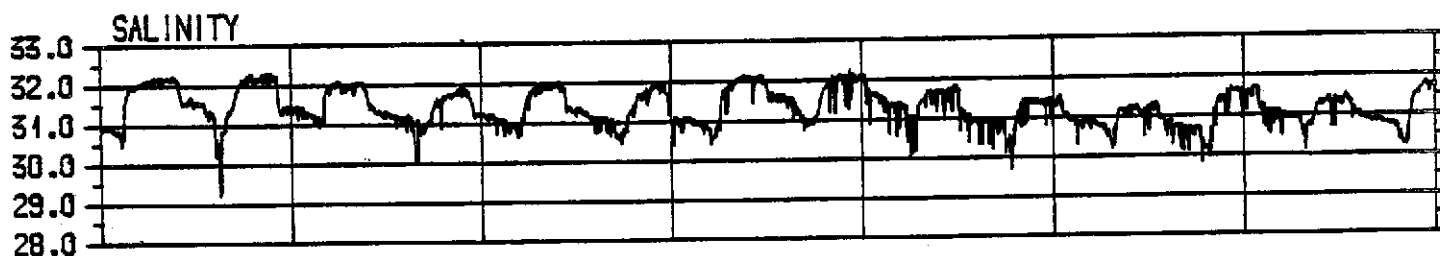
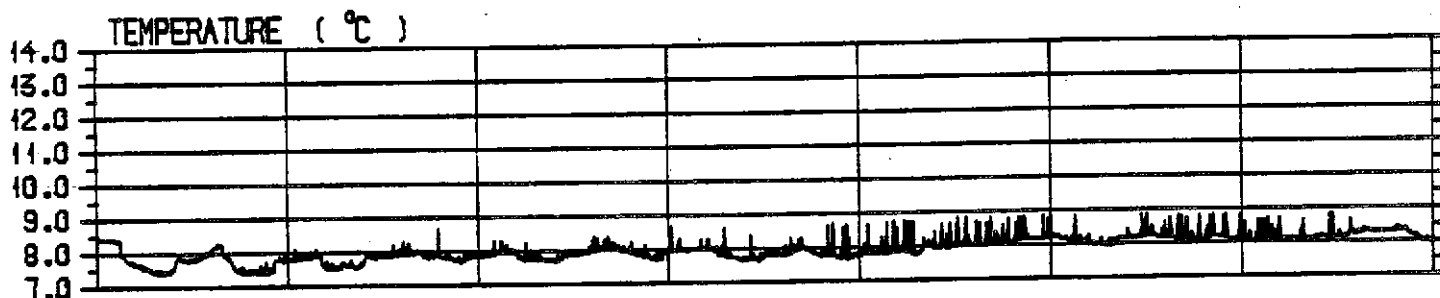
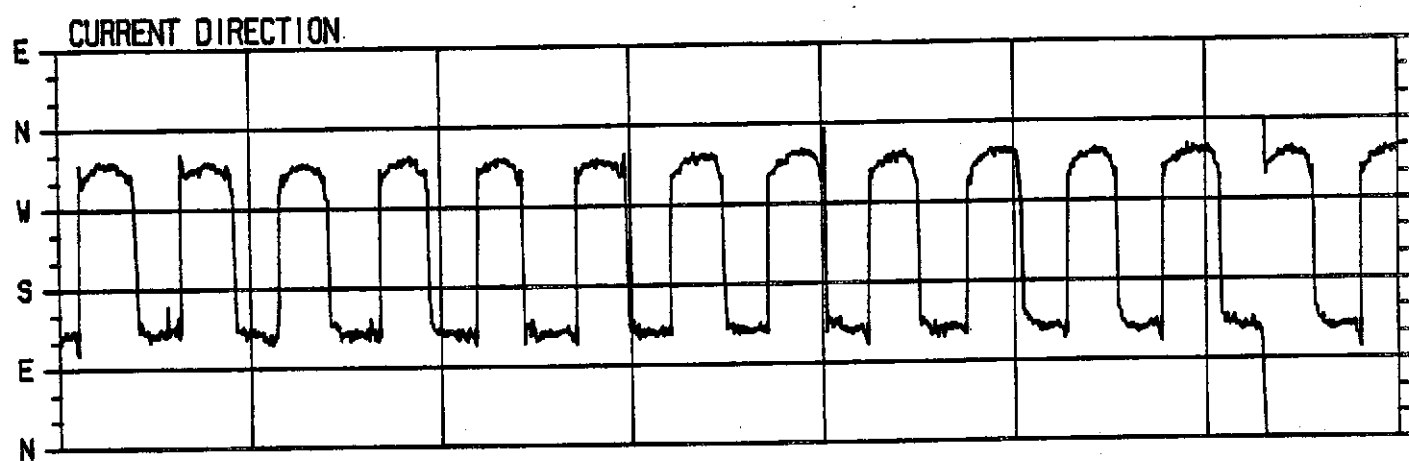
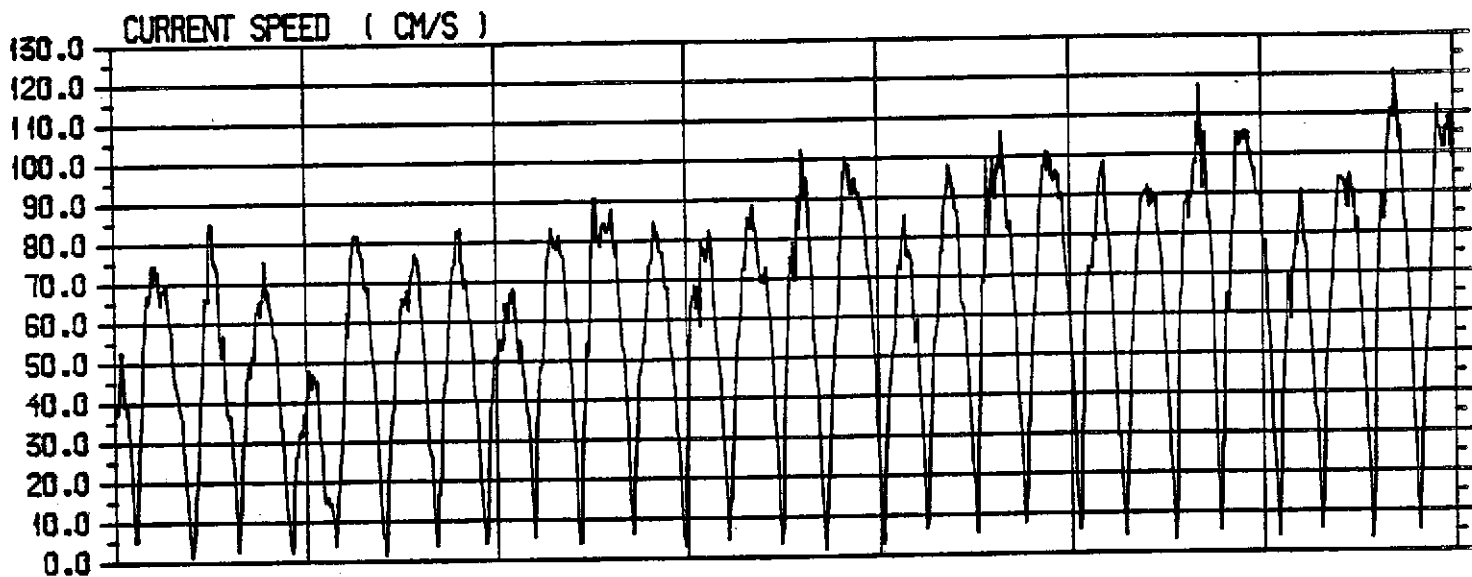
1983

1.6.



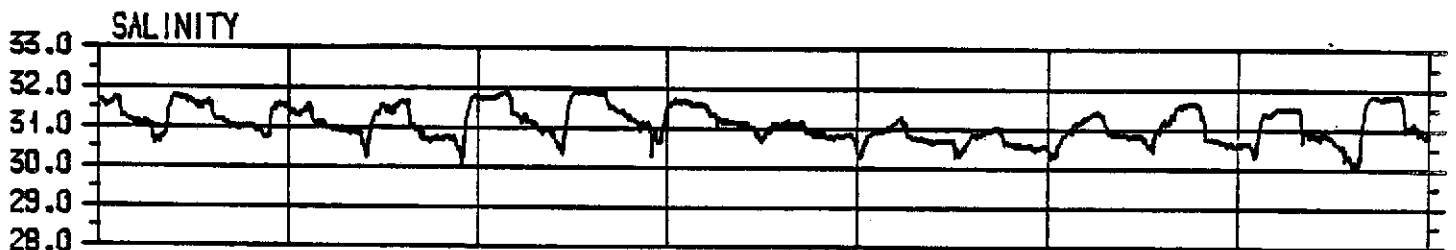
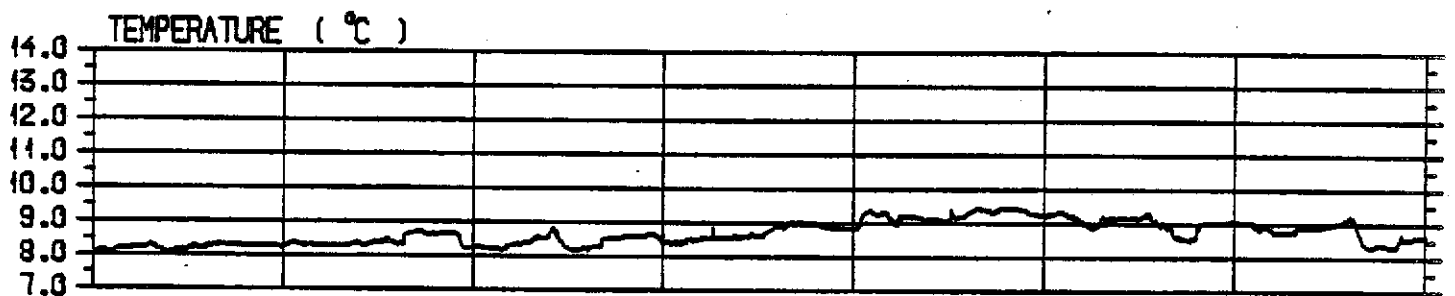
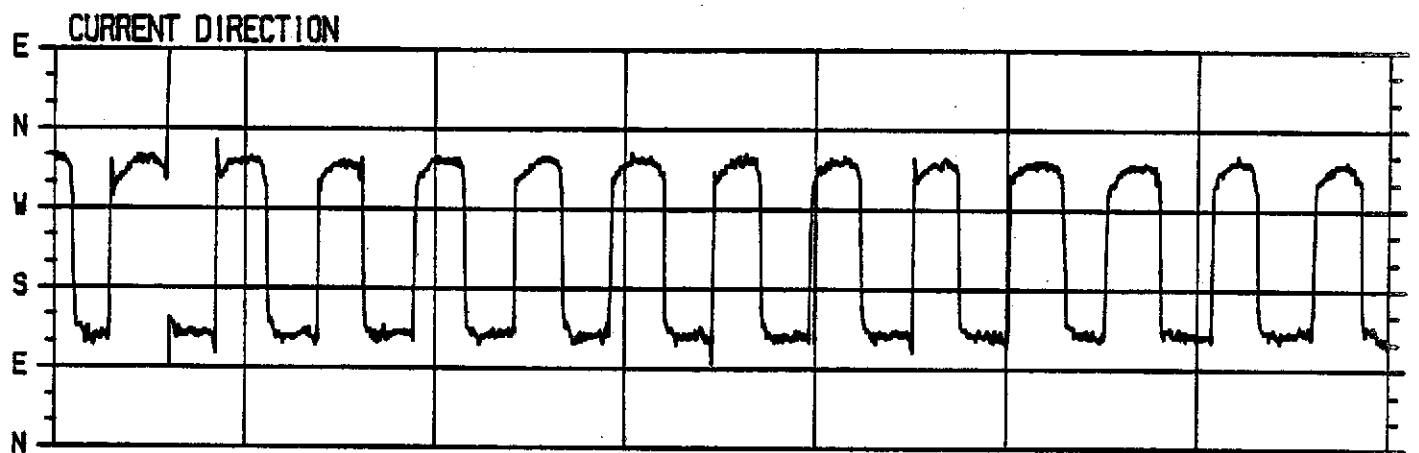
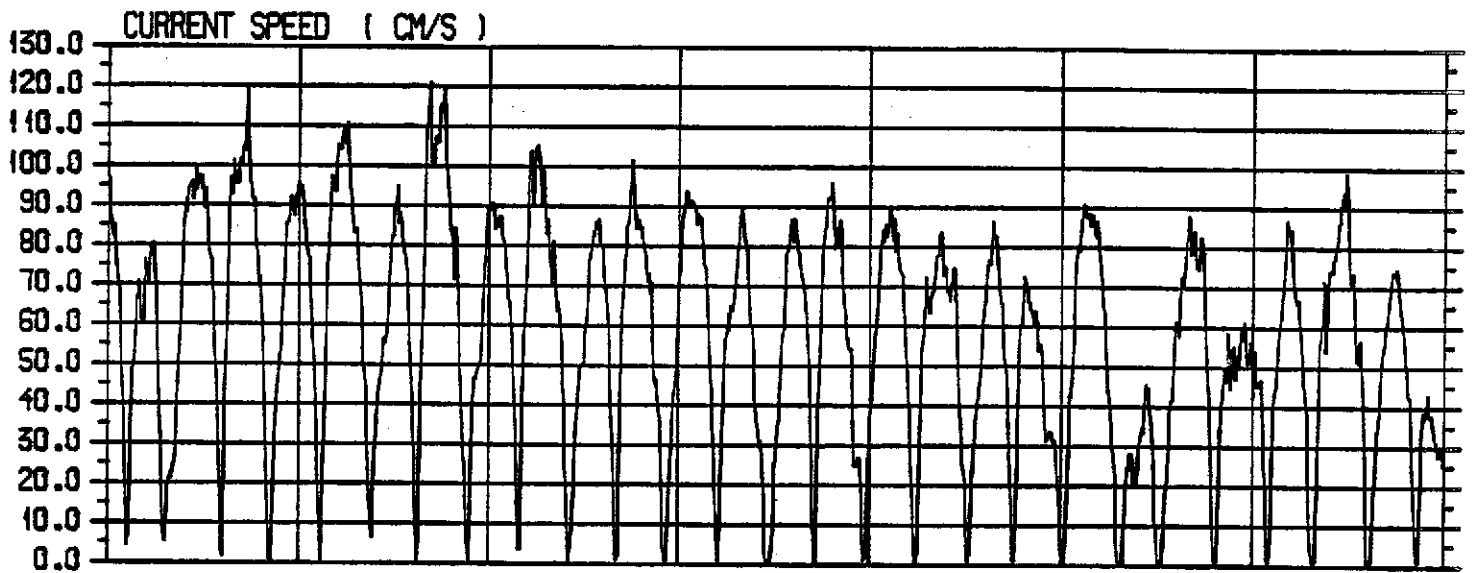
DATE: 05-30 | 05-31 | 06-01 | 06-02 | 06-03 | 06-04 | 06-05

CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND		STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31--07-07
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY		PROJECT 605533		FIGURE 1. 7.	



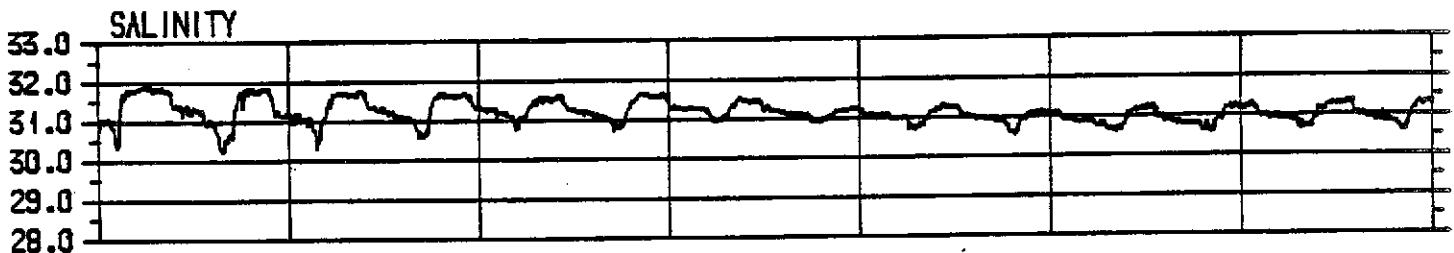
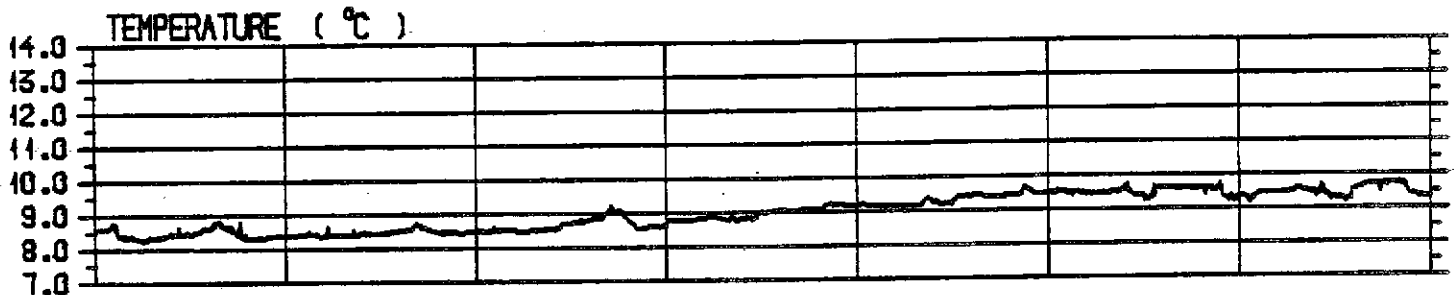
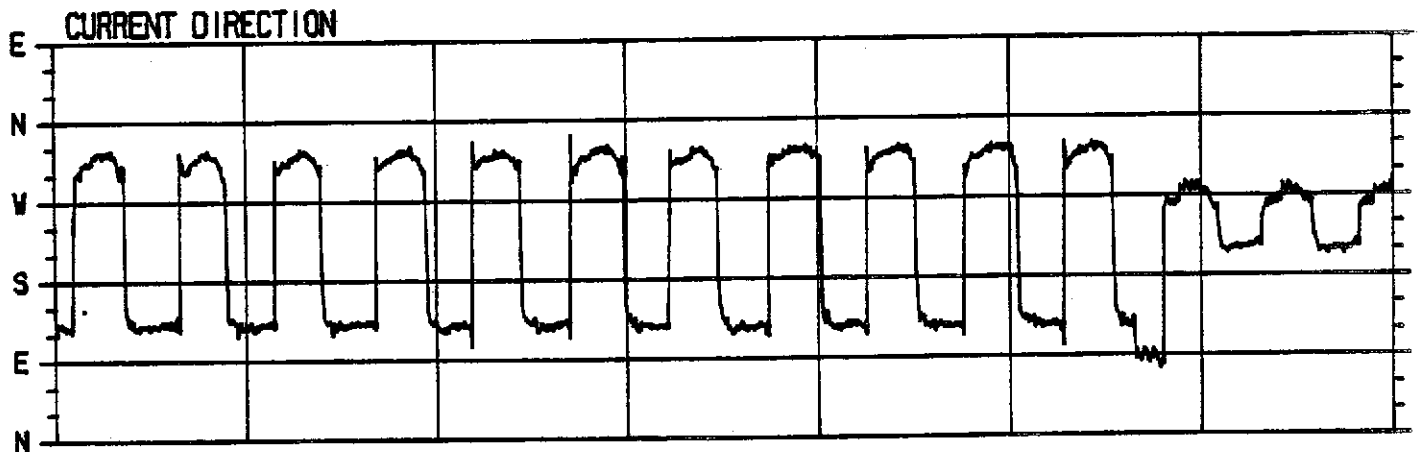
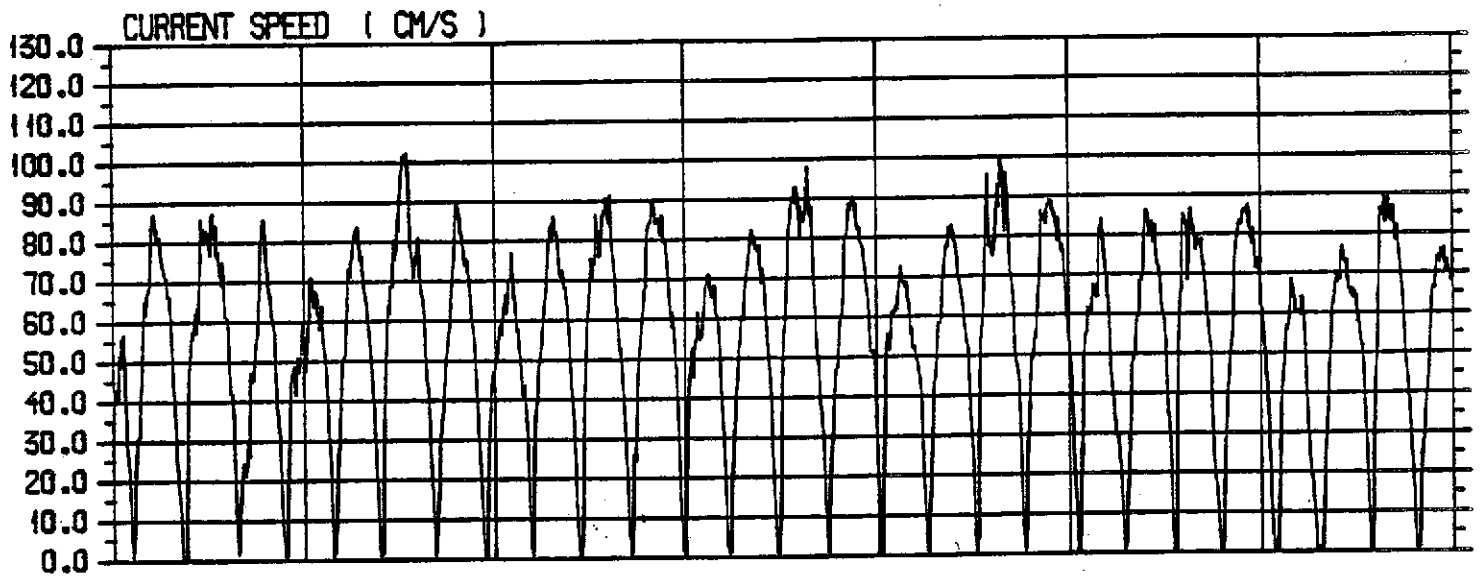
DATE: 06-06 | 06-07 | 06-08 | 06-09 | 06-10 | 06-11 | 06-12

CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE					INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07		GMT
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1.8.		



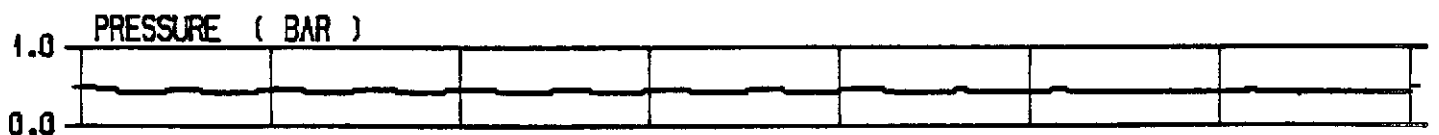
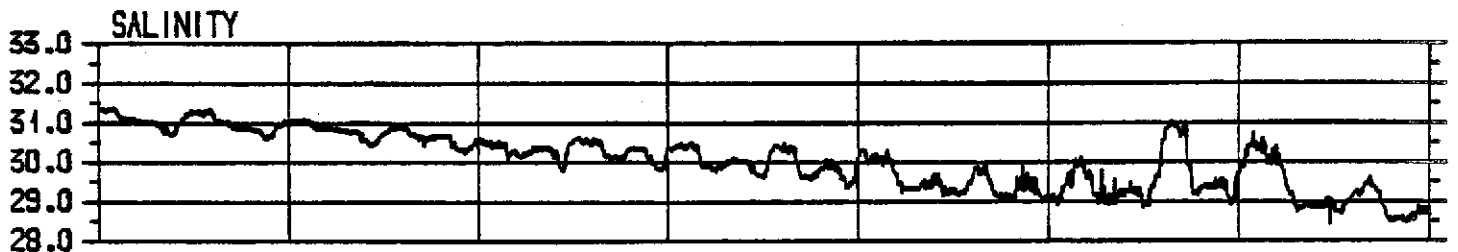
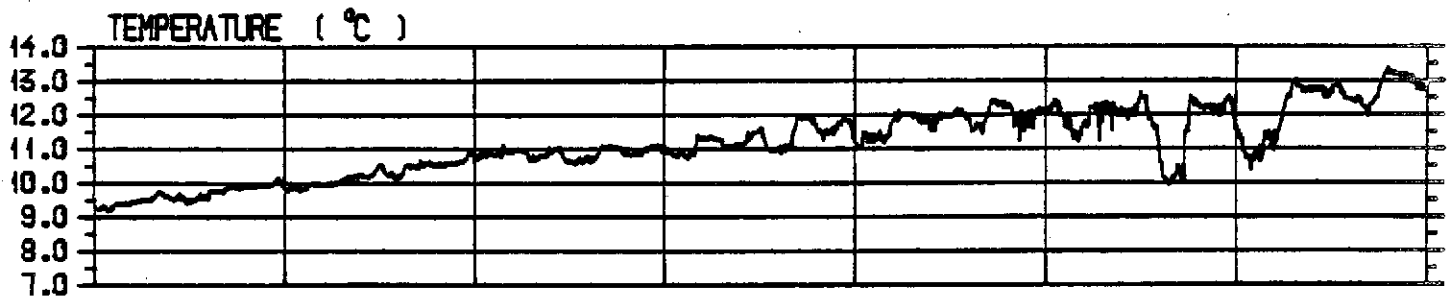
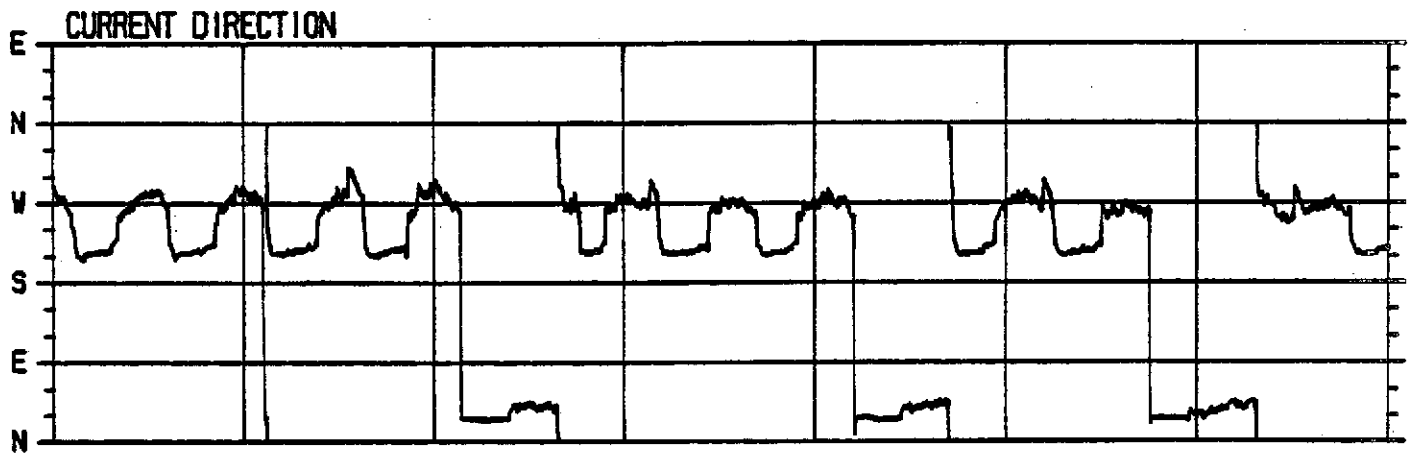
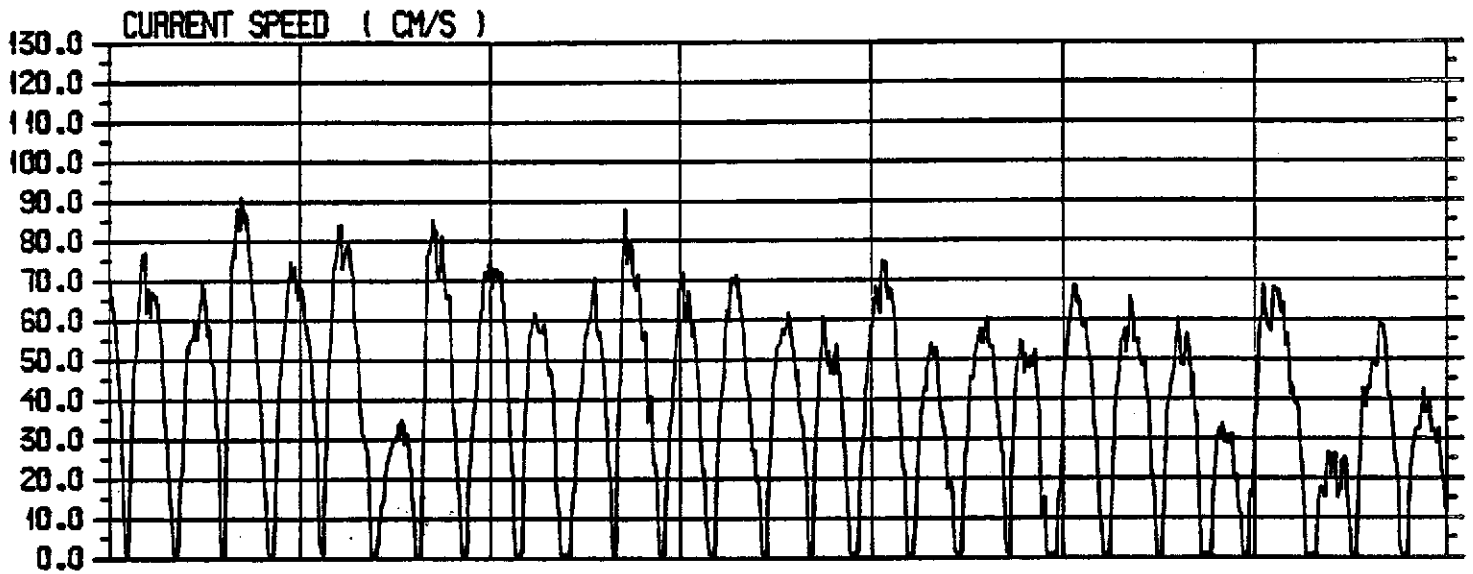
DATE 06-13 06-14 06-15 06-16 06-17 06-18 06-19

CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE					INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07 GMT		
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603533	FIGURE 1. 9.		



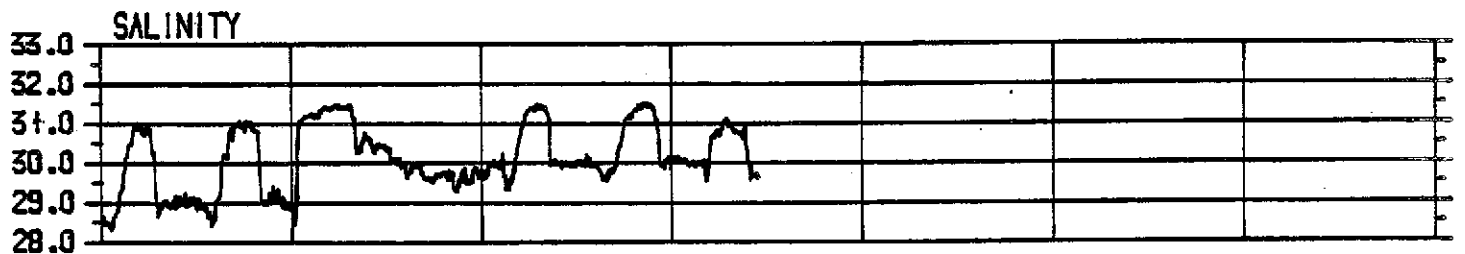
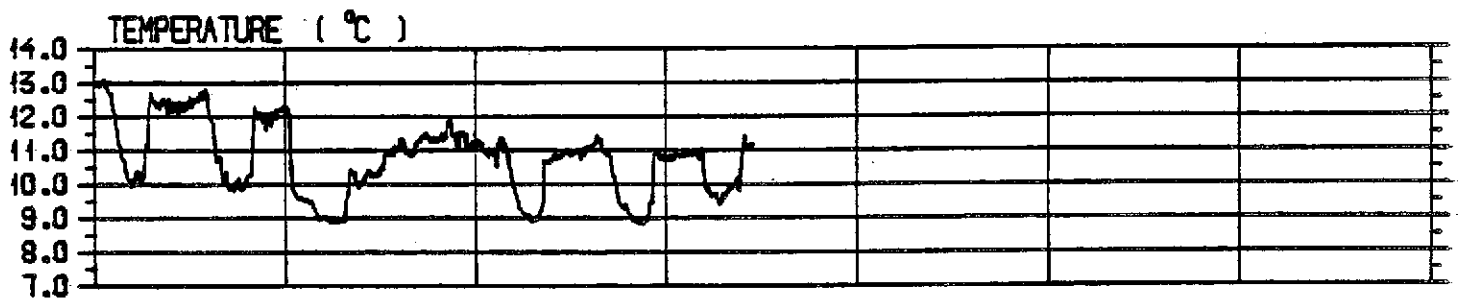
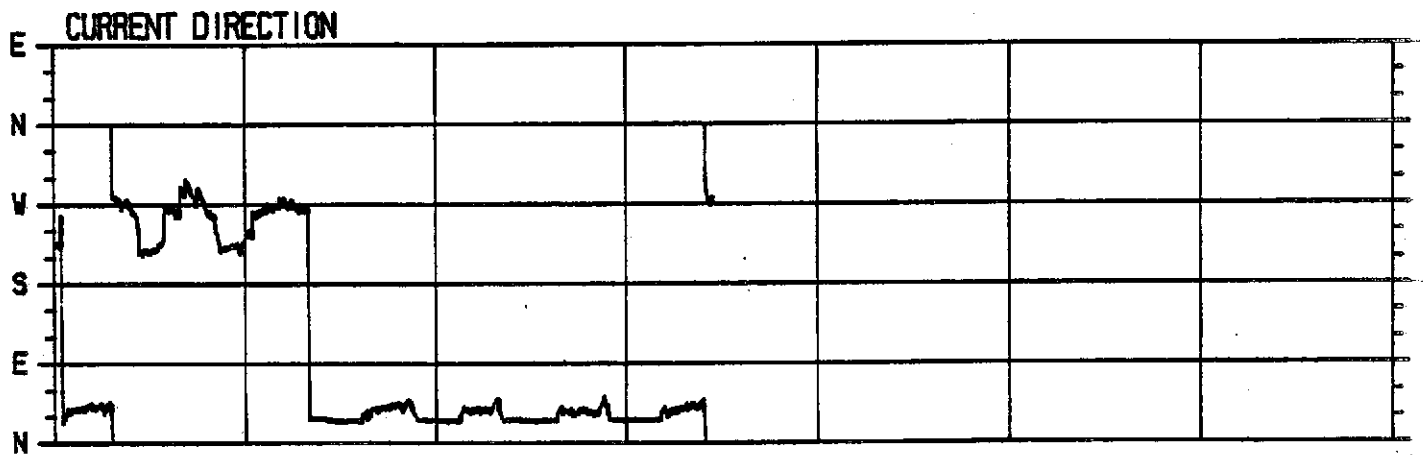
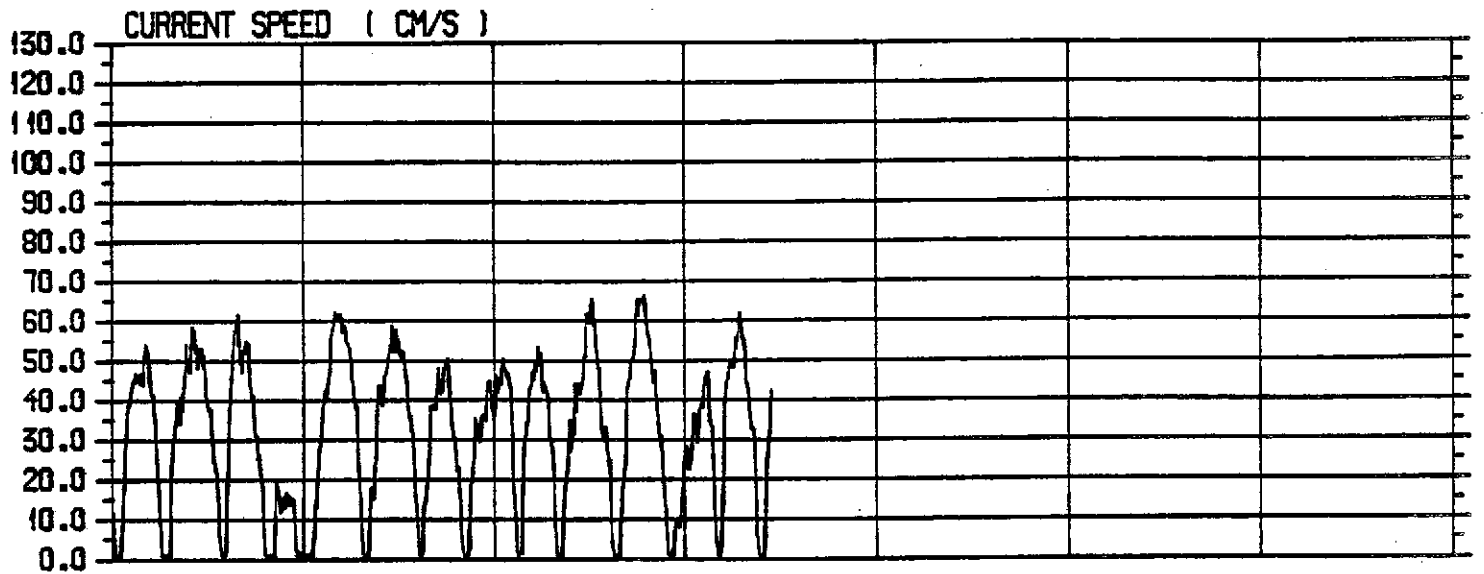
DATE 06-20 06-21 06-22 06-23 06-24 06-25 06-26

CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07	
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 10.	



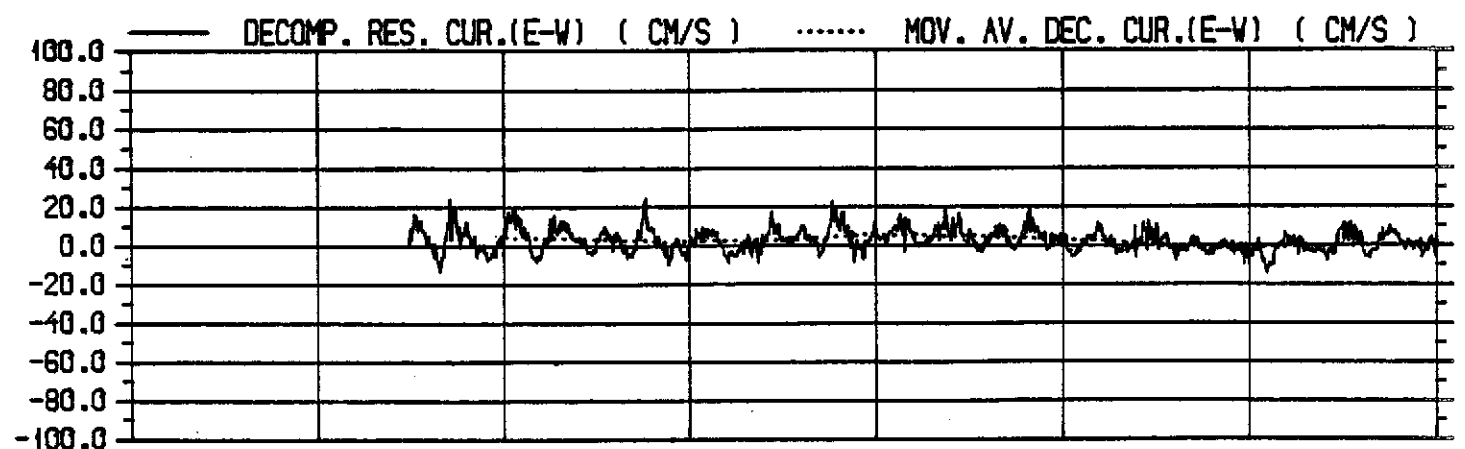
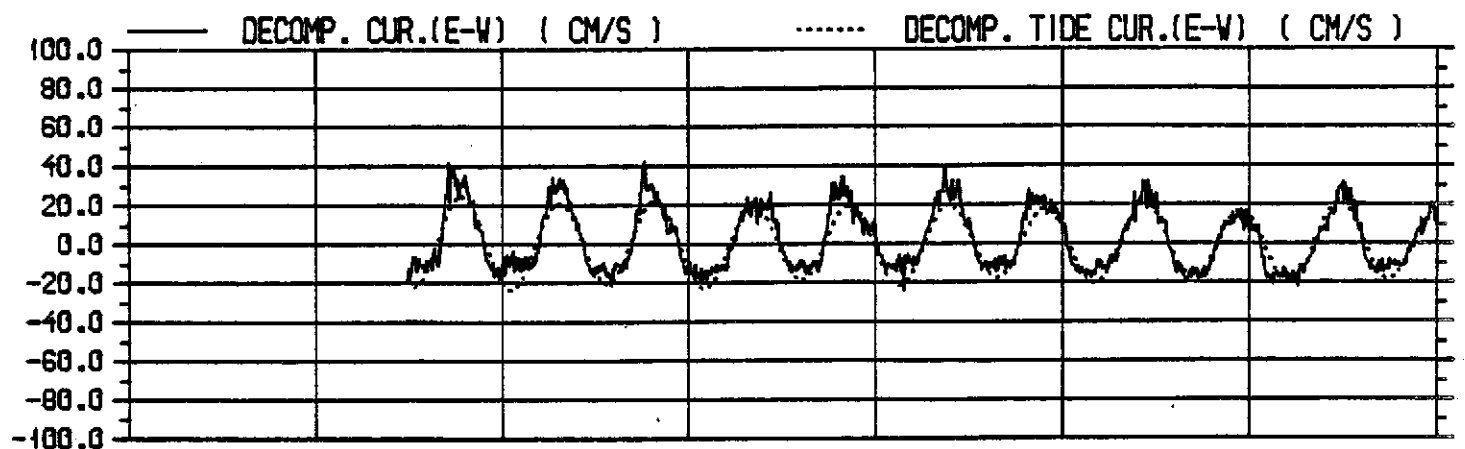
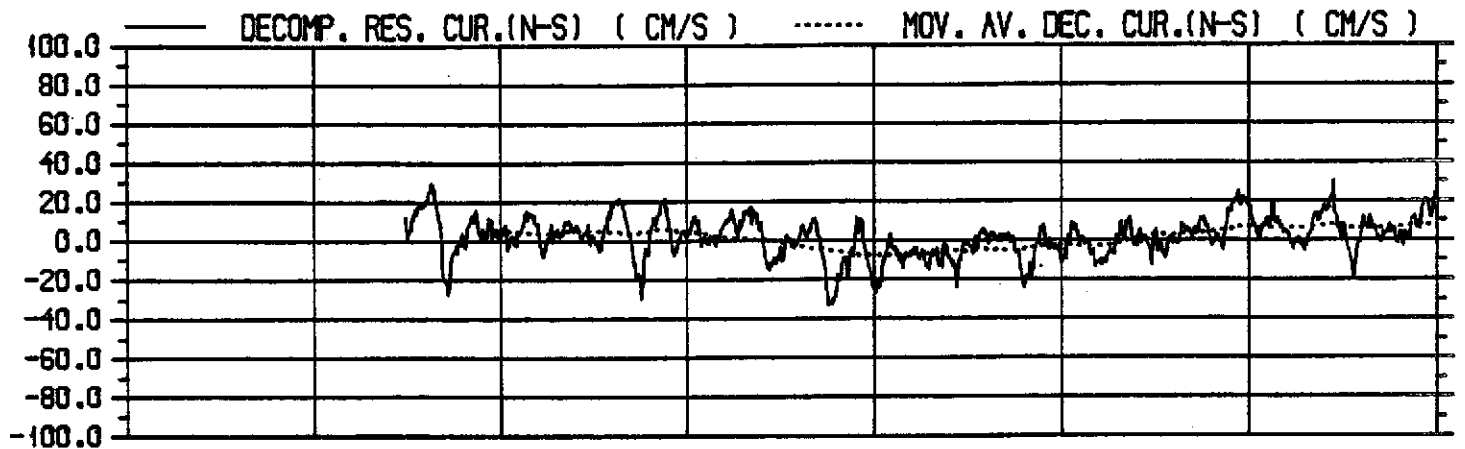
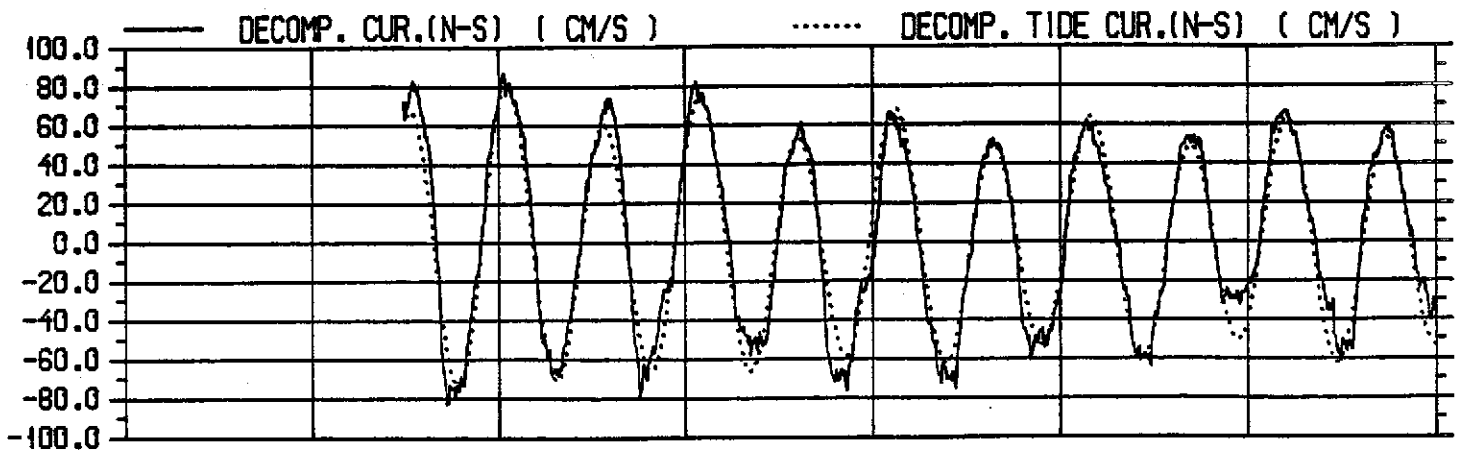
DATE 06-27 06-28 06-29 06-30 07-01 07-02 07-03

CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE					INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07		
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 11.		



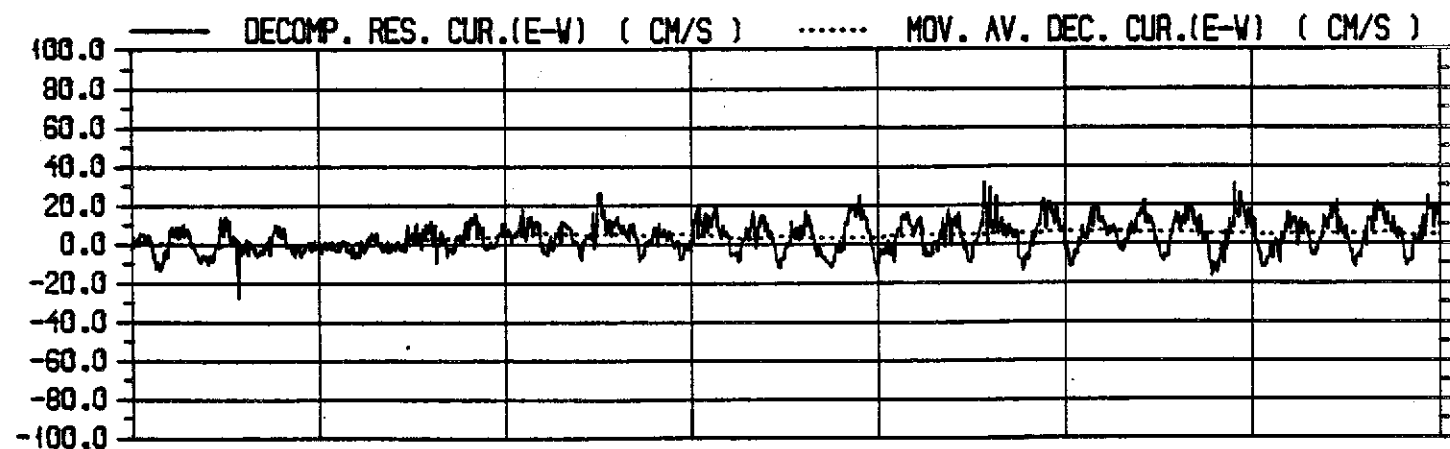
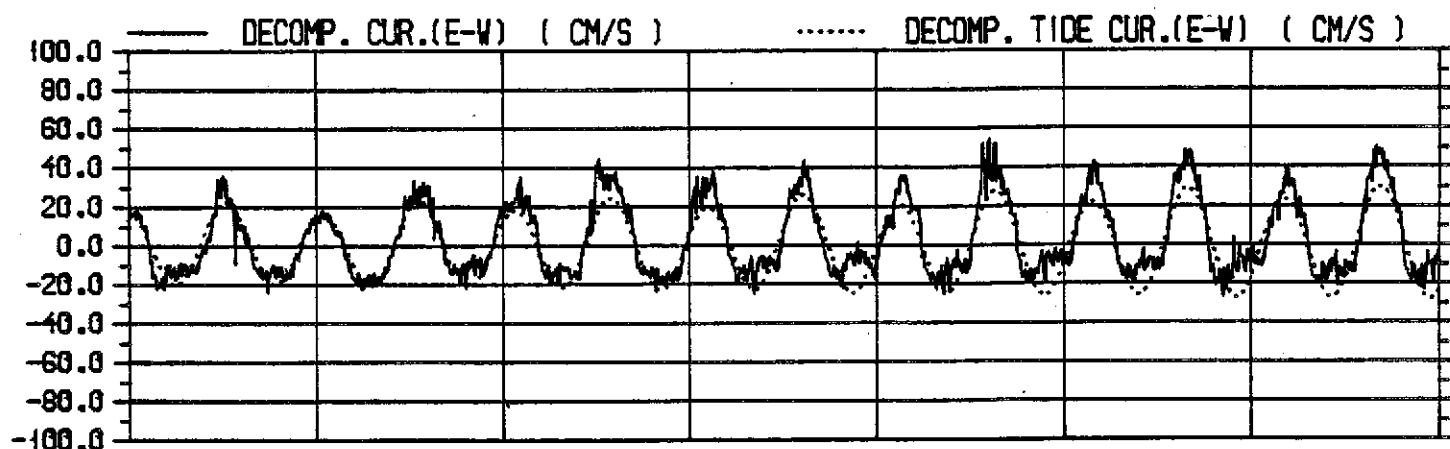
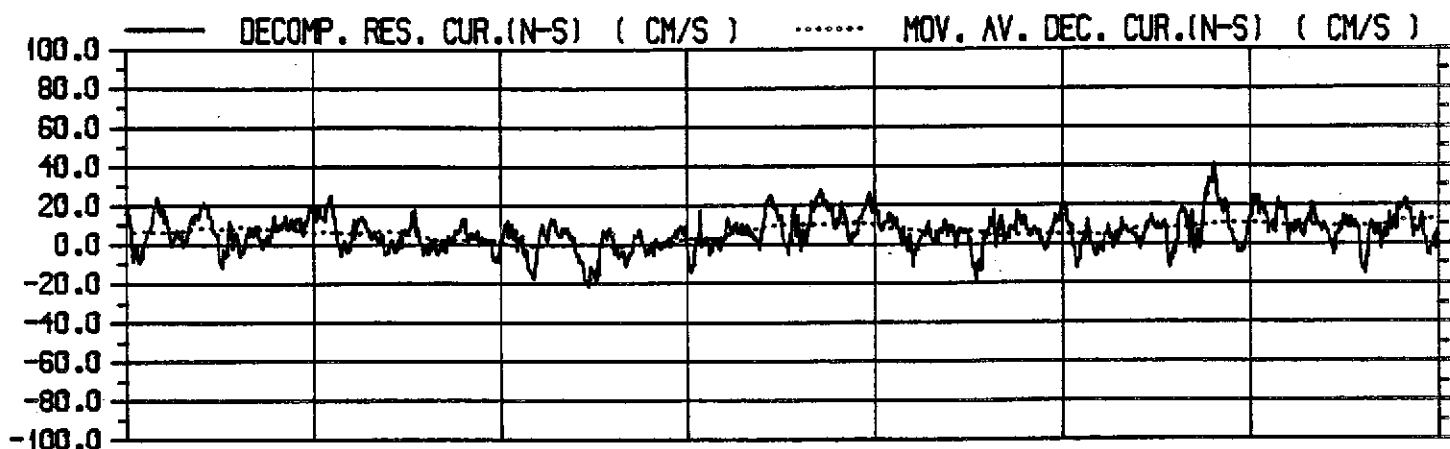
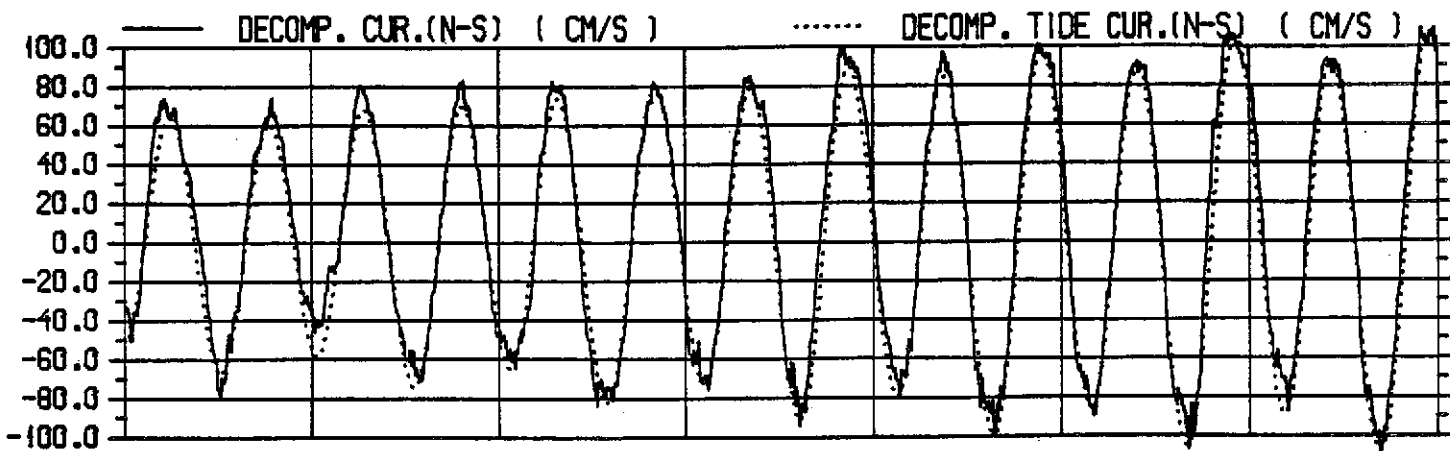
DATE 07-04 07-05 07-06 07-07 07-08 07-09 07-10

CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE					INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1993-05-31--07-07 GNT		
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603335	FIGURE 1. 12.		



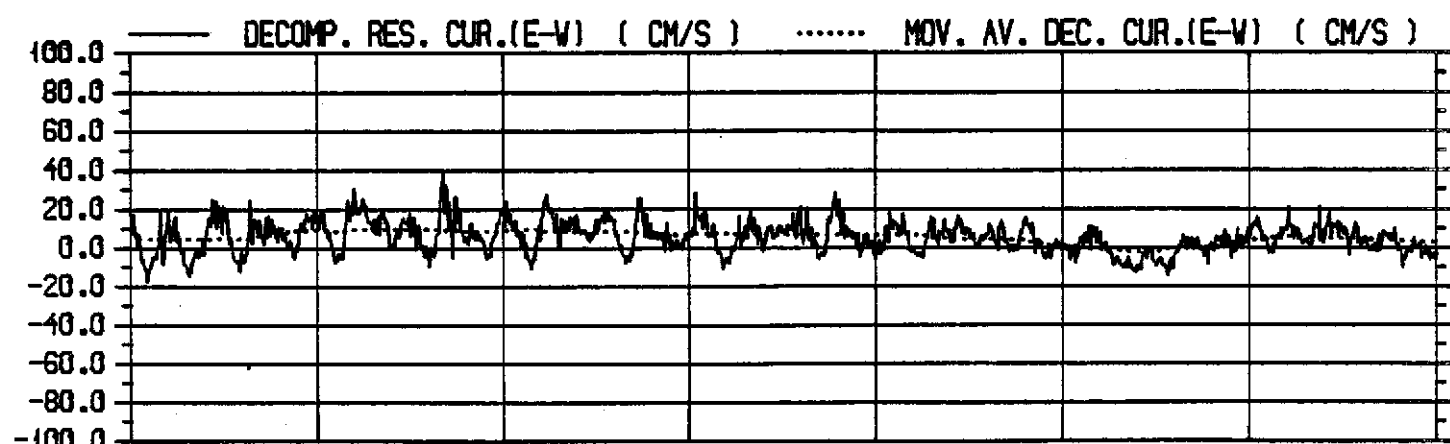
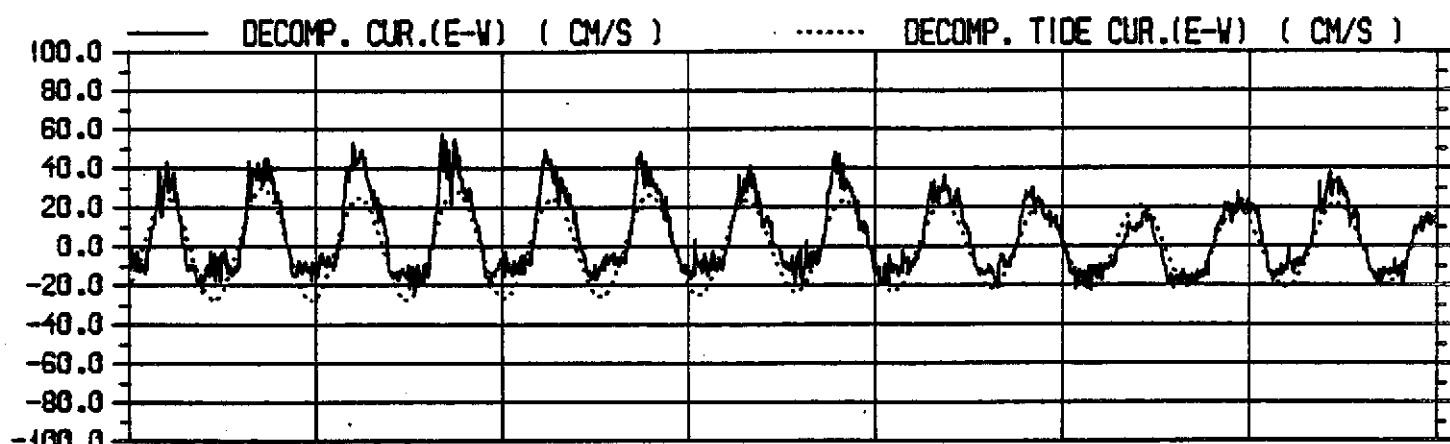
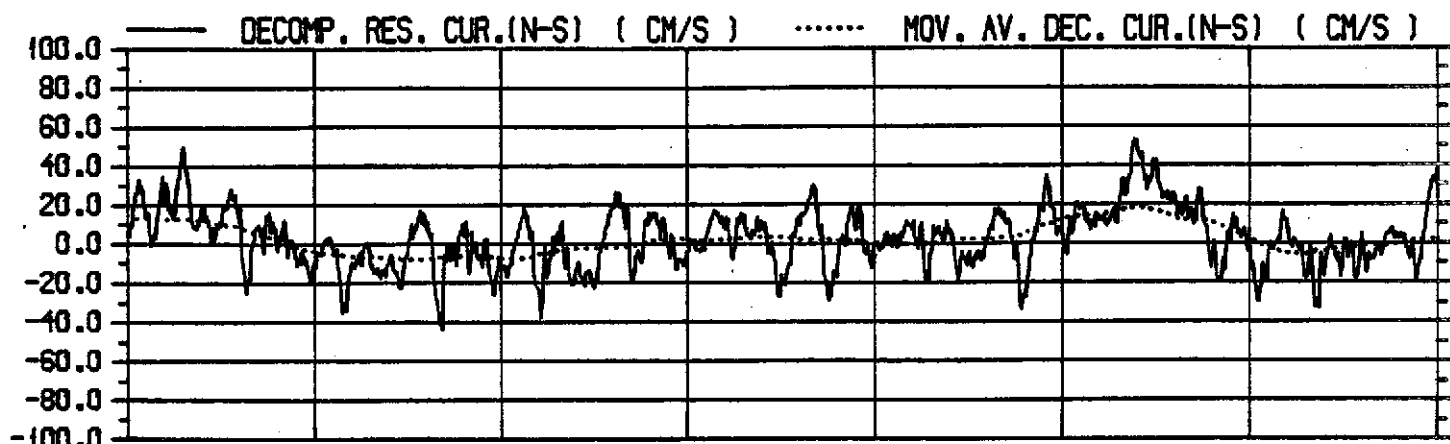
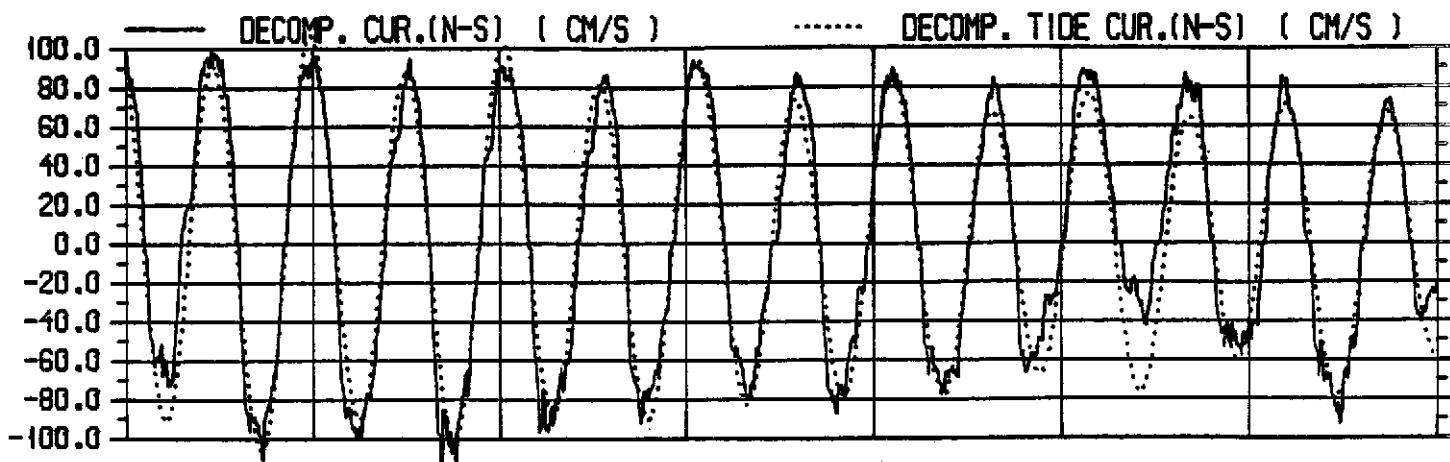
DATE 05-30 05-31 06-01 06-02 06-03 06-04 06-05

DECOMP. CUR., - TIDE CUR., - RES. CUR. AND - MOV. AVERAGE					INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07 GMT		
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 13.		



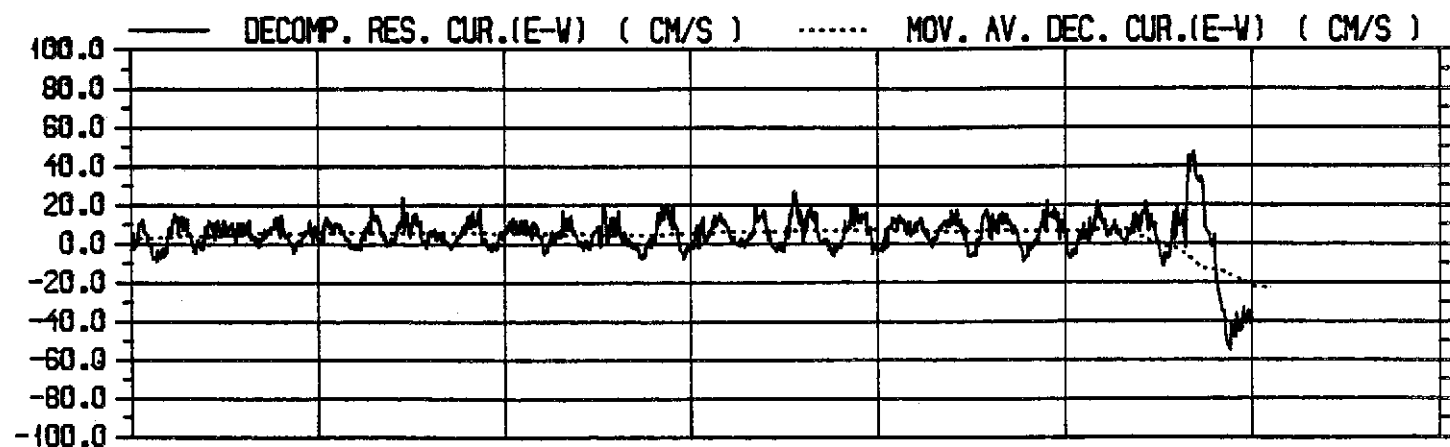
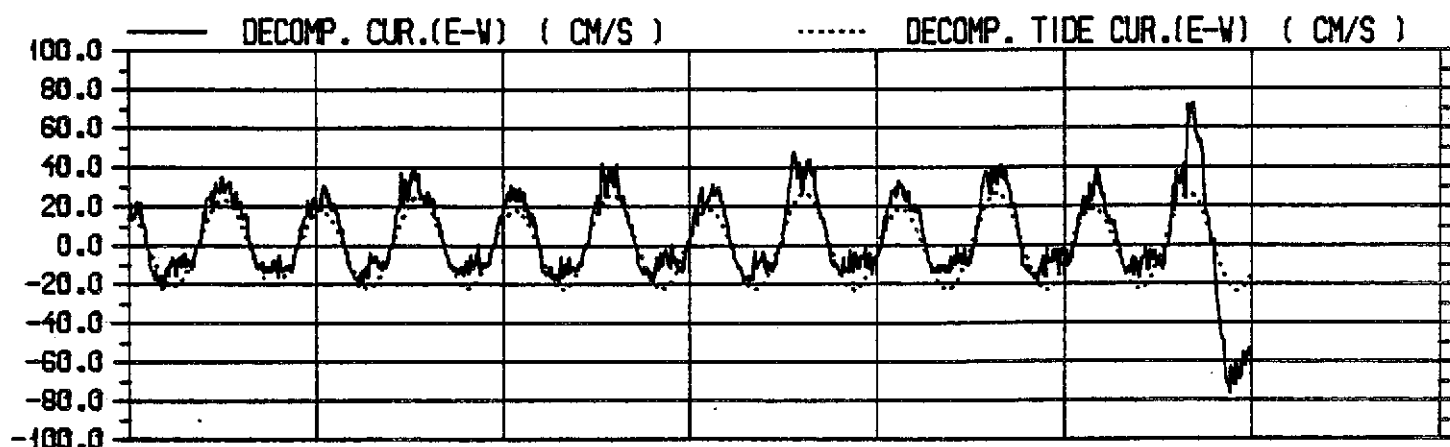
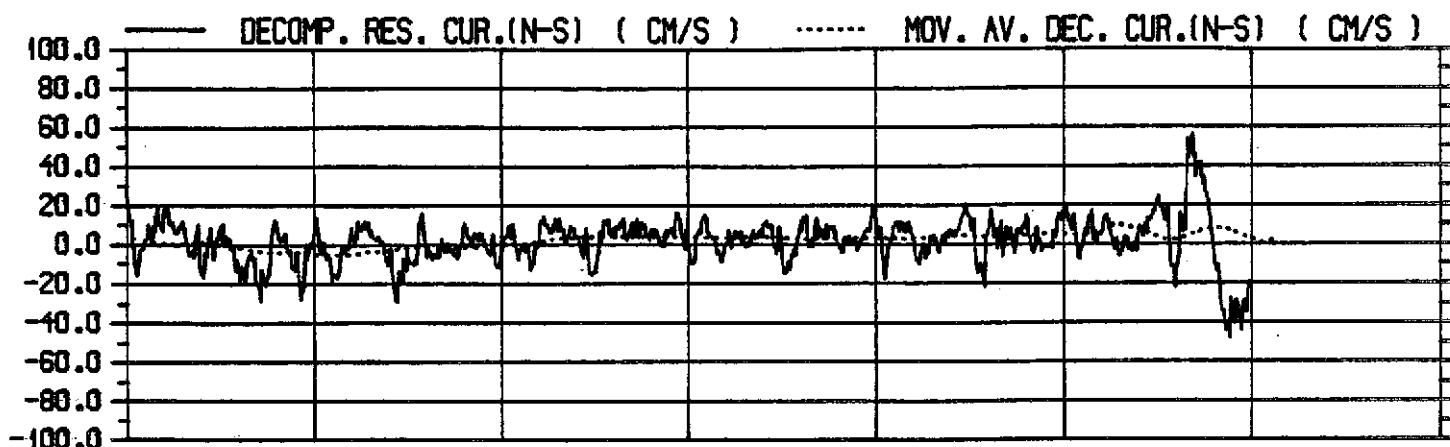
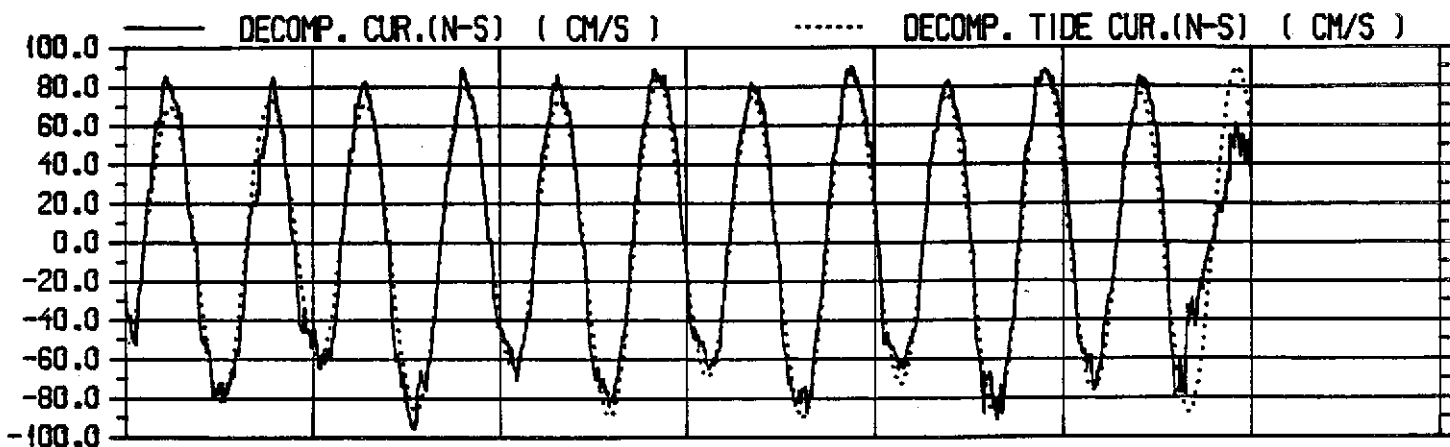
DATE 06-06 06-07 06-08 06-09 06-10 06-11 06-12

DECOM. CUR., - TIDE CUR., - RES. CUR. AND - MOV. AVERAGE				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07 GMT	
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 14	



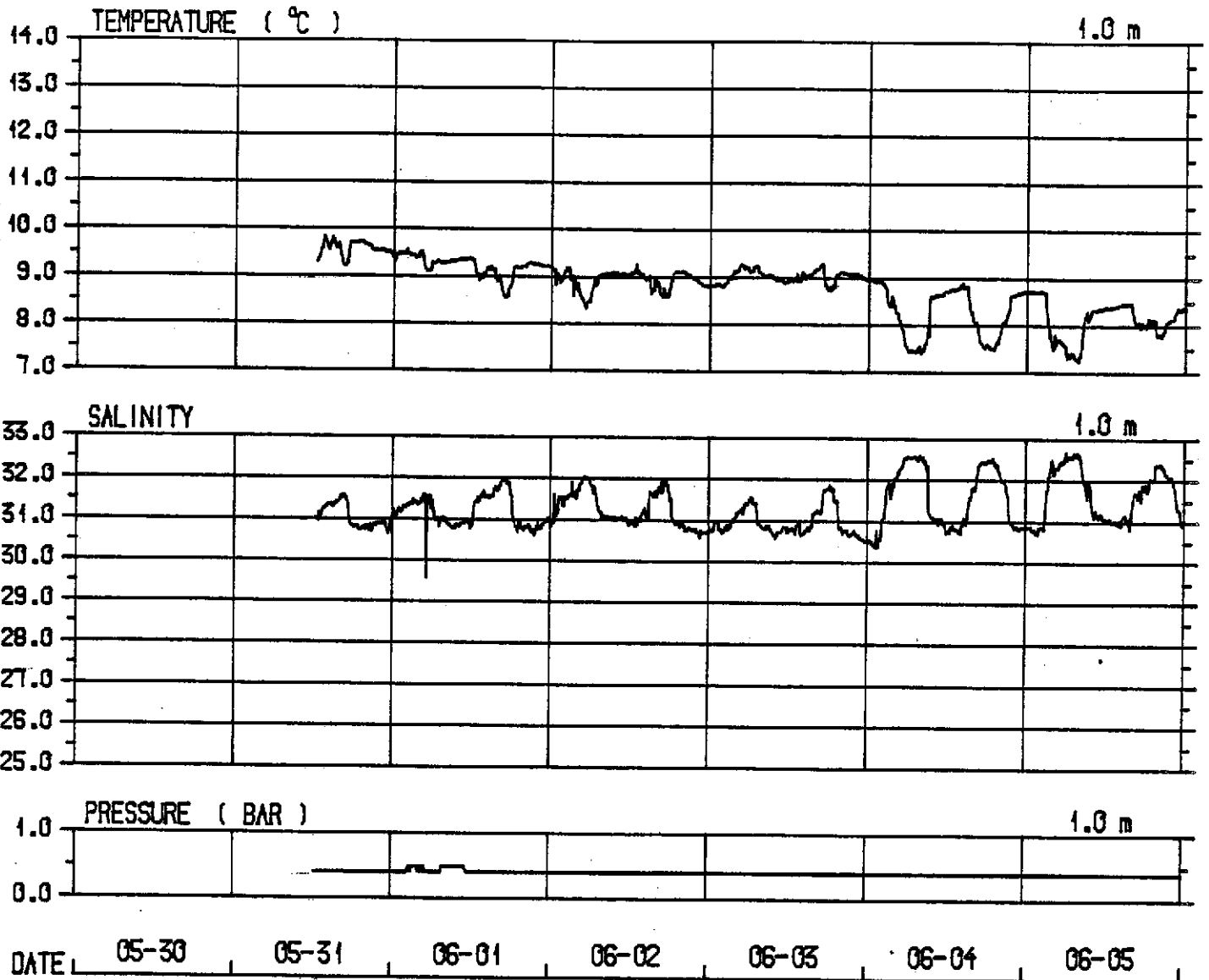
DATE: 06-13 06-14 06-15 06-16 06-17 06-18 06-19

DECOM. CUR., - TIDE CUR., - RES. CUR. AND - MOV. AVERAGE				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07	
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 15.	

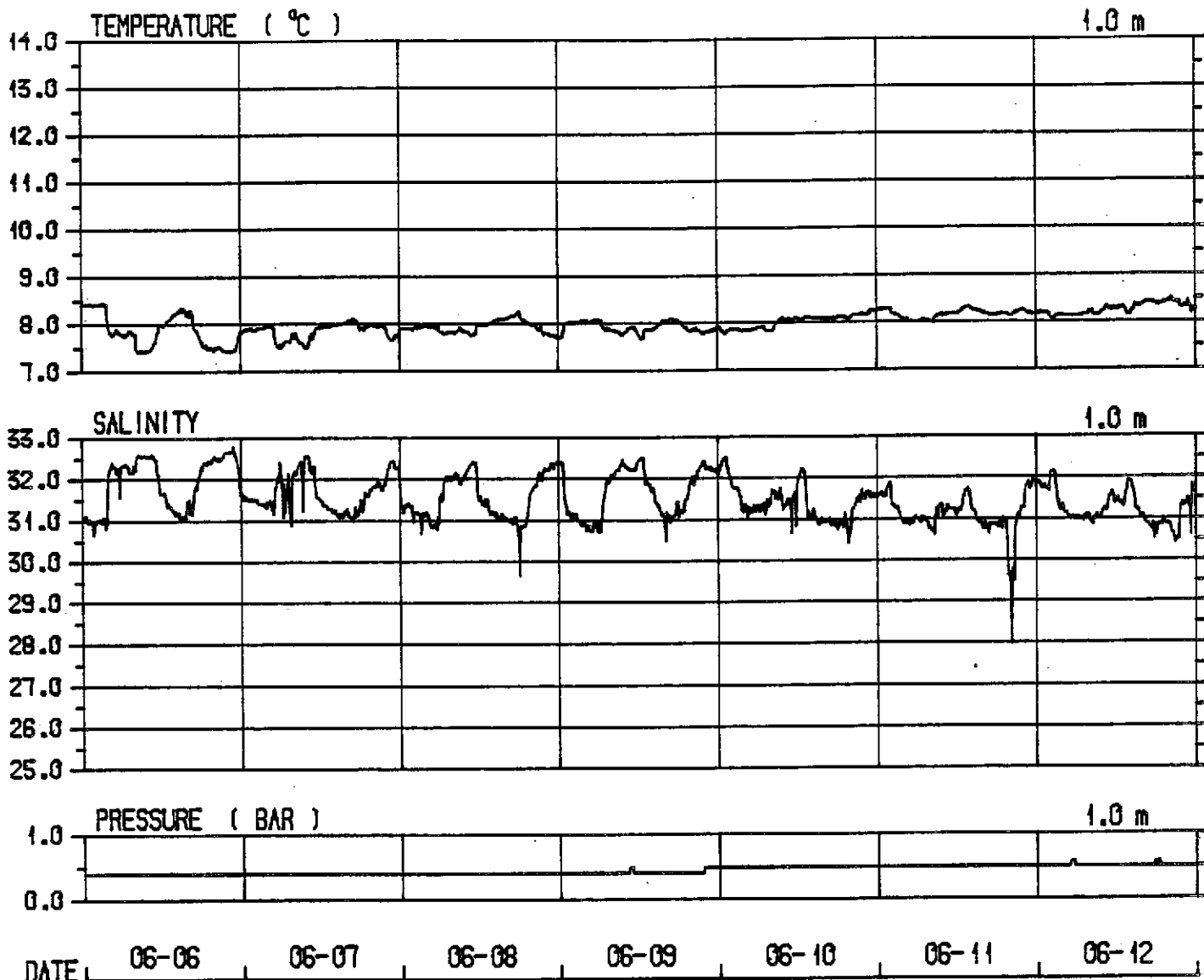


DATE: 06-20 06-21 06-22 06-23 06-24 06-25 06-26

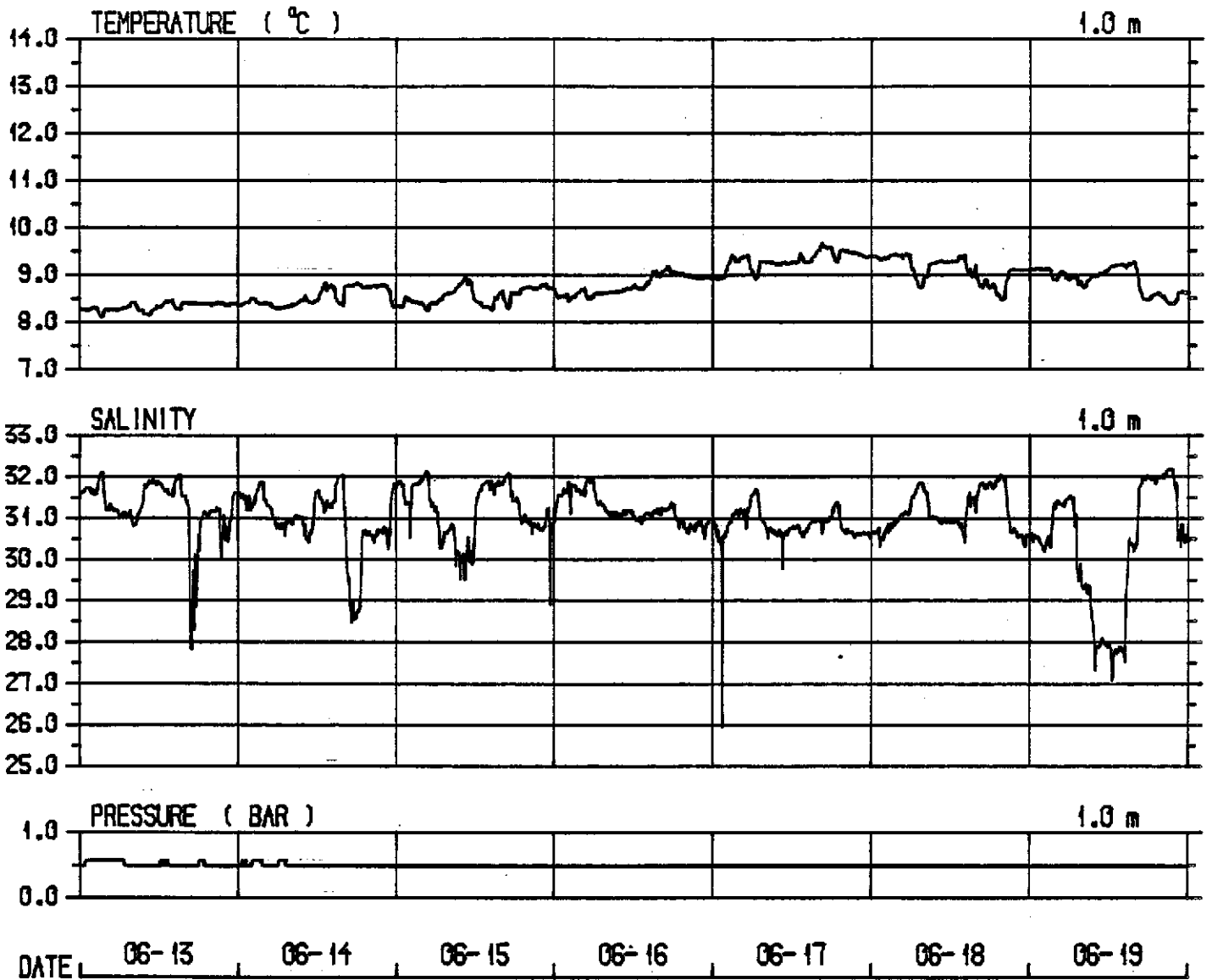
DECOM. CUR., - TIDE CUR., - RES. CUR. AND - MOV. AVERAGE				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 02	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 2 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07	
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 16.	



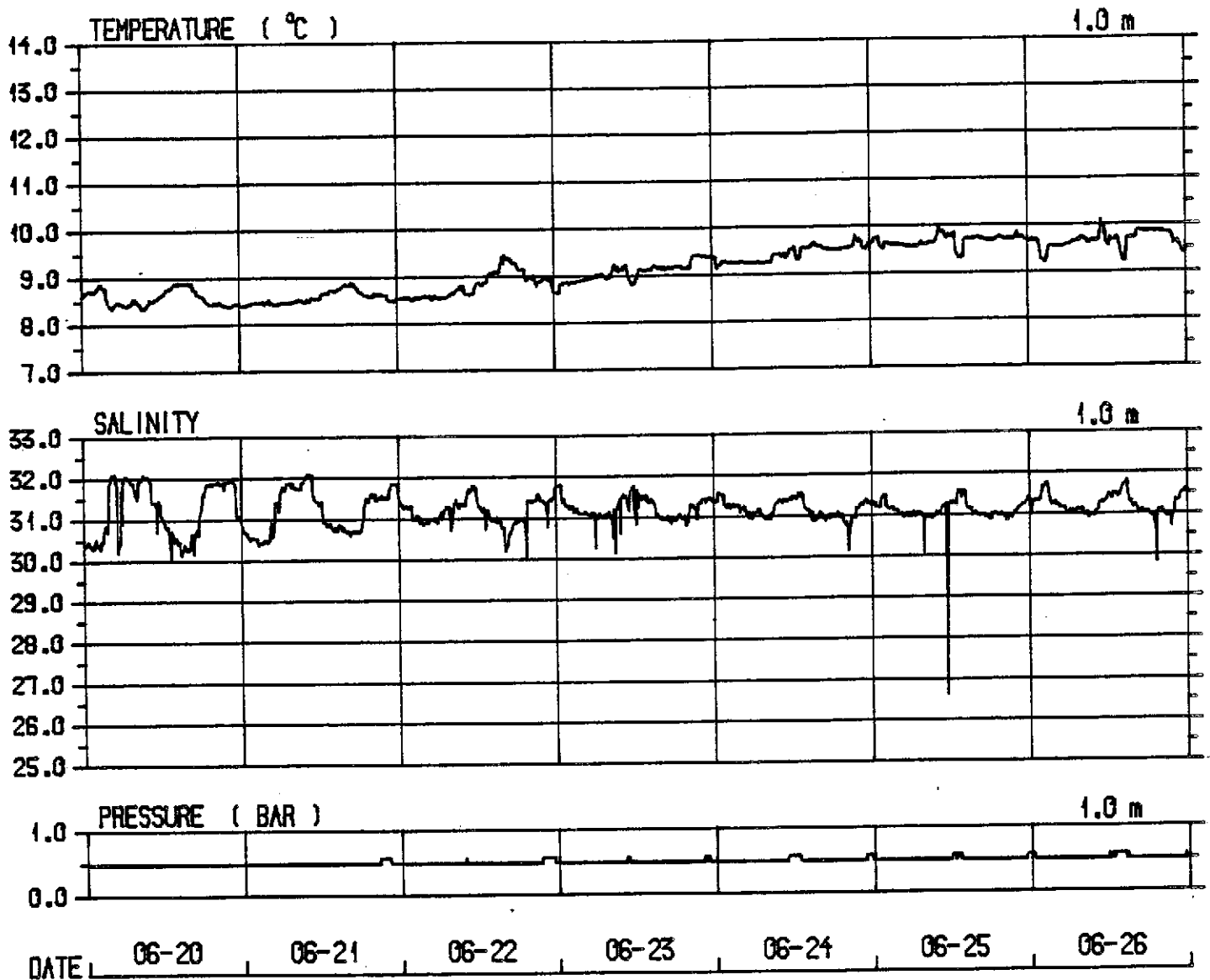
CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE					INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND		STATION 01	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 3 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07 GMT	
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY				PROJECT 603333	FIGURE 1. 17.	



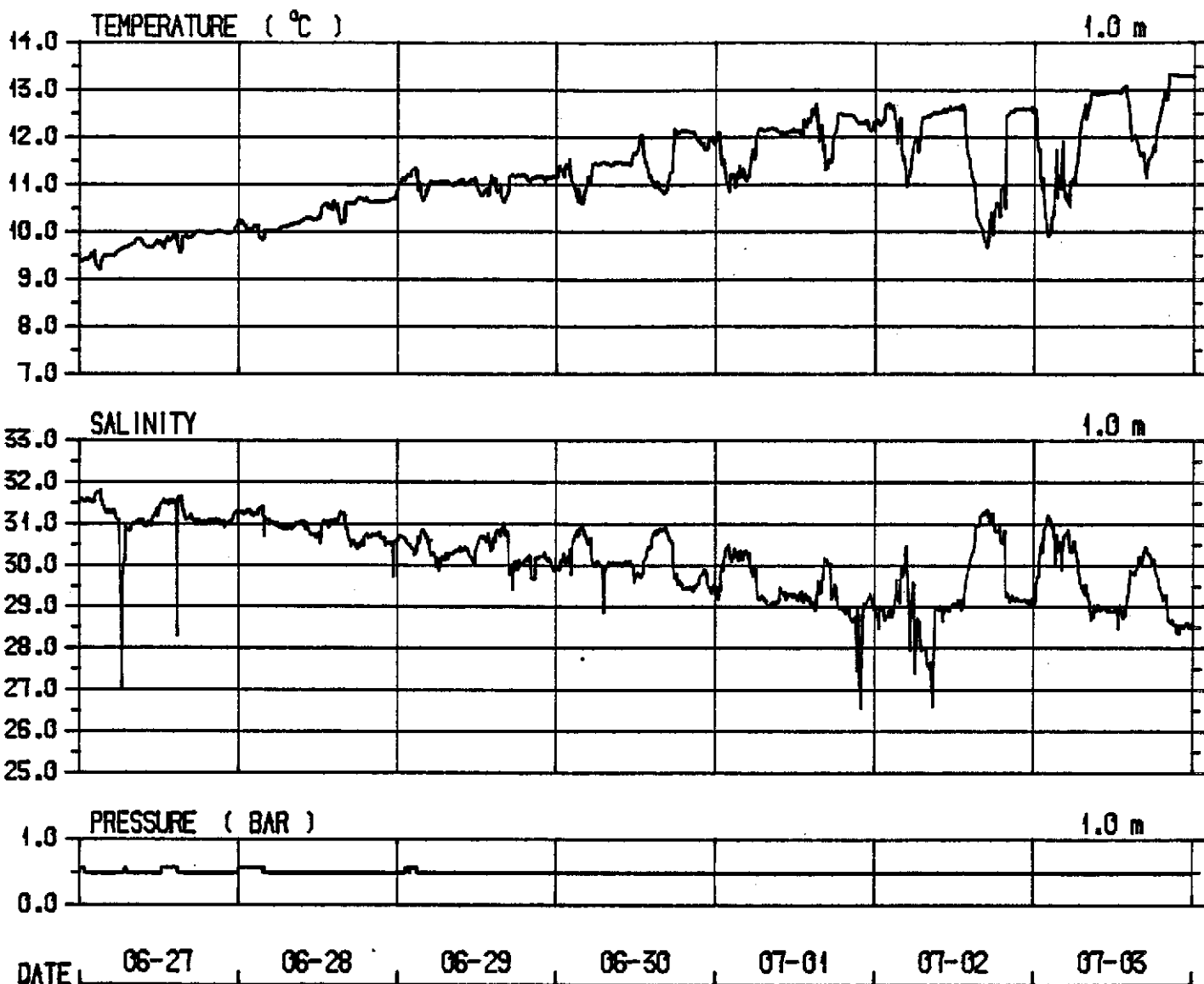
CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE					INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 01	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 3 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07 GMT		
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 18.		



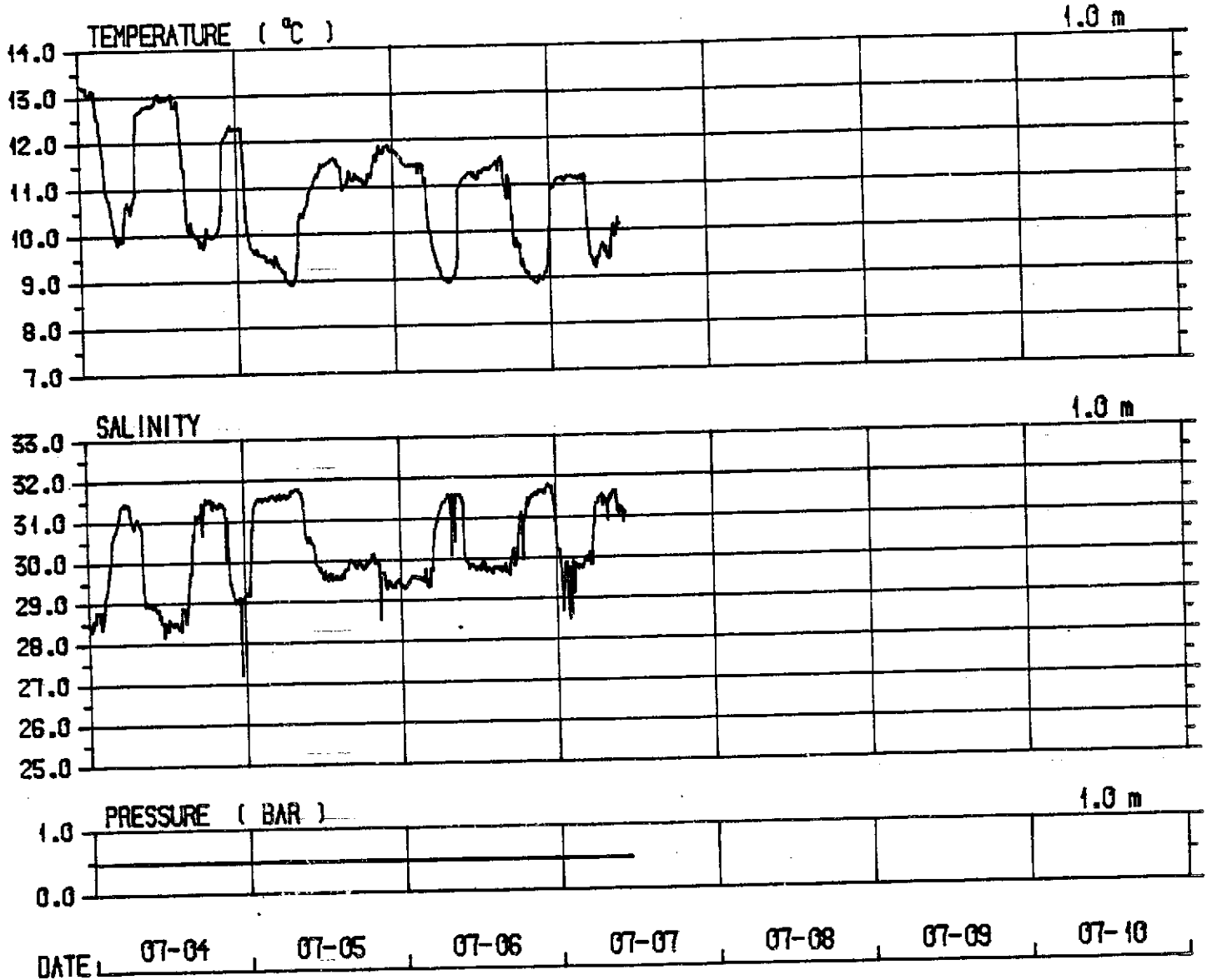
CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 04	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 3 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31--07-07	
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 19.	



CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 04	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 3 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07 GHT	
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 20.	



CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSLUND	STATION 01	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 3 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07 GMT	
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 21.	



CURRENT SPEED, DIRECTION, TEMPERATURE, SALINITY AND PRESSURE				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
LOCATION RAMSUND	STATION 01	WATER DEPTH 4 m	INSTRUMENT DEPTH 3 m	OBSERVATION PERIOD 1983-05-31-07-07	
NHL NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES DIVISION: RIVER AND HARBOUR LABORATORY			PROJECT 603333	FIGURE 1. 22.	