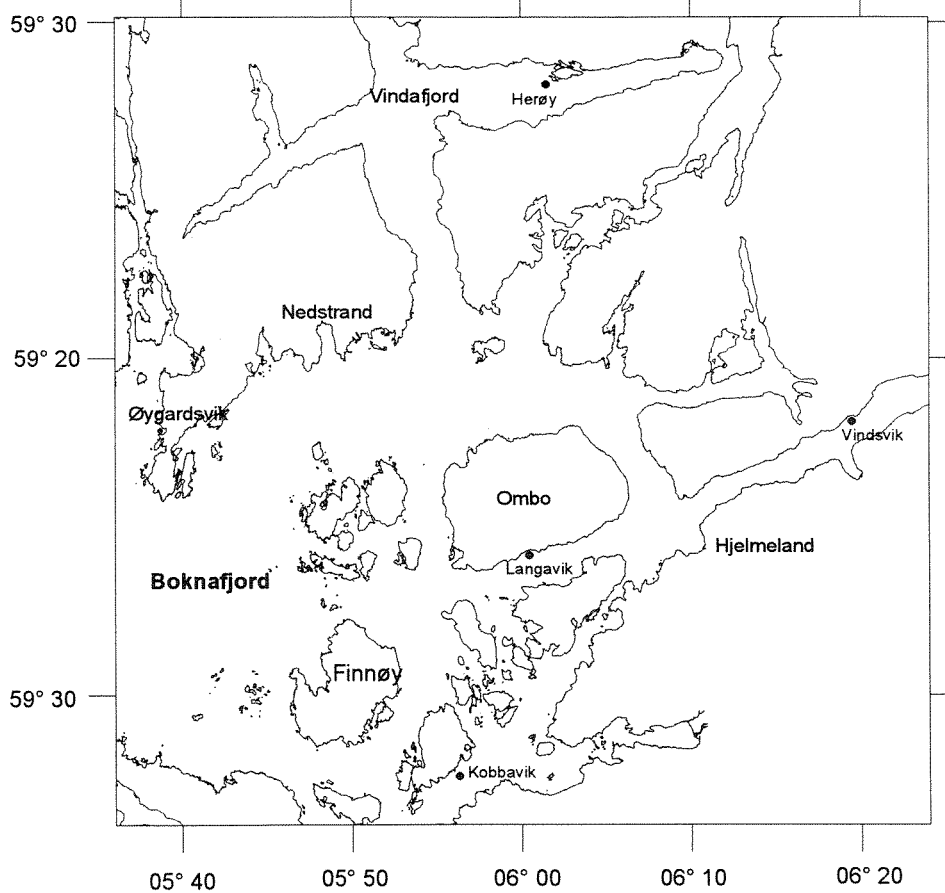


Strømmålinger ved Herøy, Kobbavik, Langavik og Vindsvik i Ryfylke

Lokaliteter med strømmåling i Ryfylke (mars/april 1997)



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 04 30 33
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 32 56 40
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Strømmålinger ved Herøy, Kobbavik, Langavik og Vindsvik i Ryfylke	Løpenr. (for bestilling) 3684-97	Dato 15.06.97
	Prosjektnr. Undernr. O-96290	Sider Pris 40
Forfatter(e) Einar Nygaard	Fagområde Hydrofysiske målinger/modeller	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Hydro Seafood Rogaland AS	Oppdragsreferanse Nils Viga
---	--------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA gjennomførte strømmålinger for Hydro Seafood ved 4 lokaliteter i Ryfylke mars - april 1997. Lokalitetene var Herøy (Vindafjord), Kobbavik (Fogn), Langavik (Ombo) og Vindsvik (Jøsenfjorden).</p> <p>Strømmålingene viste at lokalitetene, med unntak av Kobbavik som hadde relativt sterk strøm i 3 m dyp, verken var spesielt strømsterke eller strømsvake. Lokalitetene var ikke sterkt dominert av tidevannsstrøm men derimot av vedvarende perioder med strøm enten ene eller andre veien parallelt med land.</p> <p>Den lengste perioden med "strømstille" (26,6 timer) ble målt ved Langavik.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Strømmåling 2. Fiskeoppdrett 3. Hydro Seafood 4. Ryfylke 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Current measurement 2. Fish farming 3. Hydro Seafood 4. Ryfylke
---	--

Einar Nygaard

Einar Nygaard

Prosjektleder

ISBN 82-577-3249-4

Bjørn Braaten

Bjørn Braaten

Forskningssjef

NIVA prosjekt nr. O-96290

**Strømmålinger ved Herøy, Kobbavik, Langavik og
Vindsvik i Ryfylke**

Bergen, mai 1997

Forfatter: Einar Nygaard

Forord

Rapporten er utarbeidet av NIVA på oppdrag av Hydro Seafood Rogaland AS. Rapporten beskriver strømmålinger gjort ved fire av Hydro Seafood's oppdrettslokaliteter i Ryfylke. Målingene ble gjort i mars-april 1997.

Nils Viga har vært kontaktperson hos Hydro Seafood.

Hos NIVA har følgende personer vært involvert: *Lars G. Golmen* og *Torbjørn Johnsen* har bistått med planlegging og rapportutkast. *Johan Ahlfors* har stått for instrumentering. *Mannskapet* på Hilde B har bistått med feltarbeid. *Einar Nygaard* har vært prosjektleder og ansvarlig for feltarbeid og rapportering.

Bergen, 25/5 1997

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn	6
2. Måleprogrammet	8
2.1 Instrumenter	8
2.1.1 Aanderaa RCM7 strømmålere	8
2.1.2 Sensordata SD2000/SD6000 strømmålere	9
2.1.3 Minste målbare strøm	9
2.2 Måleposisjoner (forankring)	10
3. Resultater fra strømmålingene	13
3.1 Middelerverdier	13
3.2 Varighetsanalyse	13
3.2.1 Metodikk	13
3.3 Resultater fra strømmålingene ved Herøy	14
3.4 Resultater fra strømmålingene ved Kobbavik	15
3.5 Resultater fra strømmålingene ved Langavik	16
3.6 Resultater fra strømmålingene ved Vindsvik	17
4. Diskusjon	18
4.1 Generelt	18
4.2 Kalkulasjon av oksygenforbruk	18
4.3 NIVAs målinger	18
5. Referanser	20
Vedlegg A. Figurer	21

Sammendrag

NIVA gjennomførte strømmålinger for Hydro Seafood ved 4 lokaliteter i Ryfylke mars - april 1997. Lokalitetene var Herøy (Vindafjord), Kobbavik (Fogn), Langavik (Ombo) og Vindsvik (Jøsenfjorden).

Strømmålingene viste at lokalitetene, med unntak av Kobbavik som hadde relativ sterk strøm i 3 m dyp, verken var spesielt strømsterke eller strømsvake. Middel strømstyrke var mellom 10,57 og 3,57 cm/s i 3 m dyp og mellom 4,98 og 2,90 cm/s i 15 m dyp. Den lengste perioden med "strømstille" (26,6 timer) ble målt ved Langavik.

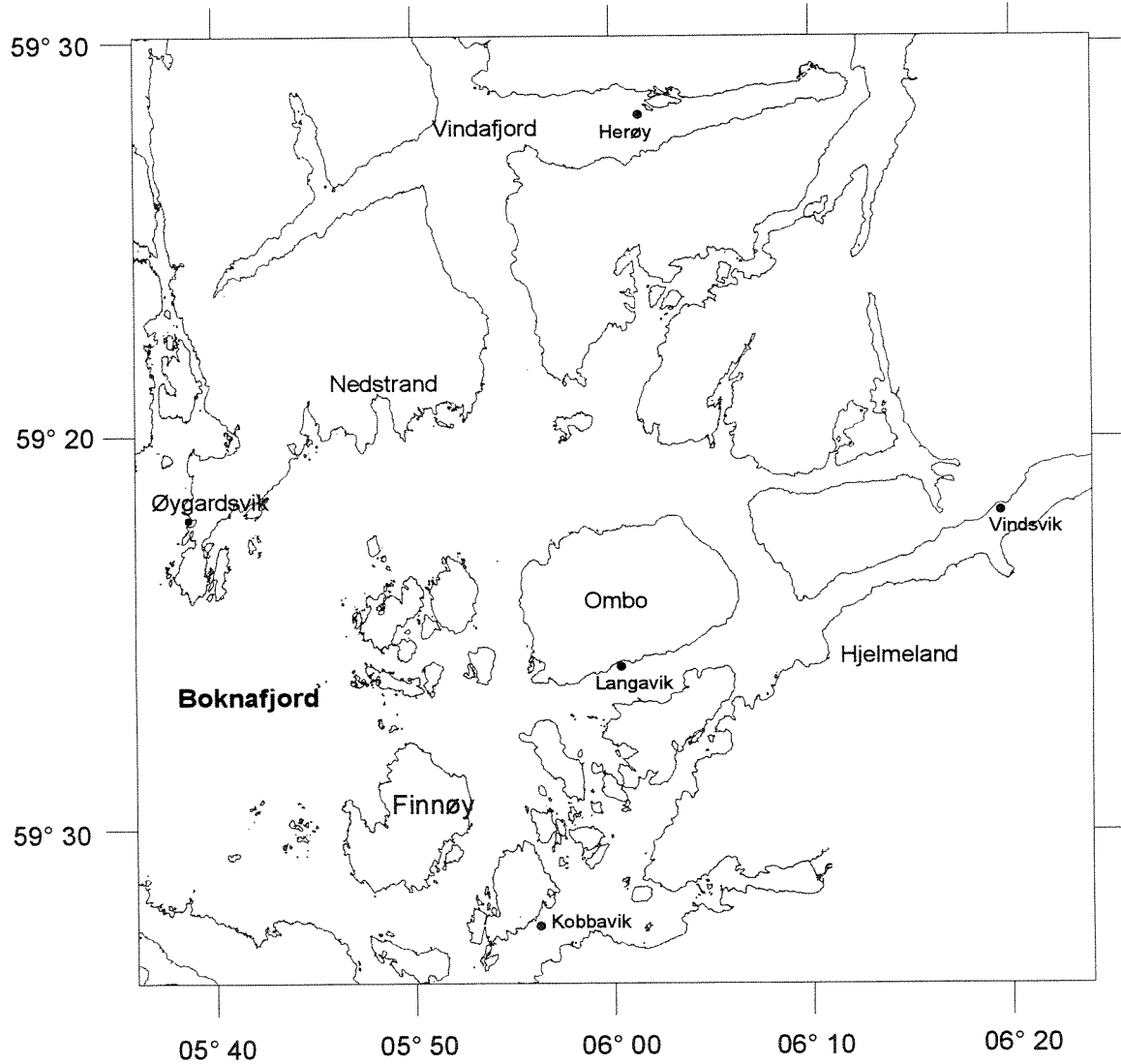
Lokalitetene var ikke sterkt dominert av tidevannsstrøm men derimot av vedvarende perioder med strøm enten ene eller andre veien parallelt med land.

1. Bakgrunn

Bakgrunnen for undersøkelsen var en forespørsel fra Hydro Seafood Rogaland AS i september 1996 om strømmålinger ved 4 lokaliteter (Lindvik, Fossaa, Kleppholmen og Djupvik, se **Figur 1**) i Ryfylke. I januar 1997 ønsket Hydro Seafood Rogaland AS strømmålinger ved ytterlige 4 lokaliteter (Herøy, Kobbavik, Langavik og Vindsvik) i Ryfylke. Ingen av disse 4 lokalitetene har fiskeoppdrettsanlegg i dag. Hydro Seafood planlegger å søke konsesjon for fiskeoppdrett ved alle 4 lokalitetene.

Undersøkelsen hadde som formål å måle og beskrive strømforholdene ved lokalitetene Herøy, Kobbavik, Langavik og Vindsvik i Ryfylke.

Målingene ble gjort i mars - april 1997. Prosjektet hadde oppstart i januar 1997 og ble avsluttet i mai 1997.

Lokaliteter med strømmåling i Ryfylke (mars/april. 1997)

Figur 1. Kart over Boknafjorden/Ryfylke. Strømmålingslokalitetene er avmerket i kartet.

2. Måleprogrammet

I dette kapitlet beskrives strømmålingene som ble gjennomført for Hydro Seafood Rogaland AS i Ryfylke i perioden mars-april 1997.

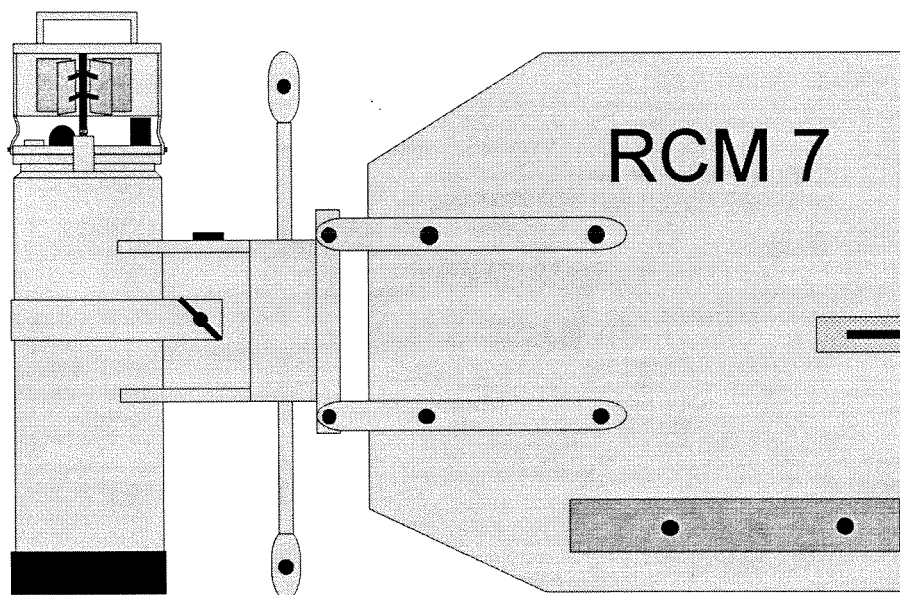
Det blir også gitt noe informasjon om instrumentene og målemetodene.

2.1 Instrumenter

Strømmålingene ble gjort med instrument av type Aanderaa Instruments RCM7 og med Sensordata SD2000/SD6000.

2.1.1 Aanderaa RCM7 strømmålere

Figur 2 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. Målerene registrerer også sjøvannets temperatur og salinitet. RCM7 strømmålere har internt minne til å lagre data.



Figur 2. Skisse av Aanderaa Instruments strømmåler (RCM7).

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 Sensordata SD2000/SD6000 strømmålere

Sensordata SD2000/SD6000 strømmålere (**Figur 3**) måler fart og retning ved hjelp av rotor og ror. Begge instrumentene registrerer dessuten sjøens temperatur. Instrumentene har eget innebygget minne for lagring av data.

Sensordata oppgir følgende nøyaktigheter for sine instrument:

Temperatur:	$\pm 0,1^\circ\text{C}$
Strømretning:	Oppløsningen er oppgitt til 2° . Det oppgis ingen absolutt nøyaktighet.
Fart:	Måleområdet oppgis fra 0-8 m/s med en oppløsning på 0,5 cm/s. Det oppgis ingen absolutt nøyaktighet. Rotoren er imidlertid av same type som på Aanderaa instrumentene.

Instrumentene vektormidler over måleintervallet. Måleintervallet ble satt til 10 eller 22 minutt.

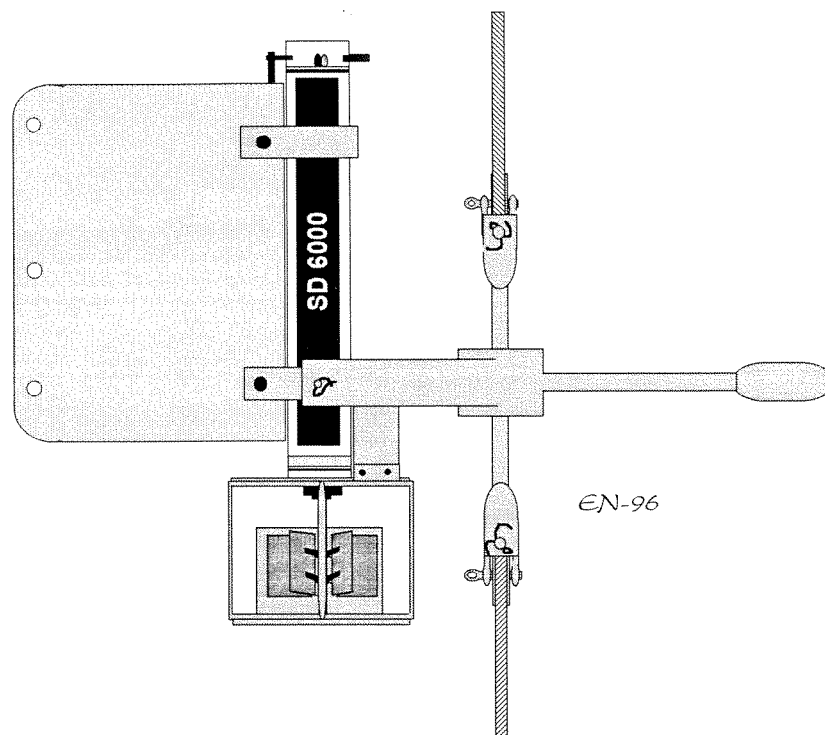
2.1.3 Minste målbare strøm

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 målerene 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 helt klart et overestimat av strømstyrken ved lave strømhastigheter.

Sensordata strømmålere har en terskelverdi¹ på 1,0 cm/s for strømfart. Sensordata målerene setter strømstyrken lik 1,0 cm/s for observasjoner hvor rotoren ikke er satt i bevegelse og instrumentet samtidig ikke har endret orientering i løpet av et måleintervall. Det vil si at midlere strømstyrke for en tidsserie med ingen rotorregistreringer, uten at instrumentet har dreiet, blir 1,0 cm/s. Som for Aanderaa

¹ Sensordata oppgir terskelverdien lik 1,0 cm/s selv om rotoren er av samme type som på Aanderaa instrumentene

Instrumentets strømmåler overestimeres strømstyrken ved lave strømhastigheter. Om instrumentet dreier kan man få en middelvei lavere enn terskelverdien.



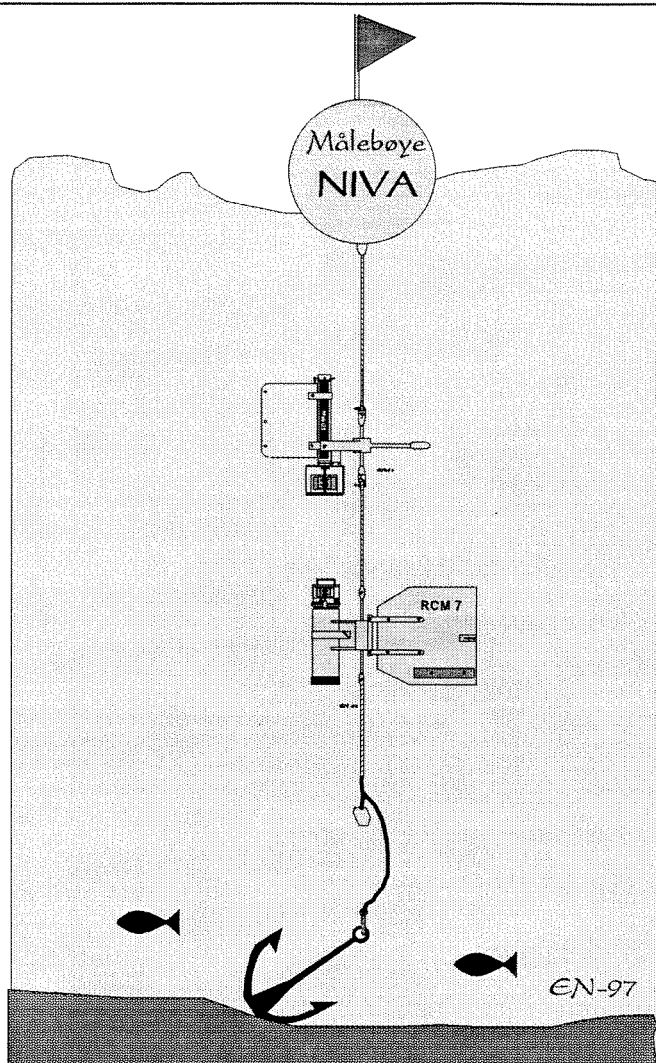
Figur 3. Prinsippskisse av Sensordata (SD6000) strømmåler.

2.2 Måleposisjoner (forankring)

Alle strømmålerene ble satt ut i såkalte strømrigger. Riggene ble foranket og holdt i vertikal posisjon ved hjelp av en stor overflatebøye. **Figur 4** viser ei skisse av en strømrigg.

Instrumentene stod i 3 og 15 m dyp ved alle lokalitetene.

Posisjonene for strømmålingene er inntegnet i **Figur 1**.



Figur 4. Prinsippskisse av en strømrigg.

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

Det var avtalt å måle strøm i en periode av 4 ukers varighet samtidig ved de 4 lokalitetene. En 4 ukers måleperiode strekker seg i beste fall over to vanlig spring/nipp tidevannsperioder. 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.

Instrumentene målte strøm i minst 25 dager ved alle lokalitetene. Ved Langavik og Vindsvik stoppet målerene i 15 m dyp etter 25 dager, ellers virket alle instrumentene hele måleperioden.

Tabell 1. Tabellen inneholder opplysninger om måle-posisjon (Europeisk Datum, fra sjøkart), sted, bunndyp, måledyp, måler nummer, målinger fra-til, periode hvor instrument har fungert og en kort kommentar.

Posisjon	Sted	Bunndyp (m)	Måledyp (m)	Måler nummer	Fra- til	Periode med ok data (dager)	Kommentar
N59° 28.15' E06° 01.80'	Herøy	80	3	SD6000# A	12/3-12/4 1997	32	Data ok
"	"	"	15	RCM7# 9059	"	32	"
N59° 07.53' E05° 56.11'	Kobbavik	100	3	RCM7# 9000	11/3-11/4 1997	31	"
"	"	"	15	RCM7# 269	"	31	"
N59° 14.13' E06° 00.65'	Langavik	100	3	SD2000# S3	"	25	Måler stoppet etter 25 dager
"	"	"	15	RCM7# 900	"	31	Data ok
N59° 18.20' E06° 19.51'	Vindsvik	100	3	SD2000# S4	"	25	Måler stoppet etter 25 dager
"	"	"	15	RCM7# 8362	"	32	Data ok

3. Resultater fra strømmålingene

I dette avsnittet presenteres resultatene fra strømmålingene.

Resultatene for strømmålingene er vist som figurer i Vedlegg A (**Figur 5 til 28**). Figurene viser tidsserier av strømshastighet, retning, temperatur og salinitet. Det er også laget figurer som viser gjennomsnittlig strømfordeling i 15° sektorer (strømroser) og statistikk fra varighetsanalyse.

3.1 Middelerverdier

For hver tidsserie er det blitt beregnet middelerverdier for strømstyrke, strømvektor, temperatur salinitet og strømmens stabilitetsfaktor. Stabilitetsfaktoren er definert som absoluttverdien av middel strømvektor delt på middelerverdien for fart i midlingsperioden. Dette gir et tall mellom 0 (tilsvarende svært vekslende strøm) og 1 (tilsvarende ensretta strøm). De beregnede verdiene er gitt i **Tabell 2**.

Tabell 2. Statistiske resultater fra strømmålingene. Det er opplysninger om, sted, måledyp, middelerverdi for strømstyrke, vektormidlet strøm, vektor midlet strøm retning, temperatur, salinitet og strømmens stabilitetsfaktor (stab).

Sted	Måledyp (m)	Gjennomsnittlig strømstyrke (cm/s)	Vektormidlet strøm (cm/s)	Vektor midlet strøm Retning (°)	Temp (°C)	Salinitet (‰)	Stab
Herøy	3	5,24	0,91	156	5,85	-	0,17
"	15	4,98	0,37	61	6,60	33,62	0,08
Kobbav.	3	10,57	3,62	227	5,66	30,57	0,34
"	15	3,23	0,54	221	6,26	33,11	0,17
Langav.	3	3,57	1,28	266	5,50	-	0,36
"	15	3,10	0,53	314	6,02	32,90	0,17
Vindsv.	3	5,23	0,62	32	5,99	-	0,12
"	15	2,90	0,66	332	6,81	33,34	0,23

3.2 Varighetsanalyse

Det er utført statistiske beregninger på hvordan strømfarten varierer ved de 4 lokalitetene. Dette er gjort ved å beregne hvor ofte og hvor lenge strømfarten var mindre enn/eller lik faste verdier (Golmen, 1994). Resultatene er gitt i tabellform (**Tabell 3 - 10** og **Figur 21 - 28**).

3.2.1 Metodikk

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 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.

3.3 Resultater fra strømmålingene ved Herøy

Ved Herøy var middelstrømmen 5,24 cm/s i 3 m dyp og 4,98 cm/s i 15 m dyp. Strømmen ved lokaliteten var vekslende, med strøm enten inn eller ut fjorden (Figur 5, 6, 13 og 14). Tidevannsdominert strøm vil på Vestlandskysten variere med en periode på ca. 12,5 timer. Man kan ikke umiddelbart gjenkjenne tidevannssignalet i strømmålingene. Ved lokaliteten var strømretningen i perioder relativt stabil i flere dager. I en periode med lav salinitet og kaldt vann var farten 25 cm/s i 15 m dyp.

Under 4% av målingene i begge dyp, viste strøm svakere enn/lik 1,1 cm/s (Tabell 3, 4, Figur 21 og 22). De lengste "stagnerende" periodene var på 1,3 timer i både 3 og 15 m dyp.

Tabell 3. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort ved Herøy i 3 meters dyp.

Herøy 3 meters dyp										
Middelfart =		5.24	Fmax =		23.80					
Antall målinger =		4437	Tilsvarende		739.5 timer					
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)	
1.10	73	1.65	45	16	0.27	1.3	970	16.16	118.83	
1.50	135	3.04	61	22	0.37	2.3	705	11.75	108.00	
2.00	233	5.25	100	23	0.39	3.5	420	7.01	64.33	
4.00	1417	31.94	379	37	0.62	8.3	80	1.33	20.33	
6.00	3006	67.75	275	109	1.82	51.3	52	0.87	9.67	
8.00	3842	86.59	156	246	4.10	116.5	38	0.64	6.00	
10.00	4257	95.94	35	1216	20.27	158.7	51	0.86	3.83	
15.00	4410	99.39	4	11025	183.75	339.0	67	1.13	2.67	
20.00	4425	99.73	2	22125	368.75	520.7	60	1.00	1.67	
25.00	4437	100.00	1	44370	739.50	739.5	0	0.00	0.00	

Tabell 4. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort ved Herøy i 15 meters dyp.

Herøy 15 meters dyp										
Middelfart =		4.98	Fmax =		27.84					
Antall målinger =		4439	Tilsvarende		739.8 timer					
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)	
1.10	145	3.27	56	26	0.43	1.3	767	12.78	188.17	
1.50	298	6.71	86	35	0.58	2.5	482	8.03	184.17	
2.00	517	11.65	106	49	0.81	5.3	370	6.17	107.33	
4.00	1509	33.99	223	68	1.13	17.2	131	2.19	25.00	
6.00	3177	71.57	188	169	2.82	54.8	67	1.12	14.67	
8.00	4039	90.99	81	499	8.31	123.2	49	0.82	10.67	
10.00	4240	95.52	29	1462	24.37	179.2	69	1.14	8.17	
15.00	4392	98.94	8	5490	91.50	341.8	59	0.98	4.33	
20.00	4421	99.59	7	6316	105.26	381.2	26	0.43	1.00	
25.00	4433	99.86	4	11082	184.71	381.5	15	0.25	0.67	
30.00	4439	100.00	1	44390	739.83	739.8	0	0.00	0.00	

3.4 Resultater fra strømmålingene ved Kobbavik

Ved Kobbavik var middelstrømmen 10,57 cm/s i 3 m dyp og 3,23 cm/s i 15 m dyp. Strømmen i 3 m dyp var dominert av perioder (1-4 dager) med enten sørvestlig eller nordøstlig strøm (Figur 7, 8, 15 og 16). I 15 meters dyp var strømmen svakere og mindre retningsstabil. Vannet ble hovedsakelig transportert mot sør/vest (langs land).

Under 1% av målingene i 3 meters dyp og 22% i 15 meters dyp viste strøm svakere enn 1,1 cm/s (Tabell 5, 6, Figur 23 og 24). I 15 m dyp var middelperioden med strøm svakere enn 1,1 cm/s 59 minutt. Den lengste "stagnerende" perioden var 12,8 timer i 15 m dyp.

Tabell 5. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort ved Kobbavik i 3 meters dyp.

Kobbavik 3 meters dyp										
Middelfart = 10.57 Fmax = 42.37										
Antall målinger = 4288, Tilsvarende 714.7 timer										
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)	
1.10	4	0.09	4	10	0.17	0.2	10710	178.50	482.33	
1.50	21	0.49	13	16	0.27	0.7	3282	54.71	315.33	
2.00	101	2.36	34	30	0.50	3.5	1231	20.52	241.83	
4.00	467	10.89	101	46	0.77	5.5	378	6.31	128.17	
6.00	1116	26.03	136	82	1.37	13.3	233	3.89	80.67	
8.00	1776	41.42	153	116	1.93	33.3	164	2.74	80.50	
10.00	2345	54.69	151	155	2.59	49.2	129	2.14	65.33	
15.00	3345	78.01	80	418	6.97	66.0	118	1.96	28.50	
20.00	3856	89.93	48	803	13.39	102.5	90	1.50	8.00	
25.00	4197	97.88	29	1447	24.12	171.7	31	0.52	3.00	
30.00	4264	99.44	4	10660	177.67	481.5	60	1.00	1.83	
35.00	4278	99.77	3	14260	237.67	481.8	33	0.56	1.33	
40.00	4286	99.95	3	14287	238.11	649.0	7	0.11	0.17	
45.00	4288	100.00	1	42880	714.67	714.7	0	0.00	0.00	

Tabell 6. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort ved Kobbavik i 15 meters dyp.

Kobbavik 15 meters dyp										
Middelfart = 3.23 Fmax = 19.70										
Antall målinger = 4289 Tilsvarende 714.8 timer										
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)	
1.10	937	21.85	160	59	0.98	12.8	209	3.49	60.50	
1.50	1287	30.01	173	74	1.24	24.5	174	2.89	51.67	
2.00	1763	41.11	181	97	1.62	47.2	140	2.33	42.33	
4.00	2945	68.66	186	158	2.64	65.0	72	1.20	20.83	
6.00	3877	90.39	79	491	8.18	156.8	52	0.87	10.67	
8.00	4090	95.36	31	1319	21.99	287.3	64	1.07	6.33	
10.00	4172	97.27	16	2607	43.46	288.3	73	1.22	5.50	
15.00	4274	99.65	5	8548	142.47	340.2	30	0.50	1.33	
20.00	4289	100.00	1	42890	714.83	714.8	0	0.00	0.00	

3.5 Resultater fra strømmålingene ved Langavik

Ved Langavik var middelstrømmen 3,57 cm/s i 3 m dyp og 3,10 cm/s i 15 m dyp. Lokaliteten synes dominert av vekslende strøm, enten ene eller andre veien langs land (Figur 9, 10, 17 og 18). Vanntransporten var hovedsakelig mot vest.

33% av målingene i 3 m dyp og 13% i 15 m dyp viste strøm svakere enn/lik 1,1 cm/s (Tabell 7, 8, Figur 25 og 26). Disse fordelte seg slik at middelperioden med strøm svakere enn 1,1 cm/s var 190 minutt i 3 m dyp og 41 minutt i 15 m dyp. De lengste "stagnerende" periodene var på 27 timer i 3 m dyp og 17 timer i 15 m dyp.

Tabell 7. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort ved Langavik i 3 meters dyp.

Langavik 3 meters dyp									
Middelfart =		3.57	Fmax =		15.50				
Antall målinger =		1204	Tilsvarende		561.9 timer				
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)
1.10	394	32.72	58	190	3.17	26.6	391	6.52	112.93
1.50	394	32.72	58	190	3.17	26.6	391	6.52	112.93
2.00	394	32.72	58	190	3.17	26.6	391	6.52	112.93
4.00	700	58.14	80	245	4.08	72.8	176	2.94	39.67
6.00	931	77.33	45	579	9.65	162.4	170	2.83	31.27
8.00	1067	88.62	36	830	13.83	208.1	107	1.78	15.40
10.00	1175	97.59	19	1732	28.86	211.4	43	0.71	2.33
15.00	1203	99.92	2	16842	280.70	509.6	14	0.23	0.47
20.00	1204	100.00	1	33712	561.87	561.9	0	0.00	0.00

Tabell 8. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort ved Langavik i 15 meters dyp

Langavik 15 meters dyp									
Middelfart =		3.10	Fmax =		19.12				
Antall målinger =		4346	Tilsvarende		724.3 timer				
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)
1.10	566	13.02	138	41	0.68	17.2	274	4.57	152.00
1.50	925	21.28	213	43	0.72	17.2	161	2.68	105.33
2.00	1576	36.26	242	65	1.09	17.5	114	1.91	46.00
4.00	3091	71.12	222	139	2.32	42.8	57	0.94	6.33
6.00	4080	93.88	70	583	9.71	83.7	38	0.63	3.67
8.00	4258	97.98	22	1935	32.26	97.5	40	0.67	3.17
10.00	4311	99.19	10	4311	71.85	182.5	35	0.58	2.67
15.00	4341	99.88	4	10852	180.87	546.8	13	0.21	0.50
20.00	4346	100.00	1	43460	724.33	724.3	0	0.00	0.00

3.6 Resultater fra strømmålingene ved Vindsvik

Ved Vindsvik var middelstrømmen 5,23 cm/s i 3 m dyp og 2,90 cm/s i 15 m dyp. Strømmen ved lokaliteten var vekslende med dominerende strømretninger enten inn eller ut fjorden, men også andre retninger var representert. (Figur 11, 12, 19 og 20).

17% av målingene i 3 meters dyp og 12% i 15 meters dyp viste strøm svakere enn 1,1 cm/s (Tabell 9, 10, Figur 27 og 28). Disse fordelte seg slik at middelperioden med strøm svakere enn 1,1 cm/s var 104 minutt i 3 m dyp og 35 minutt i 15 m dyp. De lengste "stagnerende" periodene var på 9,3 og 7 timer i henholdsvis 3 og 15 m dyp.

Tabell 9. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort ved Vindsvik i 3 meters dyp.

Vindsvik 3 meters dyp									
Middelfart =		5.23	Fmax =		25.90				
Antall målinger =		1229	Tilsvarende		573.5 timer				
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)
1.10	215	17.49	58	104	1.73	9.3	490	8.16	94.73
1.50	215	17.49	58	104	1.73	9.3	490	8.16	94.73
2.00	215	17.49	58	104	1.73	9.3	490	8.16	94.73
4.00	439	35.72	82	150	2.50	14.9	270	4.50	63.00
6.00	723	58.83	90	225	3.75	46.7	157	2.62	50.40
8.00	957	77.87	69	388	6.47	86.8	110	1.84	27.07
10.00	1119	91.05	36	870	14.51	134.4	86	1.43	11.20
15.00	1225	99.67	3	11433	190.56	279.1	37	0.62	1.40
20.00	1228	99.92	2	17192	286.53	422.8	14	0.23	0.47
25.00	1228	99.92	2	17192	286.53	422.8	14	0.23	0.47
30.00	1229	100.00	1	34412	573.53	573.5	0	0.00	0.00

Tabell 10. Beregnet statistikk fra strømmålingene gjort ved Vindsvik i 15 meters dyp.

Vindsvik 15 meters dyp									
Middelfart =		2.90	Fmax =		8.66				
Antall målinger =		4432	Tilsvarende		738.7 timer				
Fart<	Antall	Prosent	perioder	mpu(min)	timer	lpu(t)	mpo(min)	timer	lpo(t)
1.10	527	11.89	150	35	0.59	7.0	260	4.34	101.00
1.50	969	21.86	208	47	0.78	7.8	166	2.77	48.00
2.00	1667	37.61	231	72	1.20	12.7	120	1.99	24.67
4.00	3299	74.44	264	125	2.08	60.2	43	0.72	5.83
6.00	4320	97.47	44	982	16.36	107.0	25	0.42	1.50
8.00	4429	99.93	3	14763	246.06	678.8	10	0.17	0.33
10.00	4432	100.00	1	44320	738.67	738.7	0	0.00	0.00

4. Diskusjon

4.1 Generelt

Det må være en viss vannutskifting i merdene blant annet for å kompensere for fiskens oksygenforbruk. Det er opplagt at fisken fort vil få problemer i stagnerende vann. Aure (1983) mener at et anlegg med en fisketetthet på 8-10 kg/m³, som er lite i forhold til dagens, trenger en gjennomsnittsstrøm på minst 2 cm/s for å opprettholde tilfredsstillende oksygenforhold. Mye groe på merdene kan redusere strømmen inne i merdene med 70 % (Sætre, 1975). For å kompensere for dette, bør middelstrømstyrke være ca. 10 cm/s i følge Sætre. Andersen (1996) sier at middelstrømmen i 5 m dyp bør være over 3 cm/s.

Om anlegget orienteres slik at det ligger med langsiden mot den dominerende strømrretningen optimaliseres vannutskiftingen ved en lokalitet. Både merdene og fisk i merdene påvirker strømbildet ved en lokalitet. Vannet søker minste motstands vei. Det vil si at vannet vil forsøke å strømme rundt anlegget heller enn gjennom det. Mange merder etter hverandre langs hovedstrømmen gir svært redusert strøm i merdene som ligger i le. Dersom merdene er mye begrodd kan allerede strømmen i merd nummer to bli redusert til under 40 % av strømmen utenfor. I merd nummer seks er det da praktisk talt ikke strøm (Aarsnes et al. 1990).

4.2 Kalkulasjon av oksygenforbruk

Faktisk oksygenforbruk i merdene avhenger av biomasse, fiskens respirasjon og fôropptak. Disse faktorene er nært knyttet til temperatur, og til fiskens vekstsyklus. Et grovt anslag for oksygenforbruket i juni-juli kan settes til 10 kg O₂/tonn fisk pr. døgn. Dette tallet kan øke utover høsten (Braaten & Golmen, 94).

Det antas at en har en kvadratisk merd på 20 ganger 20 meter og 10 meter dyp, med en fisketetthet på 25 kg/m³. Det vil si en total biomasse på 100 tonn, og tilsvarer et oksygenforbruk på 1000 kg/O₂ pr. døgn. Vi antar at vannet som strømmer inn i merden har en oksygenkonsentrasjon på 9 mg/l mens vannet som strømmer ut av merden har en oksygenkonsentrasjon på 7 mg/l. Oksygenverdier lavere enn 7 mg/l inne i merden er ikke ønskelig da dette har innvirkning på fiskens trivsel og tilvekst. For å kompensere for oksygenforbruket og for å holde oksygenkonsentrasjonen inne i merden over 7 mg/l hele tiden trengs da en gjennomsnittstrøm på 2,9 cm/s inn i merden.

4.3 NIVAs målinger

Strømmålingene viste at lokalitetene hadde middelstrøm mellom 10,57 og 3,57 cm/s i 3 m dyp og mellom 4,98 og 2,90 cm/s i 15 m dyp. Det var sterkere strøm i 3 enn i 15 m dyp ved alle lokalitetene. Det er likevel ikke sikkert at strømstyrken var mye lavere på dyp større enn 15 m. Golmen (1994) gjorde strømmålinger i 10 og 70 m dyp ved 5 lokaliteter nord for Finnøy. Ved 3 av lokalitetene var middelstrømmen høyere i 70 enn 10 m dyp.

Alle lokalitetene hadde tilfredsstillende middelstrøm sammenlignet med verdiene på 2-3 cm/s gitt ovenfor. Til gjengjeld hadde lokalitetene, unntatt i 3m dyp ved Kobbavik, langt svakere strøm enn 10 cm/s. En middelstrømstyrke på 10 cm/s skal til for å kompensere for sterkt tilgrodde merder. Det er imidlertid svært sjelden å se lokaliteter i Ryfylke med middelstrøm over 10 cm/s, unntatt i såkalte strømsund eller i sterkt ferskvannspåvirkete fjorder.

Det er ikke nok å se på middelstrømmen alene for å vurdere en lokalitets egnethet for fiskeoppdrett. Det er også av stor betydning at varigheten av perioder med svak/ingen strøm ikke er lange. **Figur 21 - 28** viser midlere varighet av perioder med strøm over og under gitt strømstyrke. Disse figurene gir et fint bilde av midlere periodelengder med svak og sterk strøm. Den lengste perioden med "strømstille" (26,6 timer) ble målt ved Langavik.

Lokalitetene var dominert av vedvarende perioder med strøm enten ene eller andre veien parallelt med land.

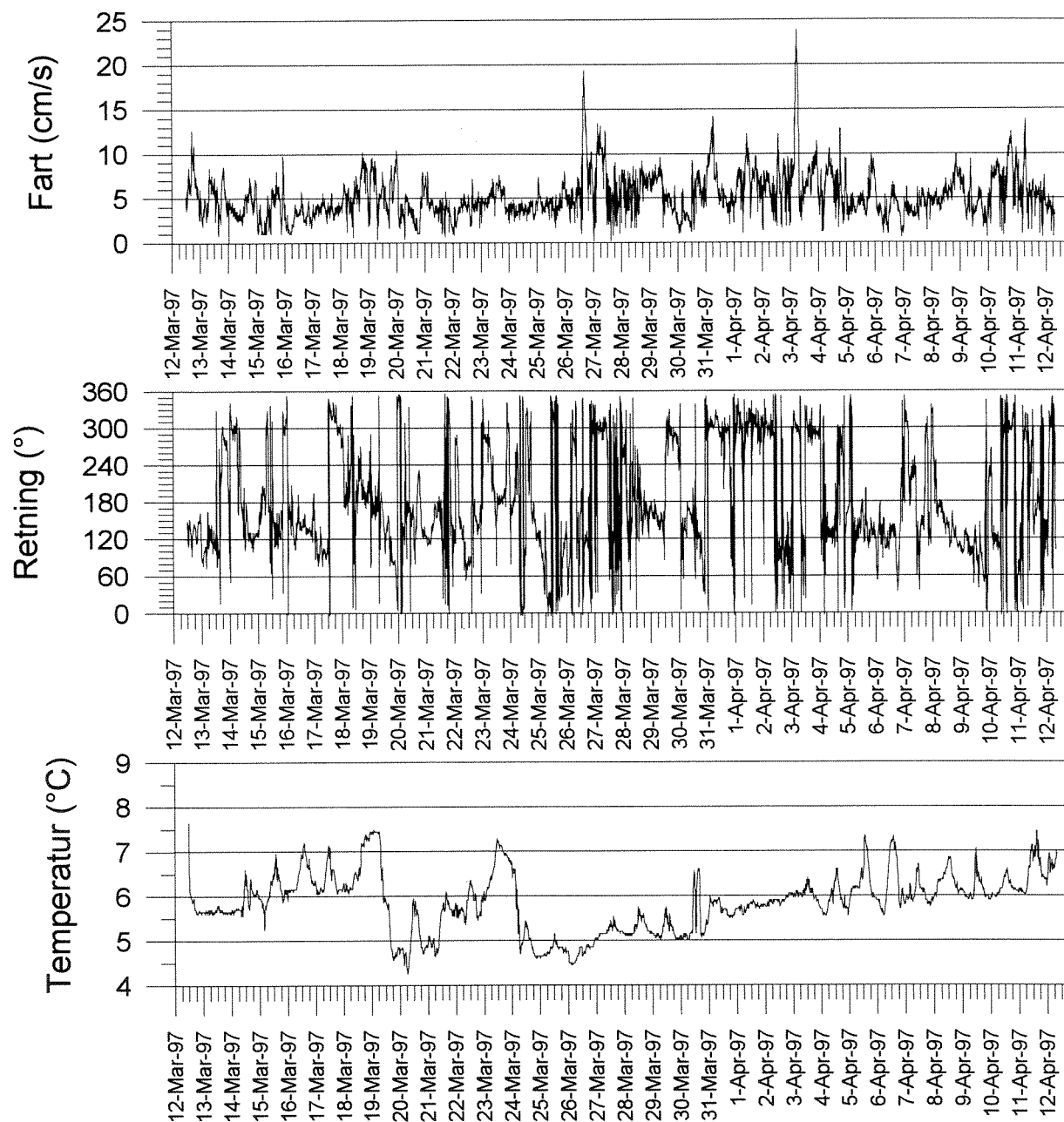
Ingen av lokalitetene var sterkt dominert av tidevannsstrøm. En må derfor gjøre regning med sesongvariasjoner i strømforholdene. Tidevannsgenerert strøm holder seg stort sett på samme nivå hele året. Andre strømskapende effekter som vind, nedbør (avrenning fra land) og lufttrykksvariasjoner har ofte utpregede årstidsvariasjoner. Det vil derfor være en god målsetting å gjennomføre en måleserie i perioden juli-september for å finne sesongvariasjon i strømforholdene.

5. Referanser

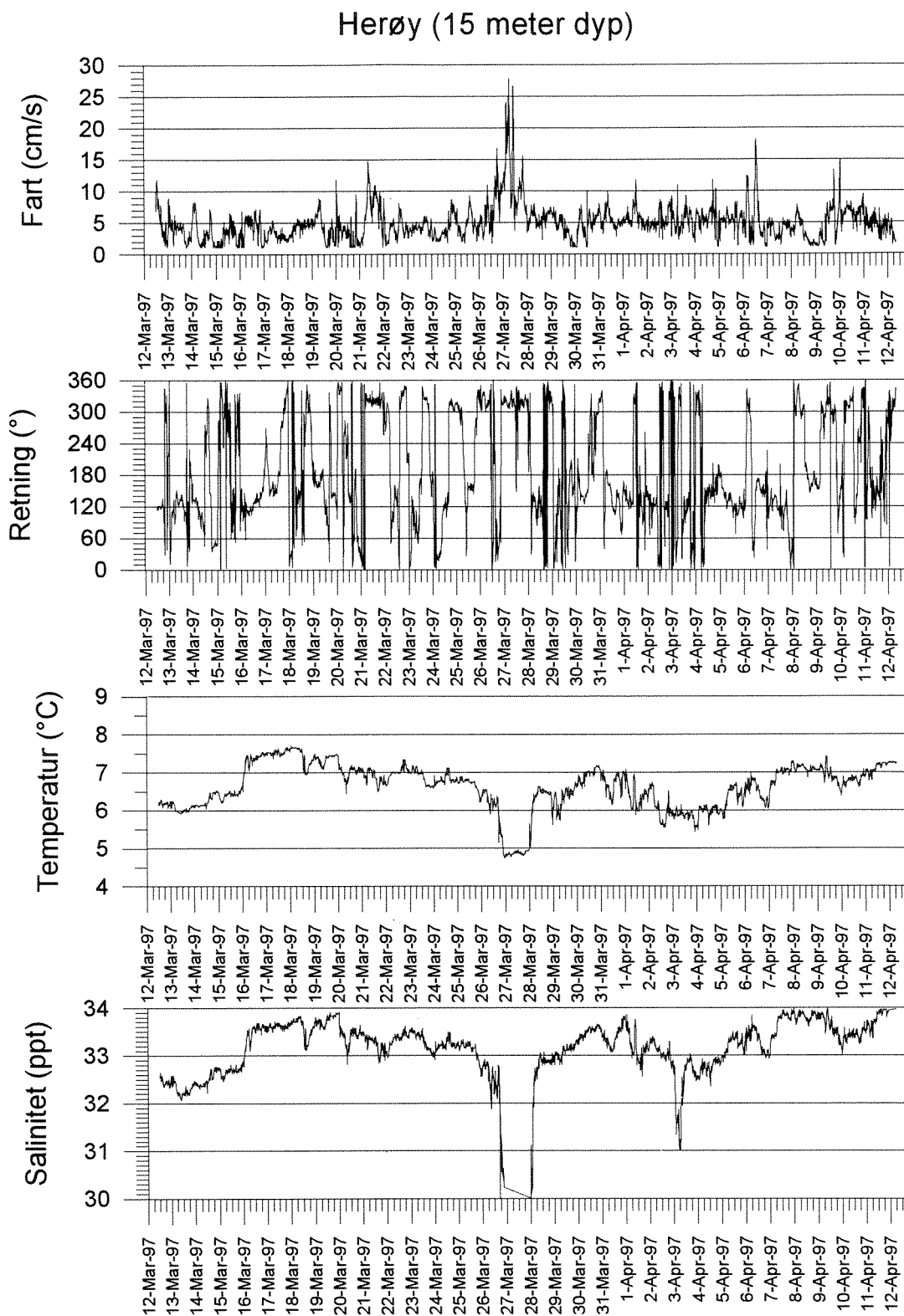
- Aanderaa 1983, RCM 7 & 8 Recording Current Meter. Operating Manual. Aanderaa Instruments, Bergen, Norway.
- Andersen P. 1996, Miljøhåndbok for fiskeoppdrett. Kystnæringen 1996. Side 16.
- Aure J. 1983, Akvakultur i Troms, kartlegging av høvelige lokaliteter for Fiskeoppdrett. Fisken og Havet 1983, nr 1.
- Braaten B & Golmen L. G. 1994: Miljøundersøkelser på AS MOWIs oppdrettsanlegg i Skorposen. Fase 1. Innledende undersøkelser. NIVA rapport nr. 3120.
- Golmen L.G. 1994, Strømforhold som lokaliseringkriterium. Norsk Fiskeoppdrett nr. 1-94.
- Golmen L. G. 1994, Heidrun TLP Pretow current survey along the tow route May-July 1994. NIVA rapport nr. 3259.
- Sætre R. 1975, Lokalisering og miljø ved noen oppdrettsanlegg for laksefisk i Vest-Norge. Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt, Serie B 1975 Nr. 4.
- Aarsnes, J.V.G. Løland and H. Rudi 1990: "Forces on cage net deflection". International Conference for Engineering for Offshore Fish Farming, Glasgow, UK, 17-18 Oct. 1990

Vedlegg A. Figurer

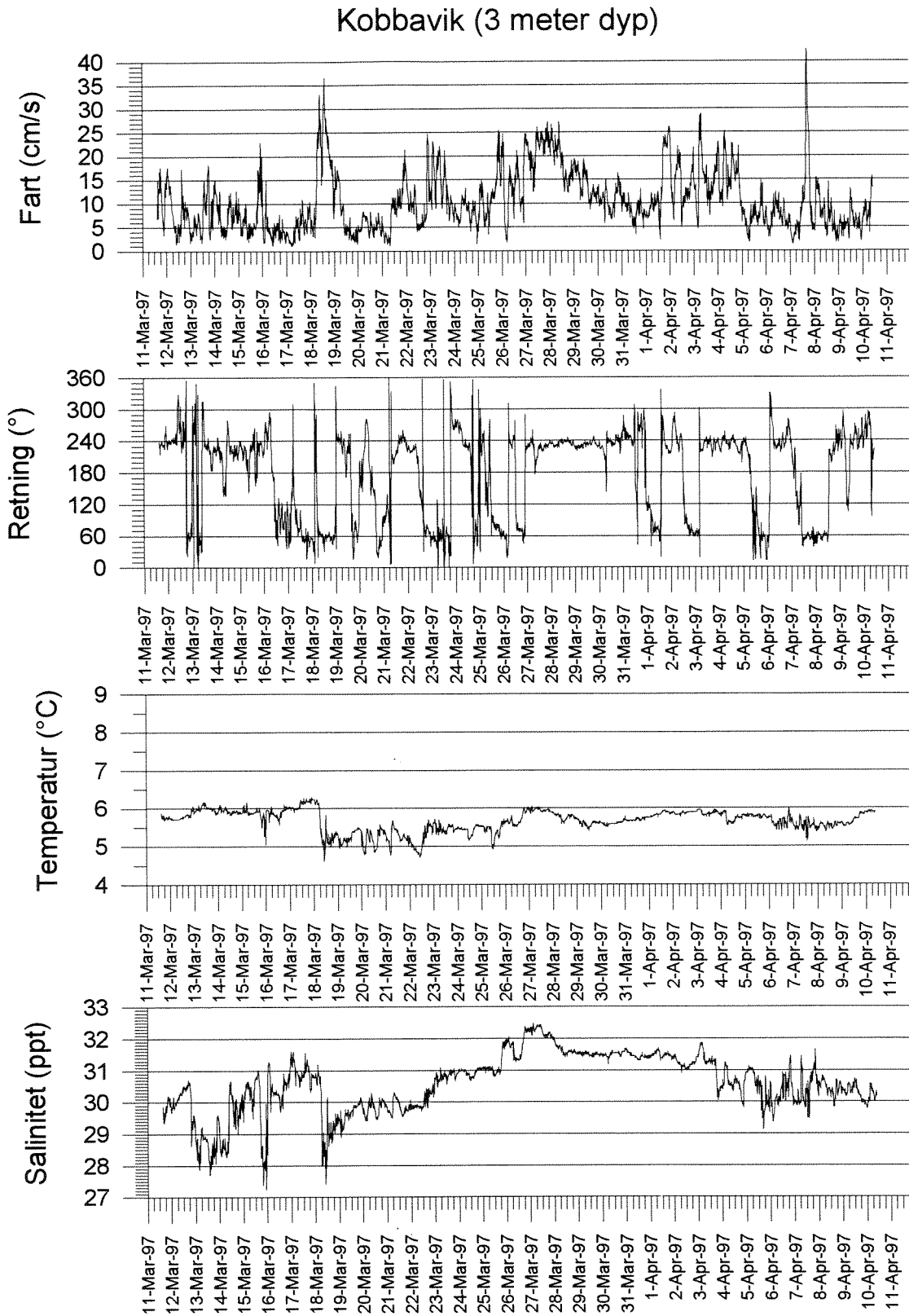
Herøy (3 meter dyp)



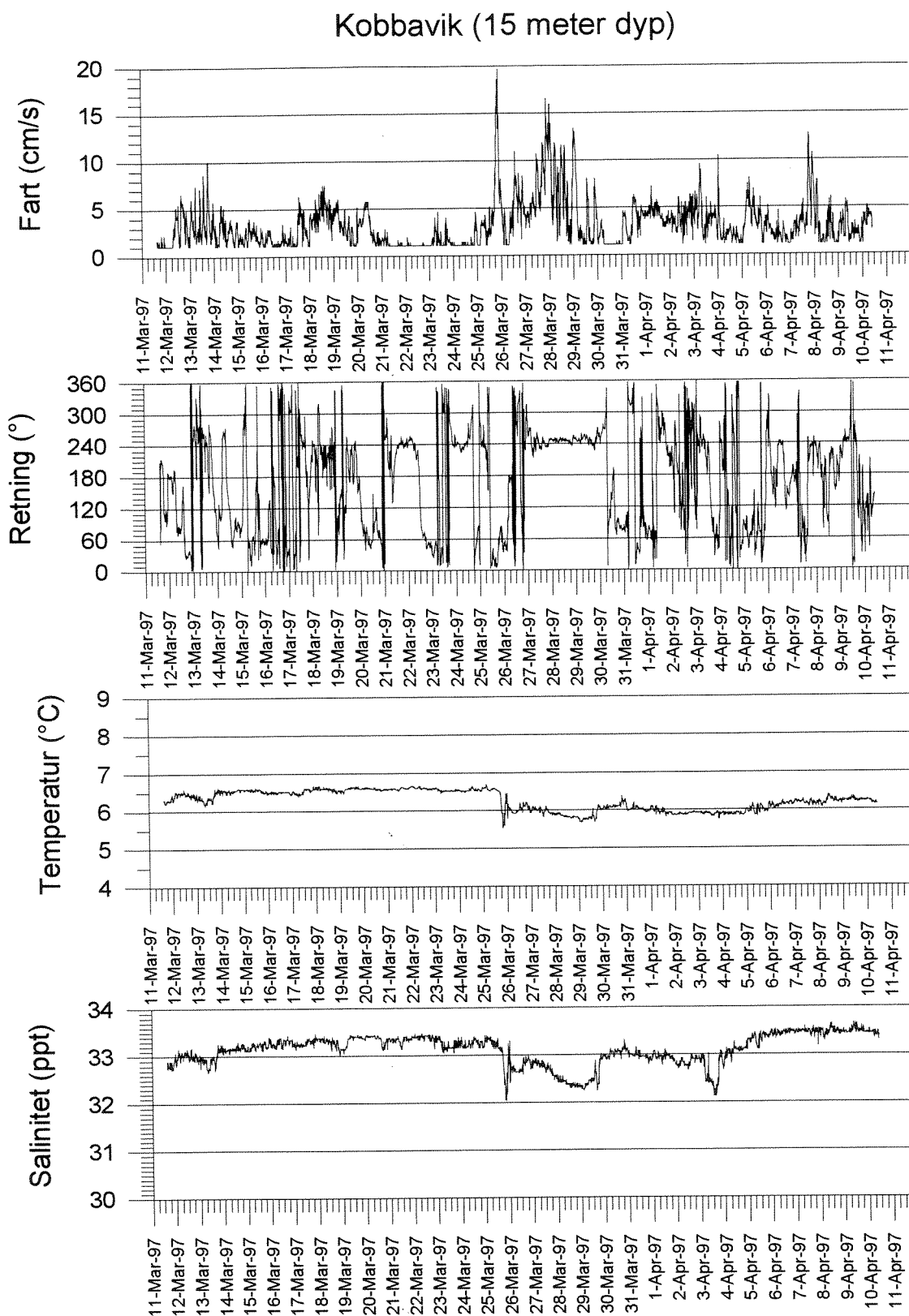
Figur 5. Strømmålinger i 3 meters dyp ved Herøy.



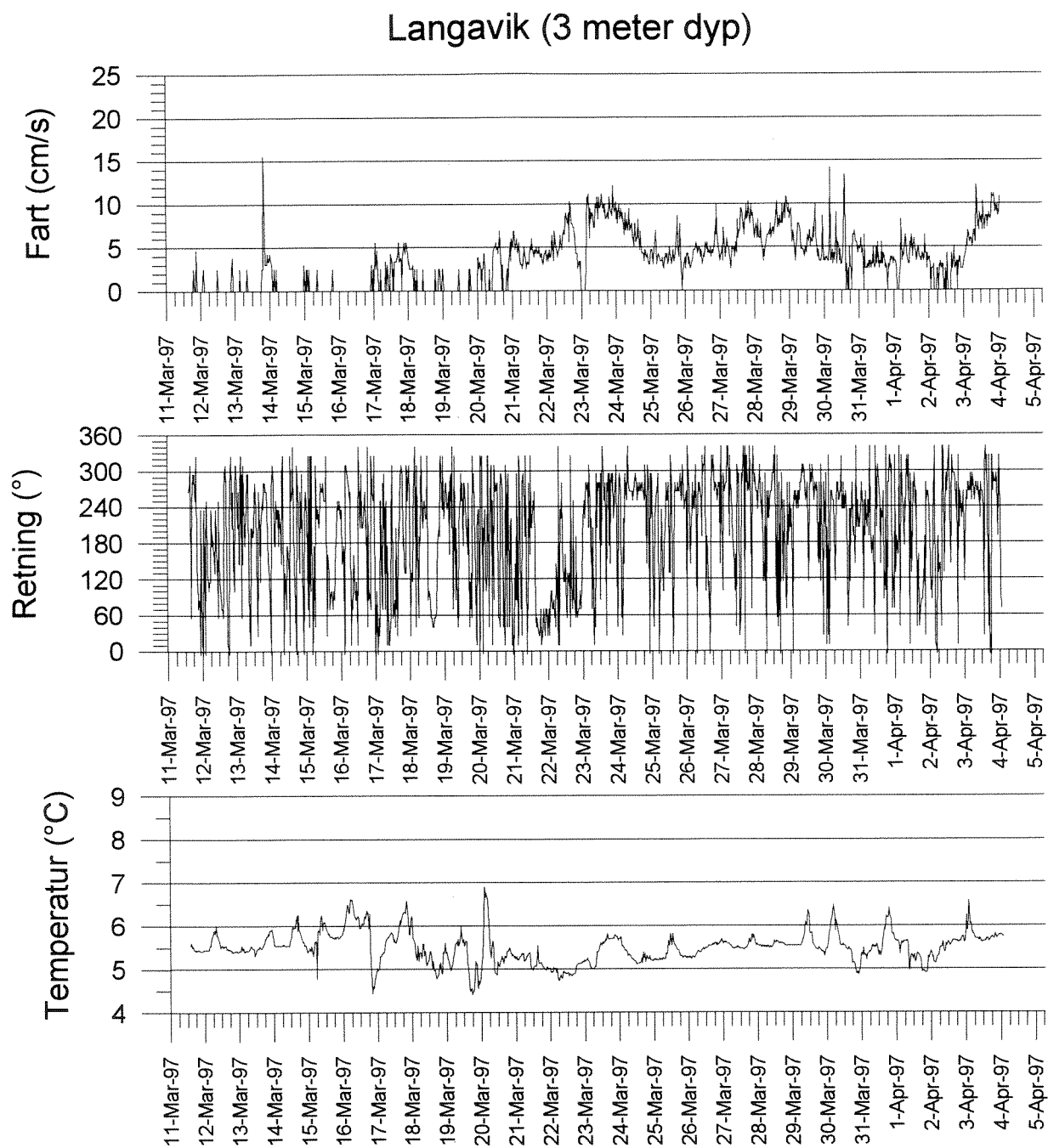
Figur 6. Strømmålinger i 15 meters dyp ved Herøy.



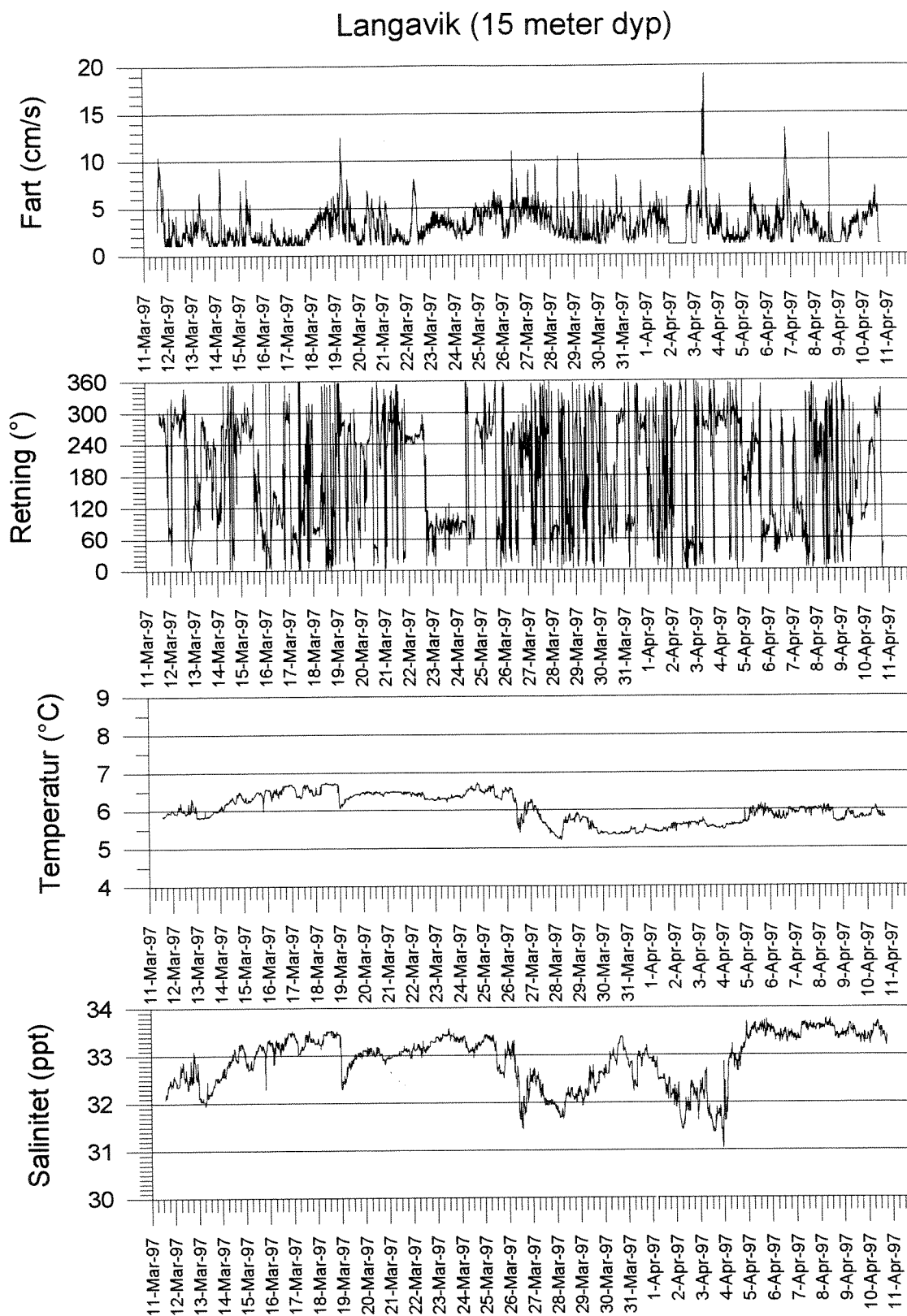
Figur 7. Strømmålinger i 3 meters dyp ved Kobbavik.



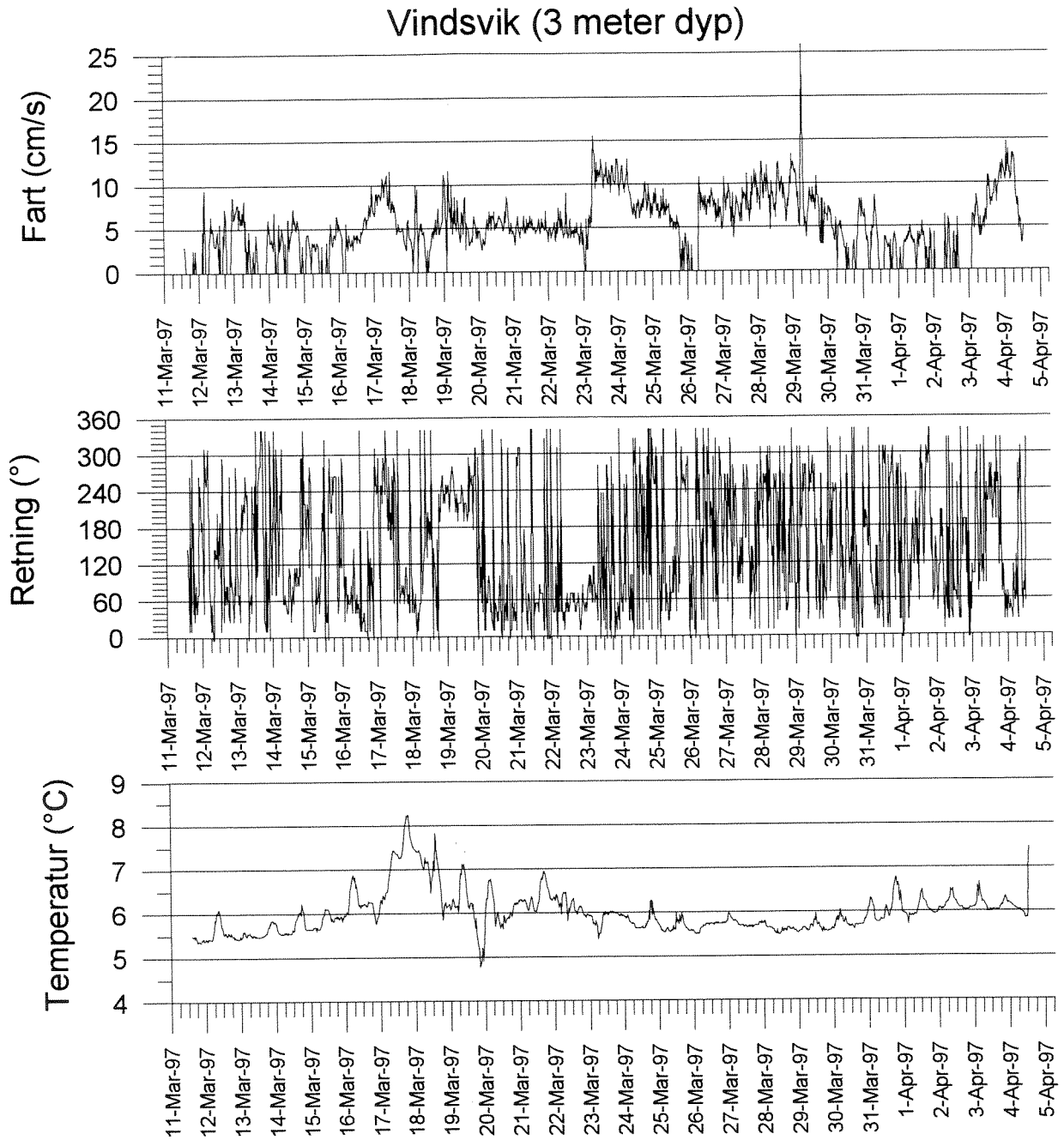
Figur 8. Strømmålinger i 15 meters dyp ved Kobbavik.



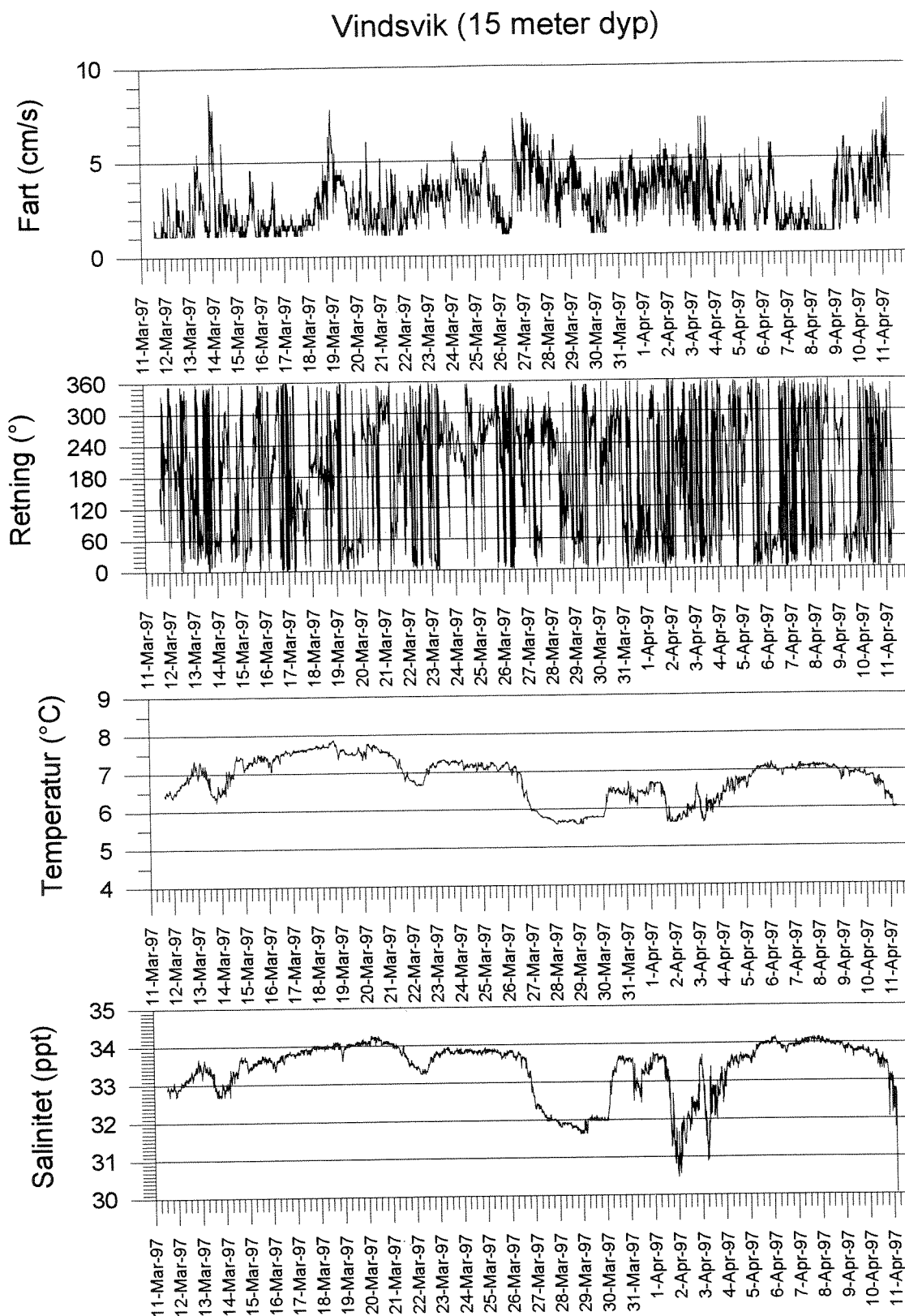
Figur 9. Strømmålinger i 3 meters dyp ved Langavik.



Figur 10. Strømmålinger i 15 meters dyp ved Langavik.

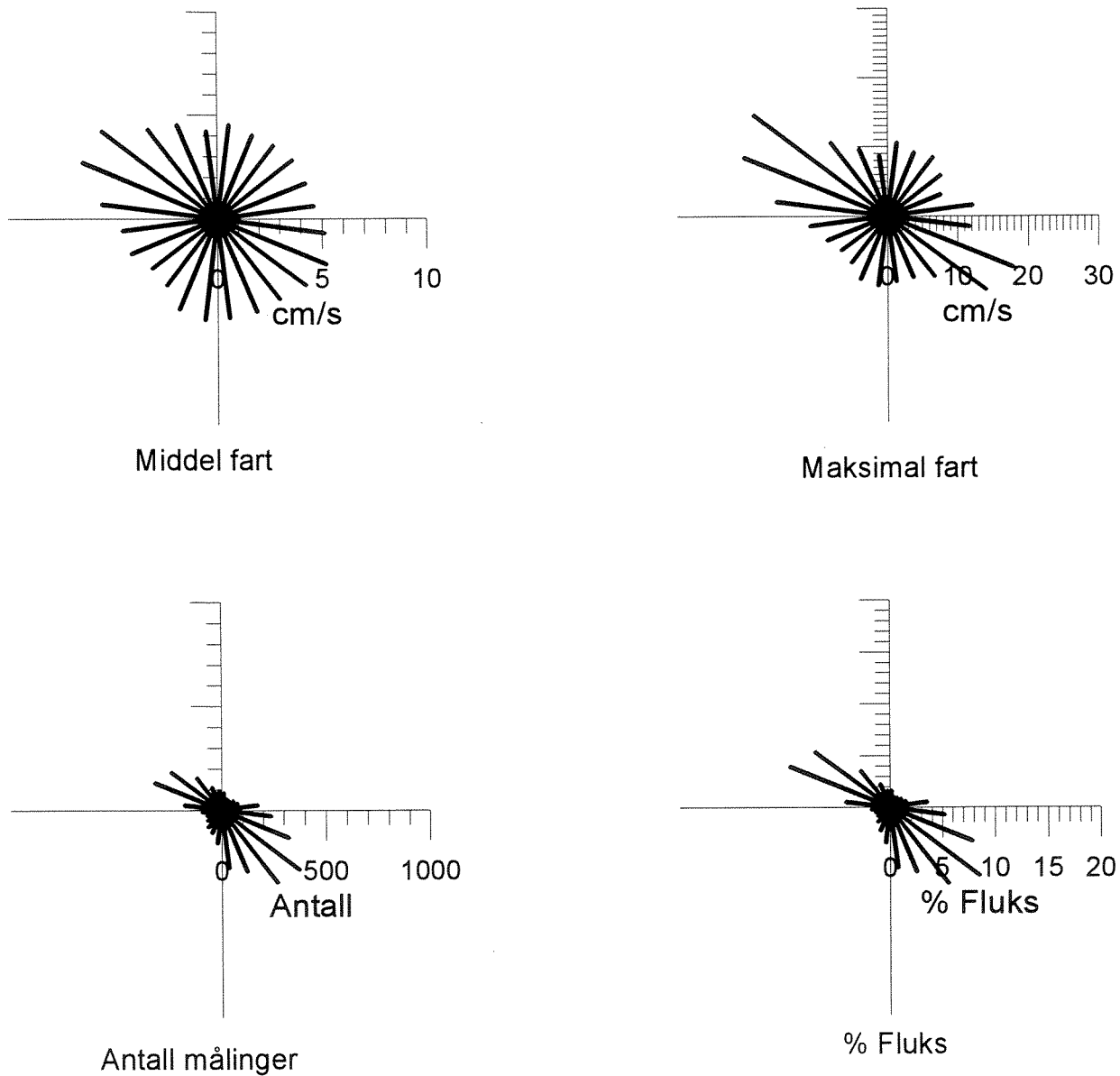


Figur 11. Strømmålinger i 3 meters dyp ved Vindsvik.



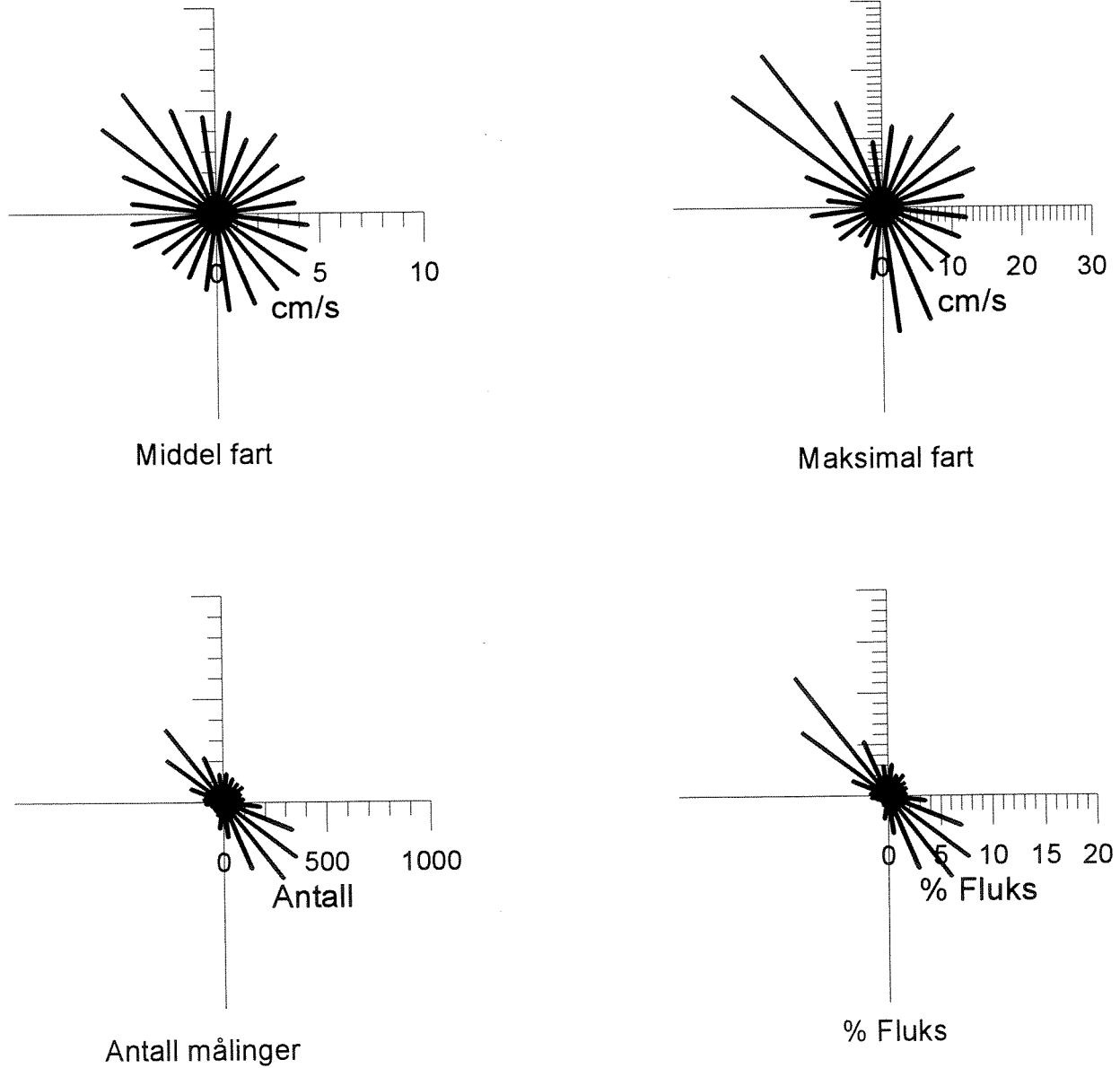
Figur 12. Strømmålinger i 15 meters dyp ved Vindsvik.

Herøy, 3 meters dyp



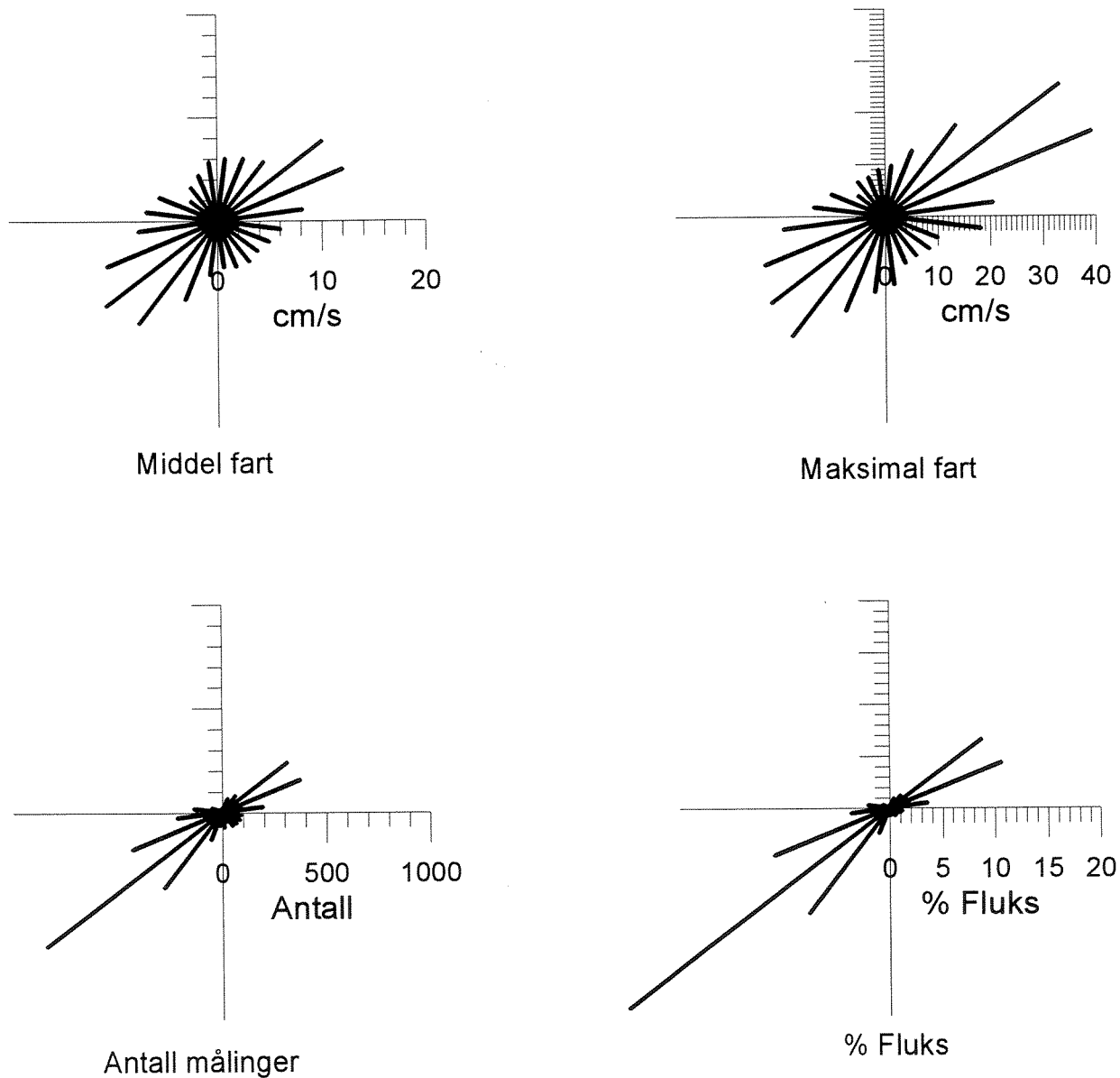
Figur 13. Strømmålinger i 3 meters dyp ved Herøy.

Herøy, 15 meters dyp



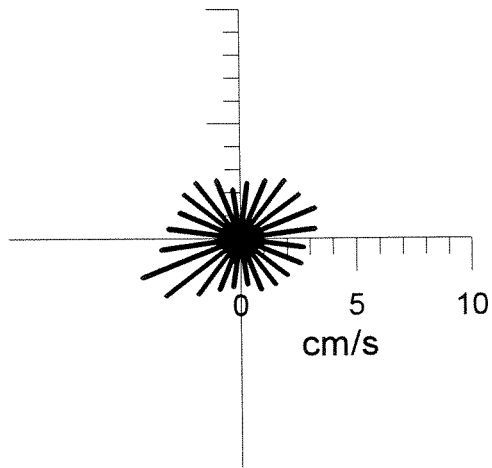
Figur 14. Strømmålinger i 15 meters dyp ved Herøy.

Kobbavik, 3 meters dyp

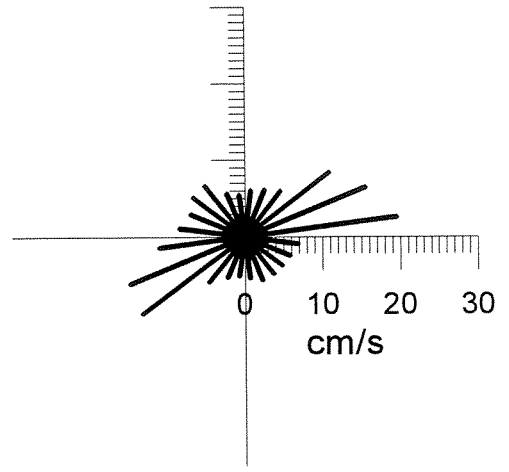


Figur 15. Strømmålinger i 3 meters dyp ved Kobbavik.

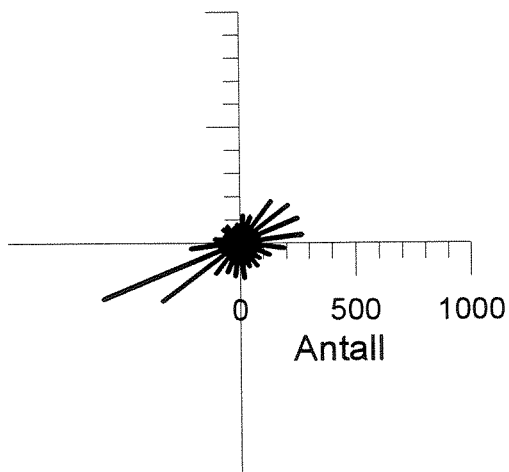
Kobbavik, 15 meters dyp



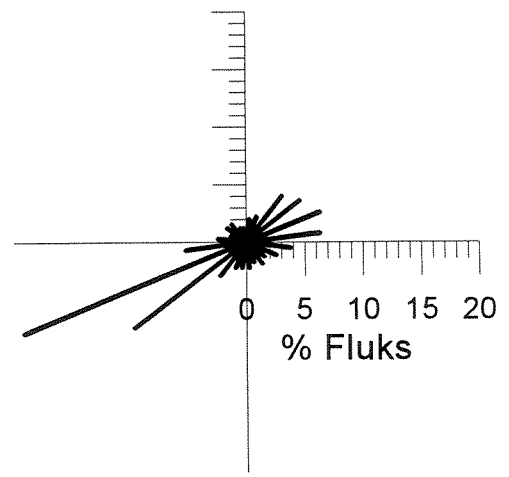
Middel fart



Maksimal fart



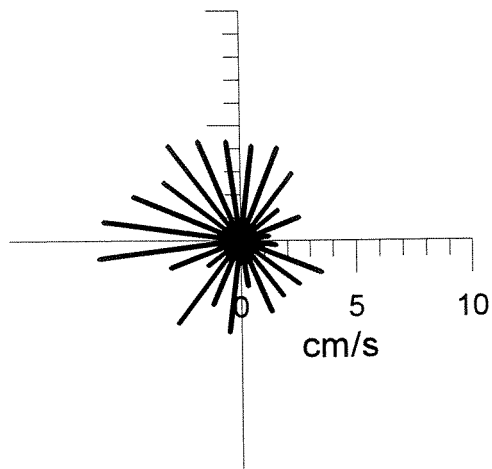
Antall målinger



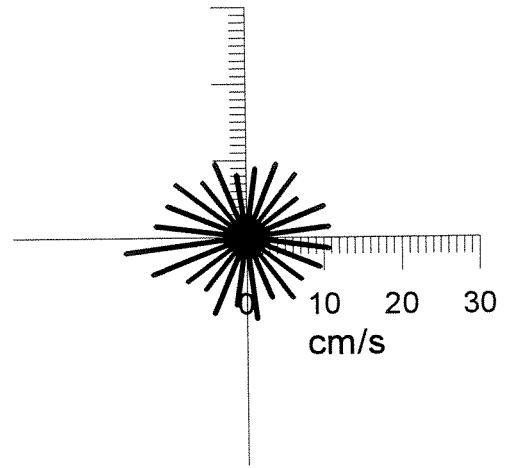
% Fluks

Figur 16. Strømmålinger i 15 meters dyp ved Kobbavik.

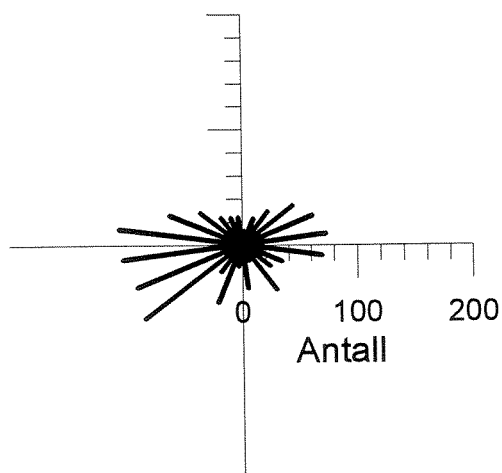
Langavik, 3 meters dyp



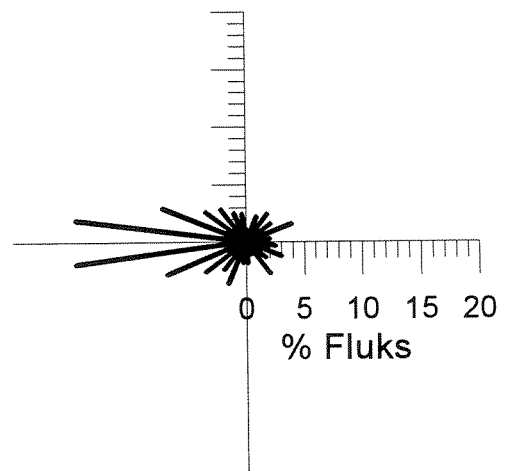
Middel fart



Maksimal fart



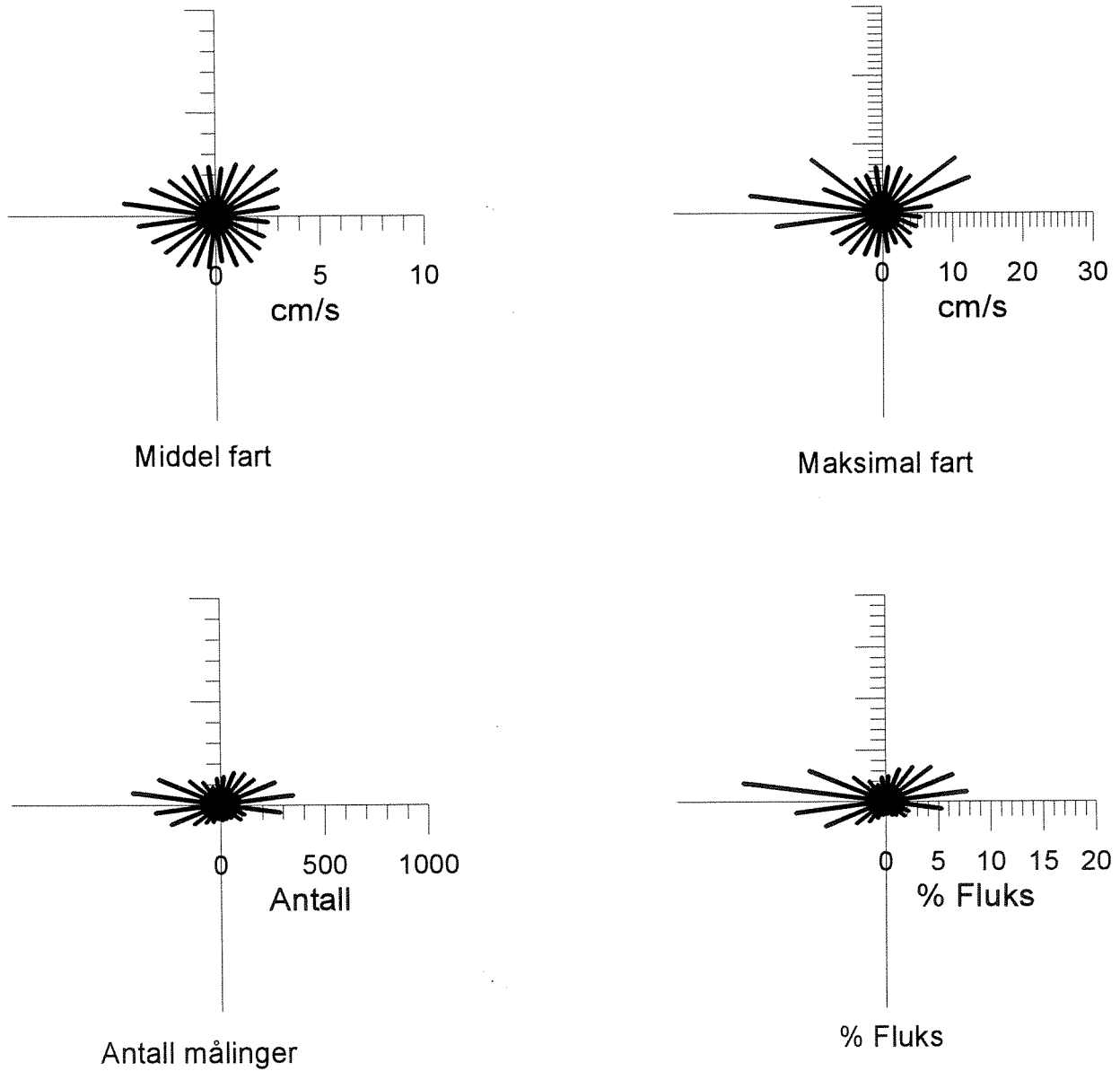
Antall målinger



% Fluks

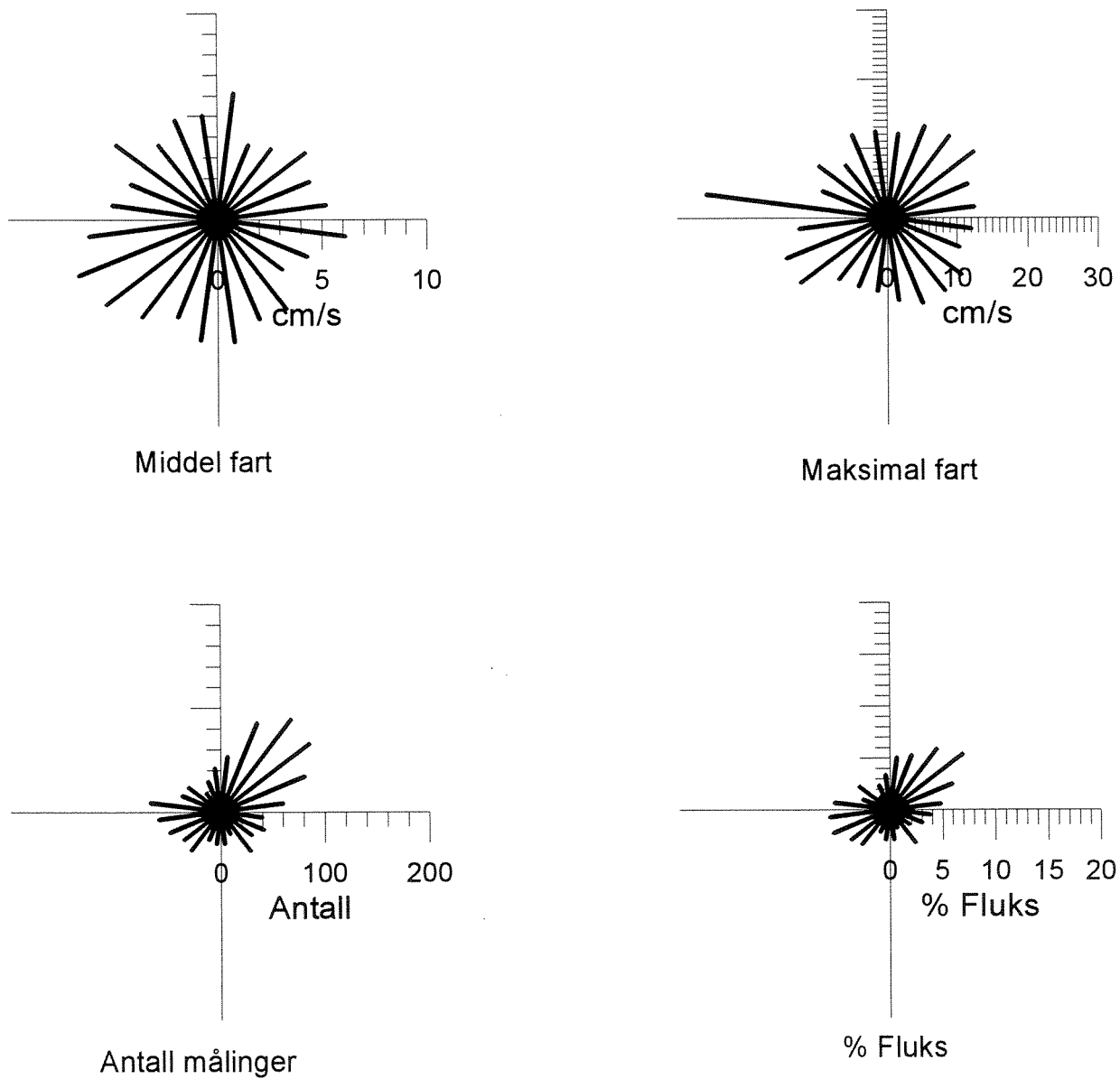
Figur 17. Strømmålinger i 3 m dyp ved Langavik.

Langavik, 15 meters dyp



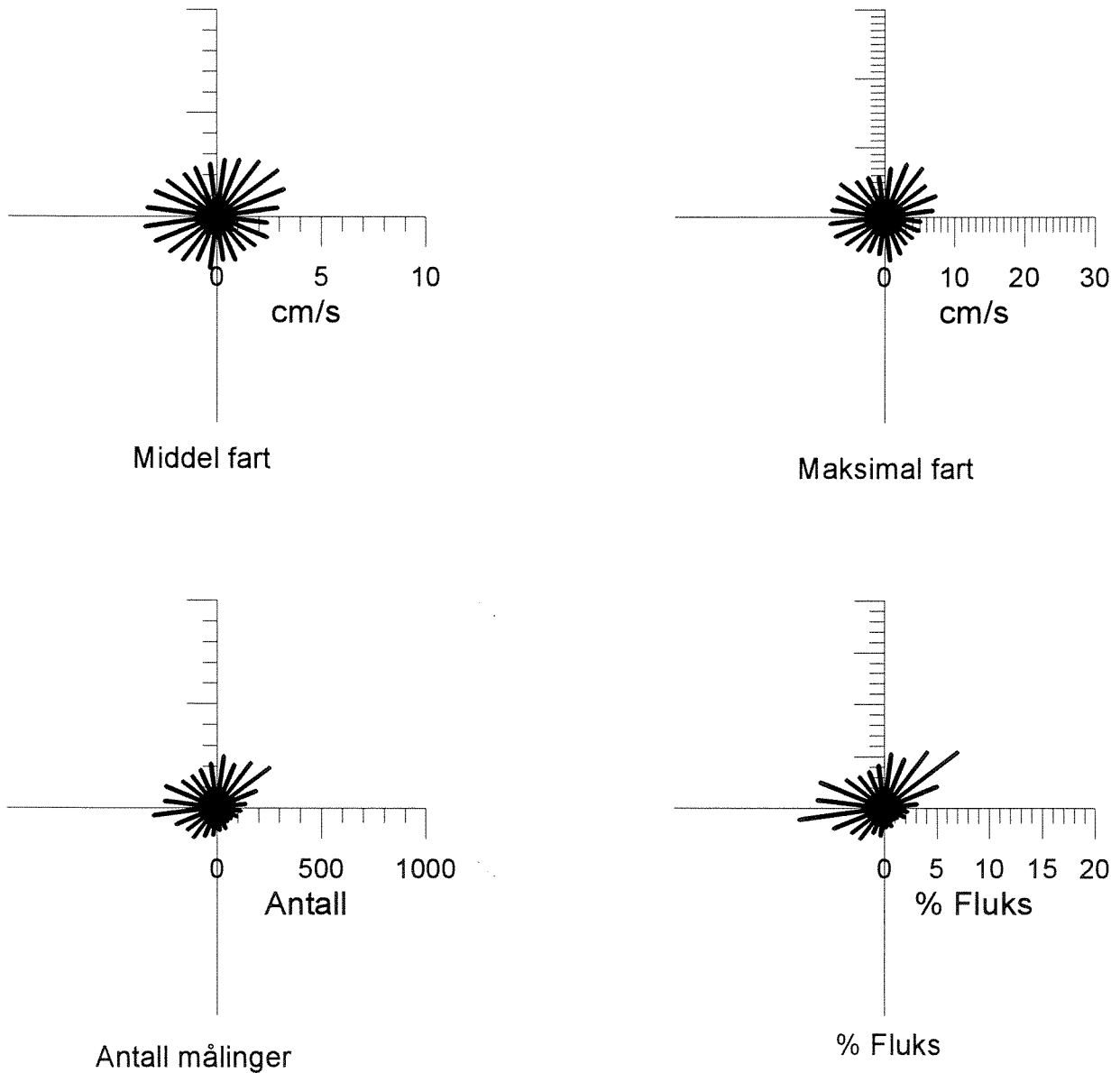
Figur 18. Strømmålinger i 3 meters dyp ved Langavik.

Vindsvik, 3 meters dyp

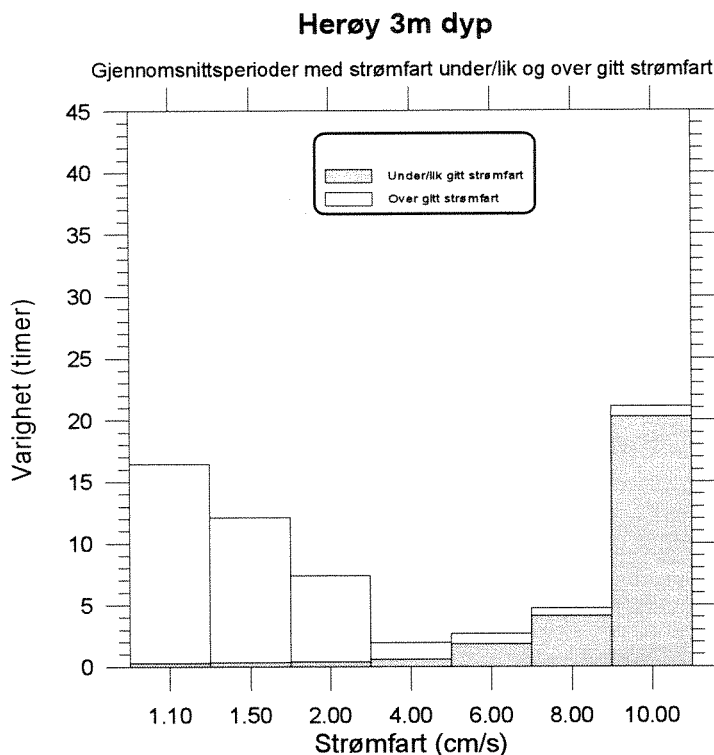


Figur 19. Strømmålinger i 3 meters dyp ved Vindsvik.

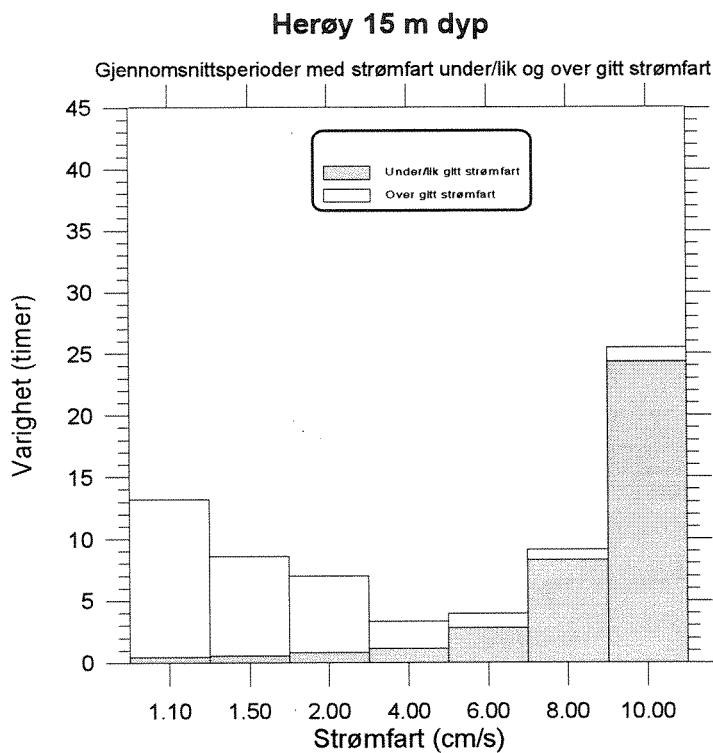
Vindsvik, 15 meters dyp



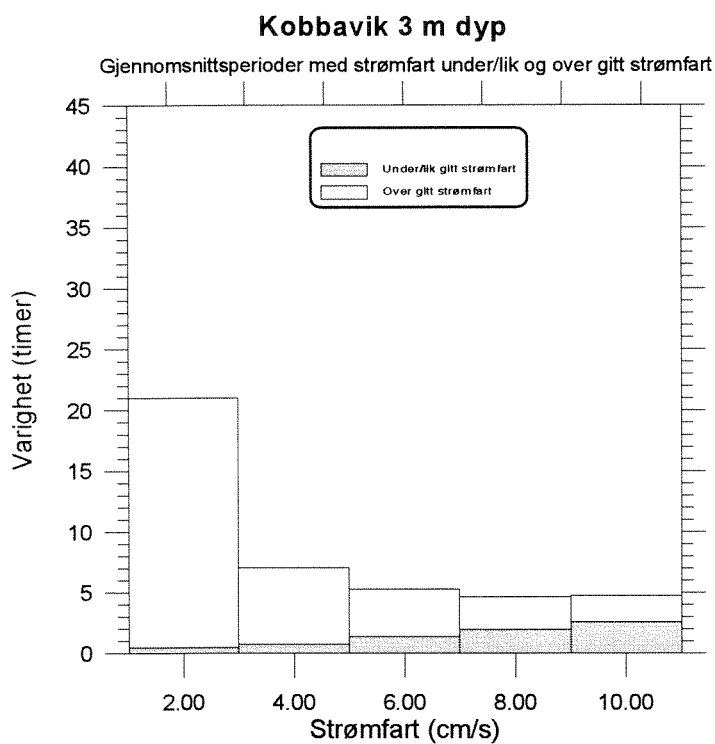
Figur 20. Strømmålinger i 15 meters dyp ved Vindsvik.



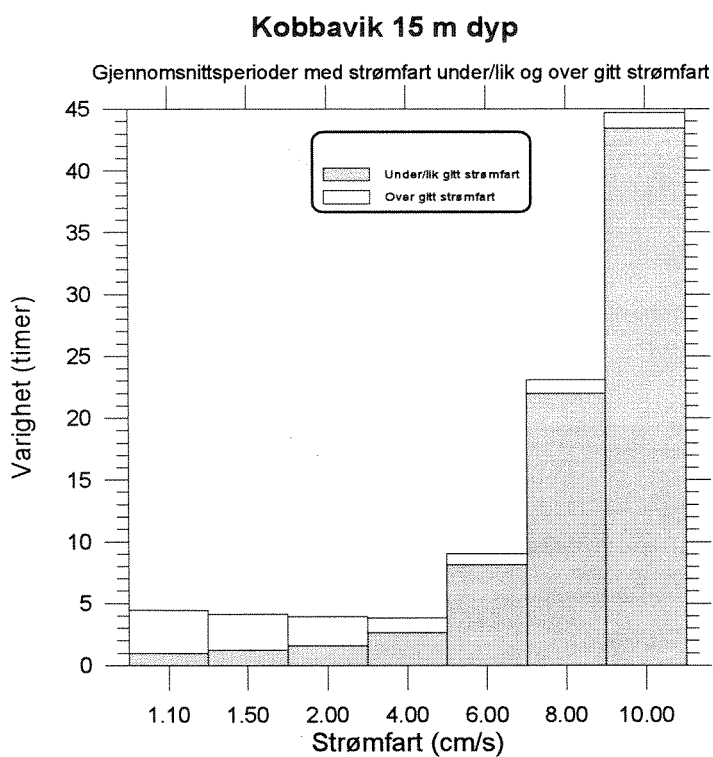
Figur 21. Gjennomsnittlig varighet av perioder (y-akse) med strømfart under/lik og over gitt strømfart (x-akse). Målinger ved Herøy i 3 m dyp.



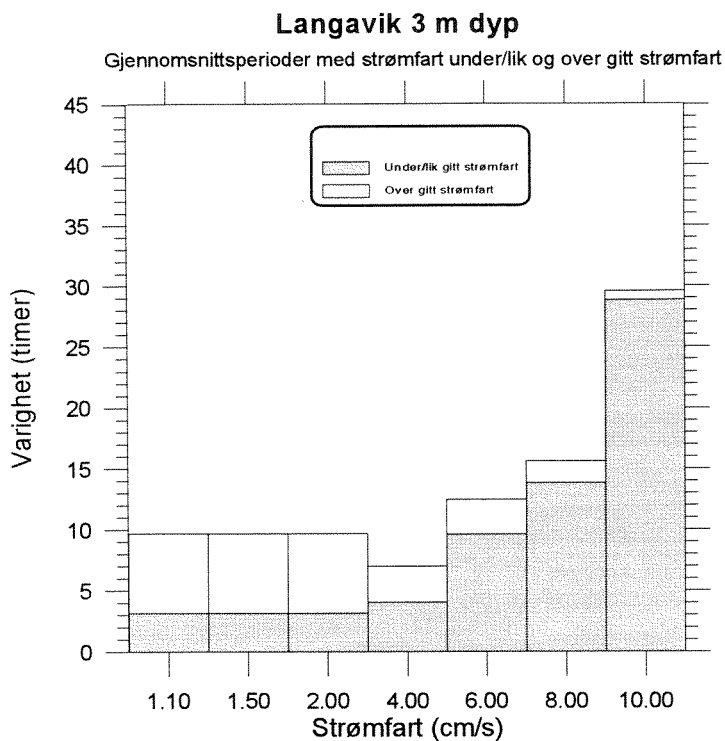
Figur 22. Gjennomsnittlig varighet av perioder (y-akse) med strømfart under/lik og over gitt strømfart (x-akse). Målinger ved Herøy i 15 m dyp.



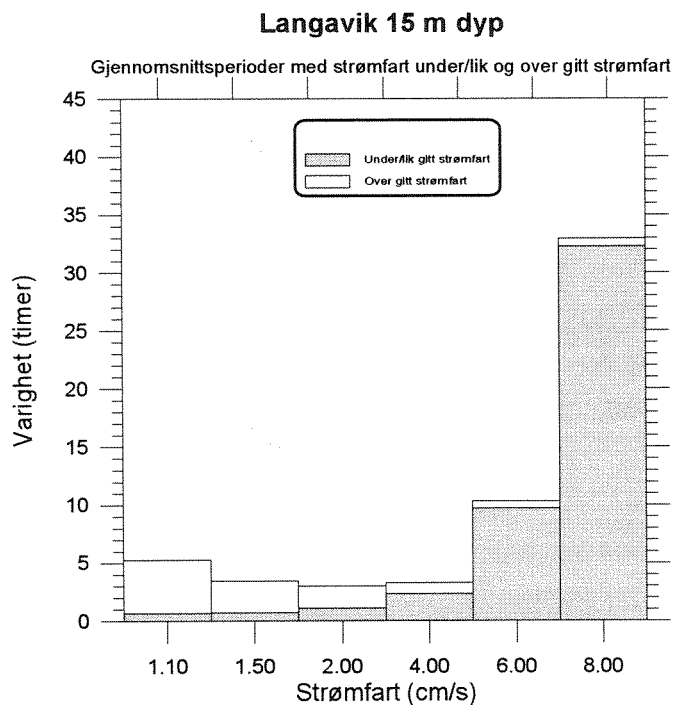
Figur 23. Gjennomsnittlig varighet av perioder (y-akse) med strømfart under/lik og over gitt strømfart (x-akse). Målinger ved Kobbavik i 3 m dyp.



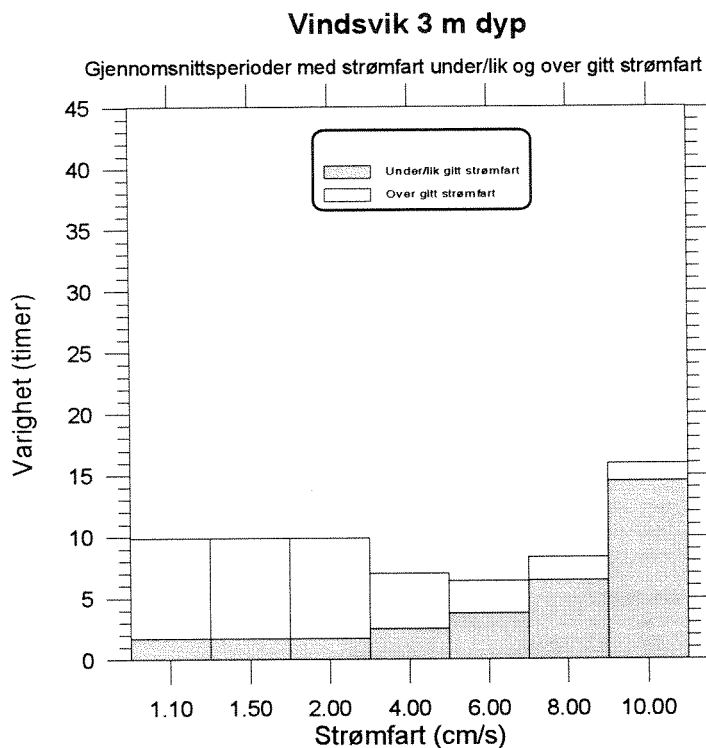
Figur 24. Gjennomsnittlig varighet av perioder (y-akse) med strømfart under/lik og over gitt strømfart (x-akse). Målinger ved Kobbavik i 15 m dyp.



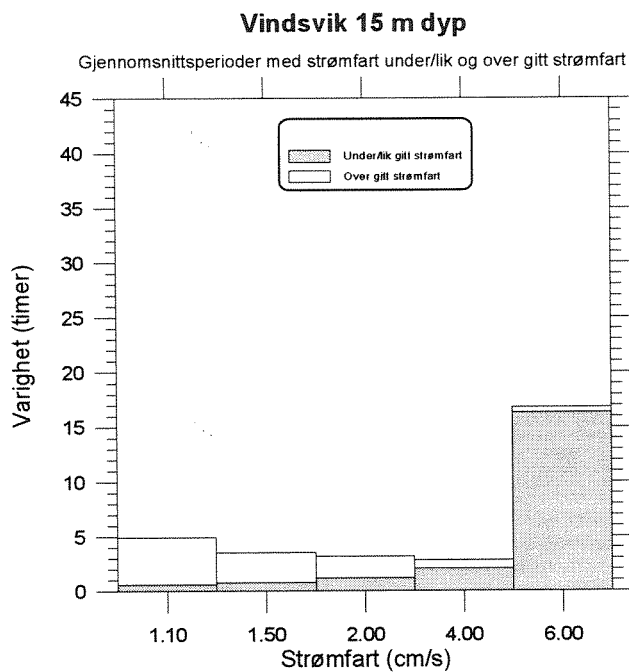
Figur 25. Gjennomsnittlig varighet av perioder (y-akse) med strømfart under/lik og over gitt strømfart (x-akse). Målinger ved Langavik i 3 m dyp.



Figur 26. Gjennomsnittlig varighet av perioder (y-akse) med strømfart under/lik og over gitt strømfart (x-akse). Målinger ved Langavik i 15 m dyp.



Figur 27. Gjennomsnittlig varighet av perioder (y-akse) med strømfart under/lik og over gitt strømfart (x-akse). Målinger ved Vindsvik i 3 m dyp.



Figur 28. Gjennomsnittlig varighet av perioder (y-akse) med strømfart under/lik og over gitt strømfart (x-akse). Målinger ved Vindsvik i 15 m dyp.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00

Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3684-97

ISBN 82-577-3249-4