

## Cermaq Norway AS

Strømmålinger Hjartøy Ø

Spredning og bunnstrøm



**This page is intentionally left blank**

**Akvaplan-niva AS**

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Informasjon oppdragsgiver**

Tittel:	Strømmålinger Hjartøy Ø 5 m, 15m, spredning og bunnstrøm		
Rapportnummer (s):	9163.01 (10 + vedlegg)	Lokalitetsnavn:	Hjartøy Ø
Lokalitetsnummer:	13931	Kartkoordinater:	67°39.372 N 15°07.114 Ø
Fylke:	Nordland	Kommune:	Steigen
Kontaktperson:	Driftsleder/kontakt: Frode Holmvaag		
Oppdragsgiver:	Cermaq Norway AS		

**Resultat fra strømmålinger (hovedresultater)**

Dybde (m)	Maks hastighet (cm/s)	Gjennomsnittshastighet (cm/s)	Hovedretning vanntransport (grader)	Temperaturgjennomsnitt (grader)
80 (spredning)	13,7	3,1	210	7,1
123 (bunn)	14,6	3,5	180	8,5

**Data for produksjon av rapport**

Målere ut/inn:	80 m	15.02.2018	21.03.2018	Dato rapport:	19.04.2018
	122 m	28.11.2017	09.01.2018		
Ansvarlig feltarbeid:	Kristine Steffensen	Signatur:			
Rapport skrevet av:	Thomas Heggem	Signatur:			
Kvalitetskontroll	Kristine Steffensen	Signatur:			

© 2018 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.



## INNHOLDSFORTEGNELSE

1 INNLEDNING .....	2
2 METODE .....	3
2.1 Utsett og opptak av målere .....	3
2.2 Plassering og dyp.....	3
2.3 Beskrivelse av rigg .....	4
2.4 Strømmålinger .....	4
3 RESULTATER.....	6
3.1 Strømmålinger .....	6
3.2 Tidevannsstrøm .....	6
3.3 Vindgenerert strøm .....	7
3.4 Utbrudd av kyststrøm .....	7
3.5 Vårflom og snø- og ismelting .....	7
3.6 Datakvalitet.....	8
4 INSTRUMENTBESKRIVELSE.....	9
5 LITTERATURLISTE.....	10
6 VEDLEGG .....	11
6.1 Strømmålinger .....	11
6.1.1 Måling 80 meters dyp (spredningsstrøm).....	11
6.1.2 Måling 122 meters dyp (bunnstrøm) .....	16
6.2 Riggskjema .....	21

# 1 Innledning

---

Akvaplan-niva AS har på oppdrag fra Cermaq Norway AS foretatt strømmålinger på lokalitet Hjartøy Ø, Steigen kommune i Nordland. Strømmålingene er utført for å tilfredsstille de krav som stilles i Fiskeridirektoratets søknadsskjema *Akvakultur i Flytende anlegg (20.01.2012)*. For å unngå påvirkning av anlegget på lokaliteten ble strømmålingen utført utenfor rammen av dette (*Figur 1*).

Metodikk er i henhold til *NS 9425 – Del 1 Strømmåling i faste punkter*.

## 2 Metode

---

### 2.1 Utsett og opptak av målere

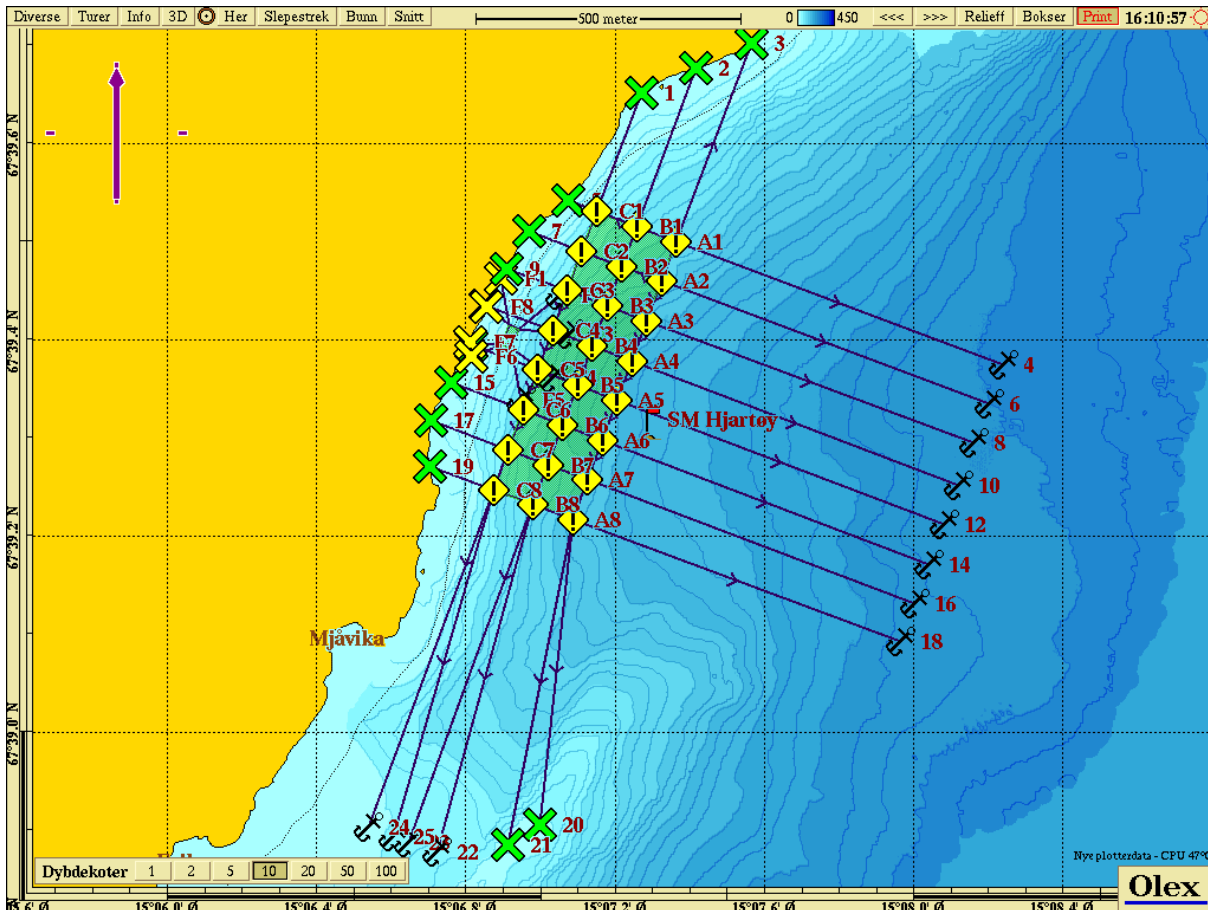
Måleren som har målt bunnstrøm (122 meter) er satt ut og tatt opp av personell fra Cermaq Norway AS. For spredningsdypet (80 meter) er denne satt ut og tatt opp av personell fra Akvaplan-niva AS.

### 2.2 Plassering og dyp.

Under anlegget varierer dybden fra 40 til 150 meter, med et snittdyp på 98 meter. Ved posisjon for målinger av spredning- og bunnstrøm er det 164 meter dypt. Det brukes 30 meter dype nøter på lokaliteten (Holmvaag, pers med), noe som utløser krav om maksimumsdyp på 80 og 130 meter for henholdsvis sprednings- og bunnstrøm. Målingene ble gjennomført på henholdsvis 80 og 122 meters dyp. Med hensyn til at det er tillatt med avvik på  $\pm 10\%$  av dypbde ved posisjoner målingene godkjente for lokaliteten. Posisjon, måledyp, totalt dyp og intervall for målingene er angitt i Tabell 1 og plasseringen i forhold til anlegget er illustrert i Figur 1.

Tabell 1. Måledyp, posisjon, totalt dyp, målerperiode og –intervall for strømmålingene.

<b>Måledyp</b>	80 meter	122 meter
<b>Posisjon</b>	N67°39,298 Ø15°07,287	N67°39,298 Ø15°07,287
<b>Dyp posisjon</b>	164 meter	164 meter
<b>Dato måleserie</b>	15.02.2018- 17.03.2018	28.11.2017- 28.12.2017
<b>Reell målerperiode</b>	30 døgn	30 døgn
<b>Dato start - stopp</b>	15.02.2018- 21.03.2018	28.11.2017- 09.01.2018
<b>Registreringsavbrudd</b>	Nei	Nei
<b>Målerintervall</b>	10 min	10 min
<b>Navigasjonssystem</b>	gps	gps
<b>Bestemmelse av dyp</b>	Olex	Olex



Figur 1. Plassering av strømmålerigg i forhold til lokaliteten Hjørtøy Ø.

## 2.3 Beskrivelse av rigg

Målerne ble satt ut på en rigg for spredningsstrøm og en for bunnstrøm (vedlegg 6.2).

## 2.4 Strømmålinger

Strømmålerne ble plassert utenfor rammen på lokaliteten da lokaliteten var i drift. Dette for å unngå at strømmen ble påvirket av installasjonene før den ble registrert av måleren. Batymetrien under måleposisjonen og anlegget, så vel som geografien i nærområdet tilsier at det ikke er vesentlig forskjell i strømkaraktistikk mellom måleposisjonen og anlegget. Strømmåleren regnes derfor som representativ for hele lokaliteten. Kvalitetssikring av data og framstilling av grafikk ble foretatt av Akvaplan-niva AS.

For å skille ut tidevannskomponenten av strømmen ble det foretatt en harmonisk analyse av strømmen. Strømhastigheten ble først midlet over ½-time for å fjerne målestøy fra tidsserien før analysen ble utført. Tidevannsestimatet og variansen til tidevann sammenlignet med variansen til totalstrømmen er beregnet fra perioden 15.02.18-21.03.2018 på 80 meters dyp, og perioden 28.11.17-02.01.2018 på 122 meters dyp.

Resultatene fra den harmoniske analysen ble brukt til å reprodusere tidevannsbidraget i måleserien ved hjelp av en tidevannmodell (Codiga, 2011). Totalstrømmen er midlet over ½-time før variansellipsene estimeres, slik at variansen for de to komponentene er estimert på



samme grunnlag. Variansellipsene viser ett standardavvik av variansen til a) alle målingene og b) den reproduserte tidevannskomponenten. Varians forklart kan estimeres fra korrelasjonen (r) mellom totalstrøm og tidevannsstrøm og regnes ut fra formelen:

$$\text{Varians forklart} = [\text{korrelasjonskoeffesient}(\text{fart\_tidevann}, \text{fart\_totalstrom})]^2.$$

Dette gir et mål på hvor mye av den totale variansen som kan forklares ved estimerte tidevannskomponenten. Det er viktig å notere seg at disse ellipsene ikke er en klassisk tidevannsellipse men en variansellipse av tidevannskomponenten til strømmen, og videre at tidevannet er estimert fra en modell og ikke faktiske målinger.

## 3 Resultater

---

### 3.1 Strømmålinger

Resultatene fra strømmåling på 80 meters dyp (spredningsstrøm) viser at hovedstrømsretning og massetransport av vann er definert mot sørvest (210 grader), med en tilsvarende returstrøm mot nord (345 grader). Gjennomsnittlig strømhastighet er 3,1 cm/s. 0,5 % av målingene er > 10 cm/s, 44,6 % av målingene er mellom 10 og 3 cm/s, 44,5 % av målingene er mellom 3 og 1 cm/s og 10,5 % av målingene er < 1 cm/s.

Resultatene fra strømmåling på 122 meters dyp (bunnstrøm) viser at hovedstrømsretning og massetransport av vann er definert mot sør (180 grader), med en tilsvarende returstrøm mot nord (0 grader). Gjennomsnittlig strømhastighet er 3,5 cm/s. 1,1 % av målingene er > 10 cm/s, 49,7 % av målingene er mellom 10 og 3 cm/s, 40,9 % av målingene er mellom 3 og 1 cm/s og 8,2 % av målingene er < 1 cm/s.

Maksimal strømhastighet i den målte perioden på 80 og 122 meters dyp var henholdsvis 13,7 og 14,1 cm/s.

### 3.2 Tidevannsstrøm

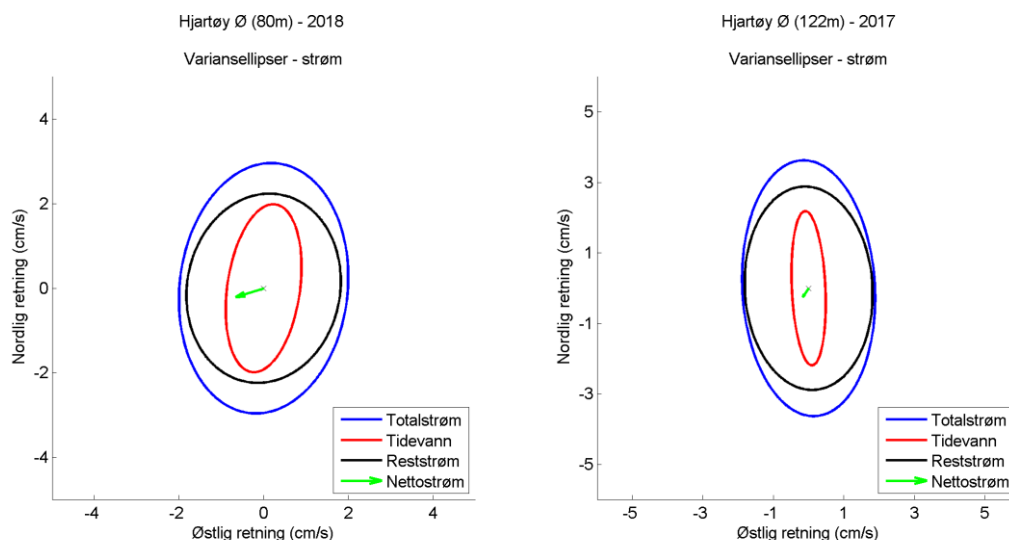
I hovedsak er det meste av strøm i nordnorske fjorder styrt av tidevannsstrømmen. Men det varierer sterkt hvor store de sykliske endringene er innenfor gitt tidsperiode (en tidevannsperiode eller en månefase). Strømmålingene som er utført på lokaliteten viser at tidevannskomponenten er liten i forhold til reststrømmen. Tabell 2 viser resultater fra variansanalysen for 80 og 122 m dyp. Variansforklart for tidevann er et statistisk tall på hvor mye av den totale variansen i vannet som kan forklares ut fra tidevannet.

Tallene i Tabell 2 er forholdsvis små i østlig retning, men store i nordlig retning. Det estimerte tidevannet for strøm på 80 og 122 meter kan forklare henholdsvis 17,0 % og 7,3 % i Ø-V-retning, og 42,9 % og 36,8 % i N-S-retning av variabiliteten i strømmen på denne lokaliteten.

Tabell 2 Varians forklart for tidevannskomponenten av varians i totalstrømmen (tall i prosent)

Retning på strømkomponent	Dyp	
	80 m	122 m
Øst-Vest	17,0 %	7,3 %
Nord-Sør	42,9 %	36,8 %

Resultatene i Tabell 2 gjenspeiles i Figur 2 og **Error! Reference source not found.**, hvor man ser at ellipsen til tidevannet er forholdsvis moderat med variansellipsen til totalstrømmen. Dette viser at tidevannet gir et markant bidrag til totalstrømmen i området.



Figur 2. Variansellipse for totalstrøm, tidevannsstrøm og reststrøm på 80 og 122 m. Variansellipsen viser størrelsen av ett standardavvik av variansen, både i retning og størrelse. Den blå kurven viser variansellipsen til totalstrømmen og den røde kurven viser variansellipsen til tidevannskomponenten av strømmen. Den sorte variansellipsen viser reststrømmen, dvs. den strømmen som ikke kan forklares av tidevannet. Resultatene er estimert fra strømdata for perioden 15.02.18-21.03.2018 på 80 meters dyp, og for perioden 28.11.17-02.01.2018 på 122 meters dyp. Den grønne pilen viser nettostrøm.

### 3.3 Vindgenerert strøm

Vindgenerert strøm vil i hovedsak gjøre seg gjeldende for resultater fra målinger på 5 meter da vindpåvirkning i vannsøylen avtar med dyp. For strøm på 80 og 122 meters dyp vil ikke vinden påvirke strømhastigheten.

### 3.4 Utbrudd av kyststrøm

Kyststrømmen går i de dypere deler av vannsøylen. Innblanding av kyststrøm kan sees som en plutselig endring i temperatur, retning og/eller hastighet. Målingen på 80 meter viser hovedsakelig en jevn temperatur på 7,5 °C etter 28.02.2018. Før dette tidspunktet er det store svingninger i temperaturen, opp til 4,0 °C. Hoppene i temperatur samsvarer ikke med markante endringer i hverken strømhastighet eller –retning. Det estimerte tidevannet samsvarer også dårlig med temperatursvingningene. Det er derfor trolig at svingningene skyldes omrøring i havet. For målingen på 122 meters dyp lå temperaturen hovedsakelig mellom 8,0 og 9,0 °C. Temperaturen svinger syklisk gjennom måleperioden, og perioden samsvarer med svingningen til det estimerte tidevannsbidraget. Det er derfor trolig at det er tidevannet som har forårsaket endringen i temperatur på dette dypet.

### 3.5 Vårflom og snø- og issmelting

Strømmålingene ble gjort i perioden november-desember og februar-mars, perioder hvor det ikke forekommer større snø- og issmeltinger. Det er ingen ferskvannskilder i området som kan ha hatt innvirkning på målingene.

### **3.6 Datakvalitet**

Resultatene fra strømmålingene analyseres i egen strømprogram, AdFontes. Gjennom AdFontes gjøres det først en grovrens hvor alle punkter som ligger utenfor faste kriterier anbefalt av produsent, samt at alle datapunkter der trykksensoren har registrert målinger over 2 m fra overflaten (instrument ikke vært i vann) fjernes fra dataserien. Data kvalitetssjekkes visuelt via AdFontes. Logg over rensed data blir lagret hos Akvaplan-niva AS.

Resultatene som presenteres er direkte overført fra rådata. Det utføres ingen reduksjon av støy eller datakompresjon. Tidevannet er filtrert med ½-timers intervall.

Kalibrering av målere er gjennomført iht. leverandørs anbefaling. Historikk over kalibrering lagres internt hos Akvaplan-niva AS.

## 4 Instrumentbeskrivelse

---

Strømmålingene er utført ved hjelp av Seaguard punktdopplermålere fra Aanderaa. Instrumentbeskrivelse finnes i Tabell 3.

Tabell 3. Instrumentbeskrivelse.

<b>Måledyp</b>	<b>80 m</b>	<b>122 m</b>
<b>Type måler</b>	Aanderaa	Aanderaa
<b>Modell</b>	Seaguard 4420	Seaguard 4420
<b>Målerprinsipp</b>	Punktdoppler	Punktdoppler
<b>Serienr</b>	1497	1939
<b>Nøyaktighet</b>	± 1 %	± 1 %
<b>Oppløsning</b>	0,1 mm/s	0,1 mm/s
<b>Responsområde</b>	0 – 3 m/s	0 – 3 m/s
<b>Varighet midlingsperiode</b>	2,5 min	2,5 min
<b>Antall rådatamålinger pr. aggregert dataverdi</b>	4	4
<b>Modifikasjon</b>	Ingen	Ingen
<b>Kalibrering</b>	APN-logg	APN-logg
<b>Instrumentlogg</b>	APN-logg	APN-logg

## 5 Litteraturliste

---

**Codiga, D.L.** Unified Tidal Analysis and Prediction Using the UTide Matlab Functions (2011)

**Fiskeridirektoratet. Veileder søknadsutfylling. 20.01.2012.** Veileder for utfylling av søknadsskjema for tillatelse til akvakultur i flytende eller landbasert anlegg.

**NS 9425-1. 1999.** Oseanografi – Del 1. Strømmålinger i faste punkter.

## 6 Vedlegg

### 6.1 Strømmålinger

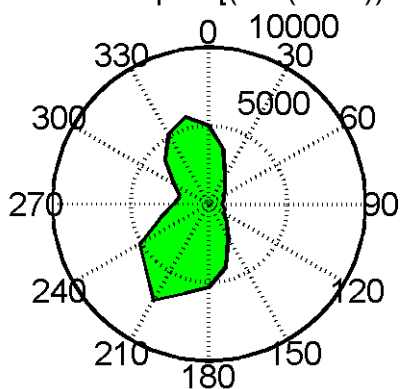
#### 6.1.1 Måling 80 meters dyp (spredningsstrøm)

Oppsummering resultater Hjartøy Ø 80 meter.

	Strøm (cm/s)	Temperatur (°C)
Max	13.7	7.8
Min	0	4
Gj.snitt	3.1	7.1
% av målinger > 60 cm/s	0	
% av målinger > 50 cm/s	0	
% av målinger > 40 cm/s	0	
% av målinger > 30 cm/s	0	
% av målinger > 20 cm/s	0	
% av målinger > 10 cm/s	0.5	
% av målinger < 10 > 3 cm/s	44.6	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	44.5	
% av målinger < 1 cm/s	10.5	
95-prosentil (95 % av målingene er lavere enn denne verdien)	6.7	
Residual strøm	0.8	
Residual retning	252	
Varians	3.7	0.2
Standardavvik	1.9	0.5
Stabilitet (Neumanns parameter)	0.26	

Hjartøy Ø (80m) - 2018

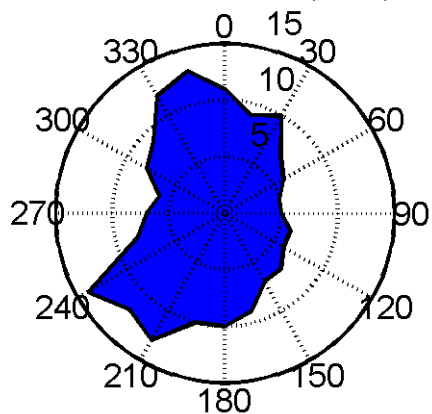
Total vanntransport  $[(m^3/(m^2*s))*døgn]$



Total vanntransport

### Hjartøy Ø (80m) - 2018

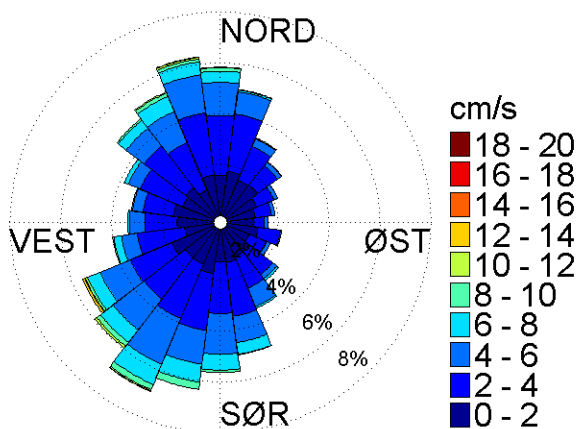
Maksimumsstrøm (cm/s)



*Maksimal hastighet*

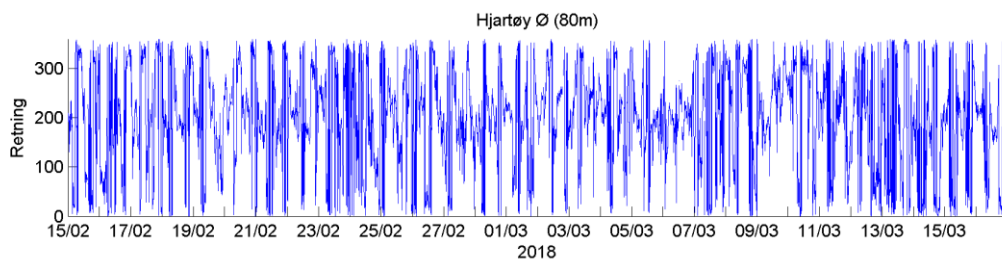
### Hjartøy Ø (80m) - 2018

Strømrose

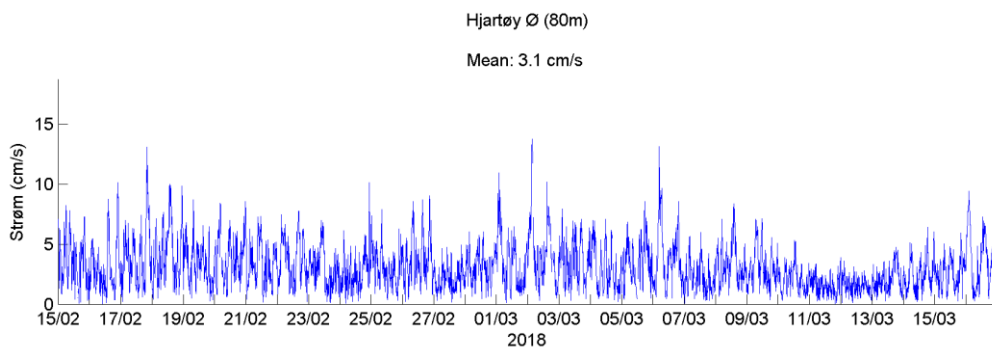


*Strømstyrke og retningsfordeling. Totallengden på sektorene indikerer andel målinger (%) i respektive retninger i løpet av måleperioden. Lengden på hvert fargesegment i hver sektor bestemmer videre den relative andelen av målinger med korresponderende strømstyrke innenfor hver enkelt sektor.*

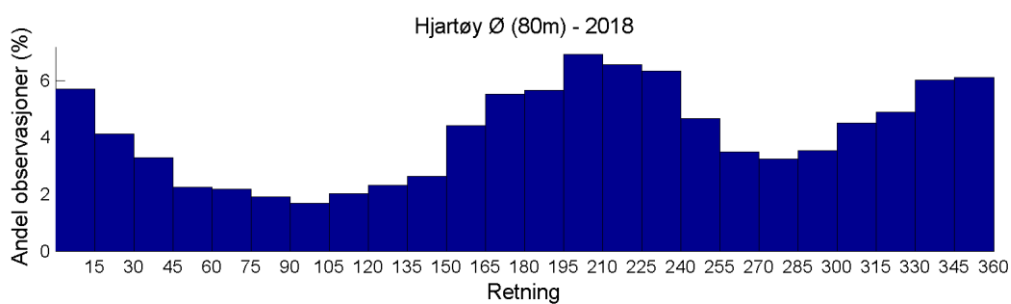




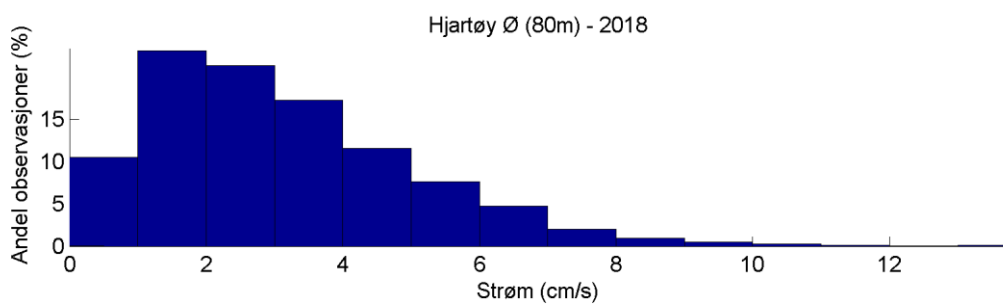
*Retning vs. tid*



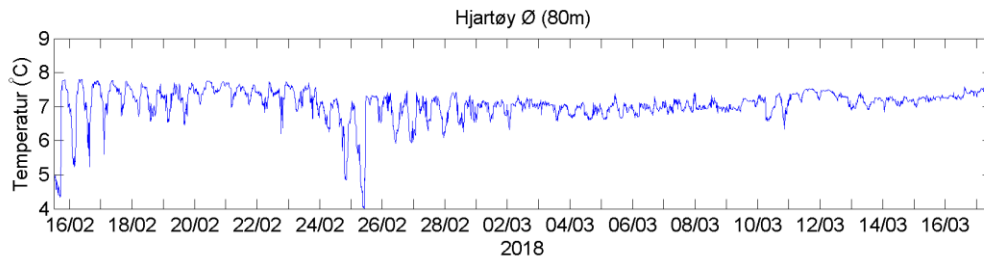
*Strømhastighet (tidsserieplott)*



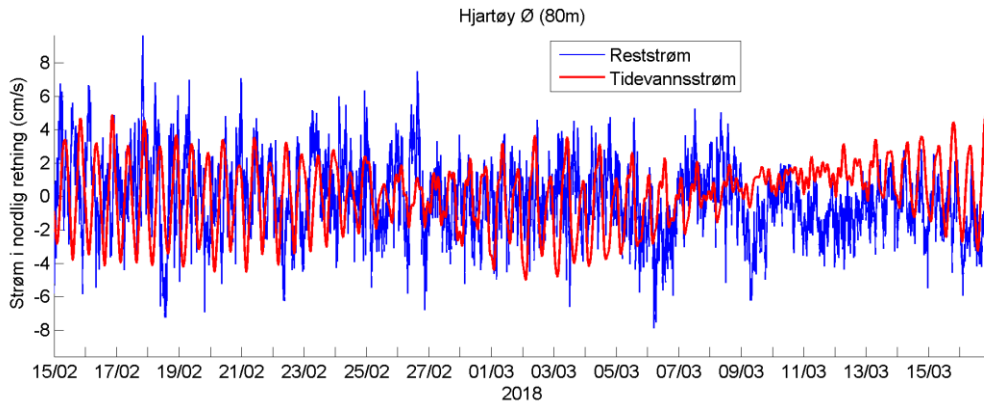
*Retningshistogram*



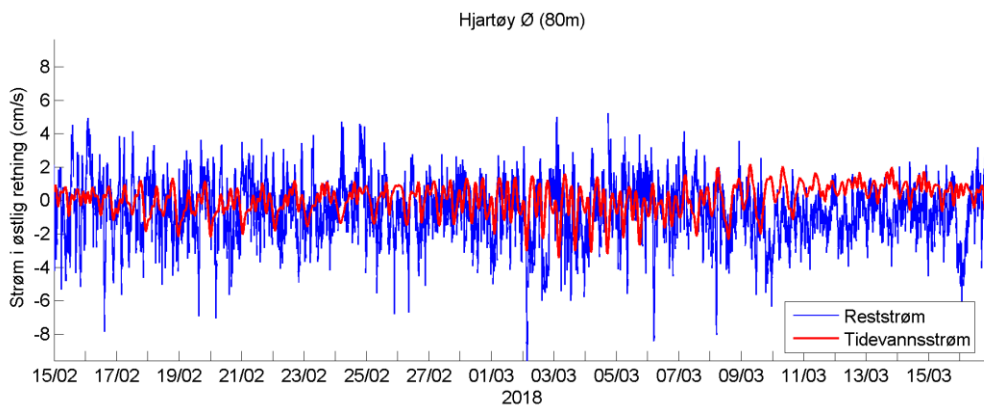
*Strømstyrkehistogram*



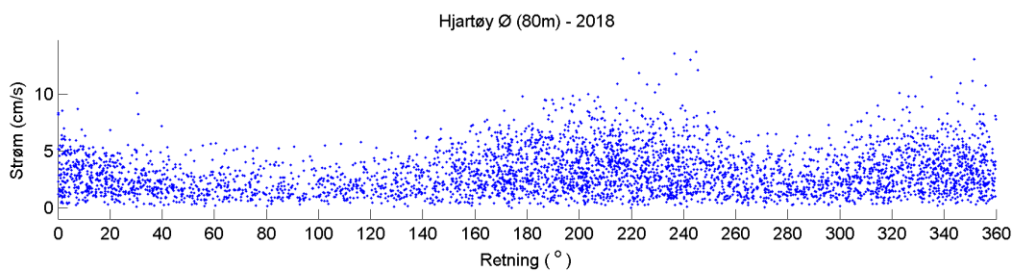
Temperatur



Estimert tidevannsstrøm i nord/sør-retning på 80 m dyp. Negative verdier indikerer strøm mot sør. Rød kurve viser tidevannsstrøm og blå kurve viser reststrøm.



Estimert tidevannsstrøm i øst/vest-retning på 80 m dyp. Negative verdier indikerer strøm mot vest. Rød kurve viser tidevannsstrøm og blå kurve viser reststrøm.



Scatterplott for registreringer hastighet vs. retning

Tabell som viser antall målinger, maks hastighet, total vanntransport og daglig vanntransport i de ulike sektorene.

Retning	Antall målinger (N)	Maks. strøm (cm/s)	Total vanntransport (m <sup>3</sup> /(s m <sup>2</sup> ))	Vanntransport per døgn (m <sup>3</sup> /(s m <sup>2</sup> ))
352.5 - 7.4	252	10.8	5033.9	167.8
7.5 - 22.4	217	8.7	3642.2	121.4
22.5 - 37.4	144	10.1	2068.2	69
37.5 - 52.4	119	7.2	1469.1	49
52.5 - 67.4	92	5.7	1101.7	36.7
67.5 - 82.4	83	5.4	998.1	33.3
82.5 - 97.4	70	5.4	819.4	27.3
97.5 - 112.4	93	5.7	1083.5	36.1
112.5 - 127.4	80	5.8	1080	36
127.5 - 142.4	112	6.8	1635.7	54.5
142.5 - 157.4	146	6.9	2506	83.6
157.5 - 172.4	215	8.5	4170.8	139.1
172.5 - 187.4	244	9.8	5316.7	177.3
187.5 - 202.4	272	9.9	5918	197.3
202.5 - 217.4	301	13.1	7093.4	236.5
217.5 - 232.4	256	11.9	5752.8	191.8
232.5 - 247.4	242	13.7	5110.5	170.4
247.5 - 262.4	172	8.4	3192.1	106.4
262.5 - 277.4	147	6.5	2250.3	75
277.5 - 292.4	141	6.4	1941.9	64.7
292.5 - 307.4	164	7.6	2605	86.9
307.5 - 322.4	209	9	3963.4	132.1
322.5 - 337.4	229	11.5	5157.8	172
337.5 - 352.4	272	13.1	5781.4	192.8

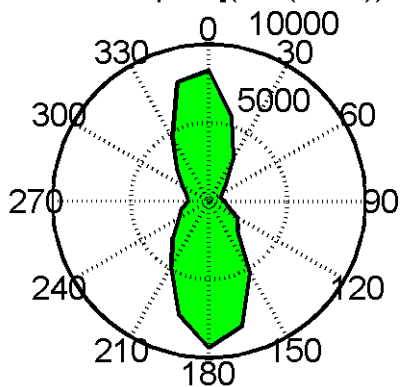
## 6.1.2 Måling 122 meters dyp (bunnstrøm)

Oppsummering resultater Hjartøy Ø 122 meter

	Strøm (cm/s)	Temperatur (°C)
Max	14.6	9.5
Min	0	7.8
Gj.snitt	3.5	8.5
% av målinger > 60 cm/s	0	
% av målinger > 50 cm/s	0	
% av målinger > 40 cm/s	0	
% av målinger > 30 cm/s	0	
% av målinger > 20 cm/s	0	
% av målinger > 10 cm/s	1.1	
% av målinger < 10 > 3 cm/s	49.7	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	40.9	
% av målinger < 1 cm/s	8.2	
95-prosentil (95 % av målingene er lavere enn denne verdien)	7.7	
Residual strøm	0.3	
Residual retning	215	
Varians	4.8	0.2
Standardavvik	2.2	0.4
Stabilitet (Neumanns parameter)	0.09	

Hjartøy Ø (122m) - 2017

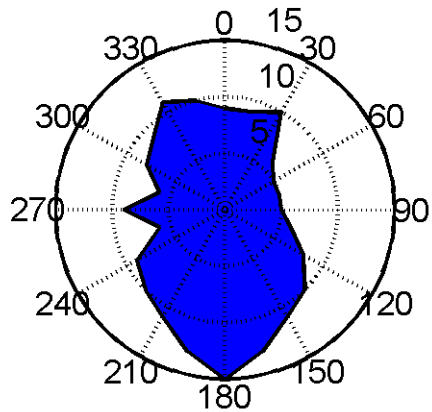
Total vanntransport [ $(\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})) \cdot \text{døgn}$ ]



Total vanntransport

### Hjartøy Ø (122m) - 2017

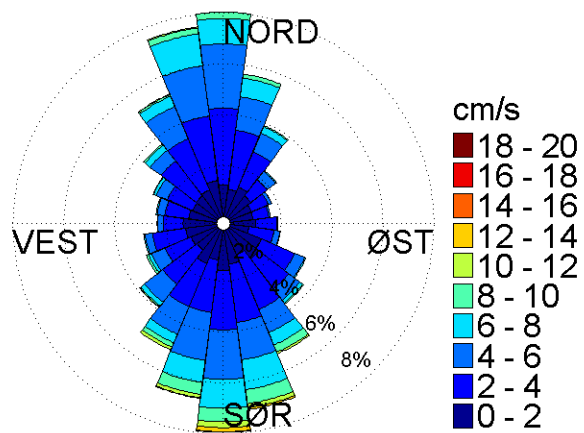
Maksimumsstrøm (cm/s)



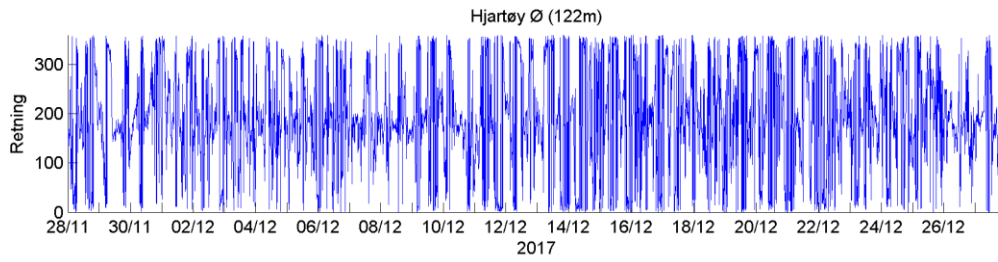
*Maksimal hastighet*

### Hjartøy Ø (122m) - 2017

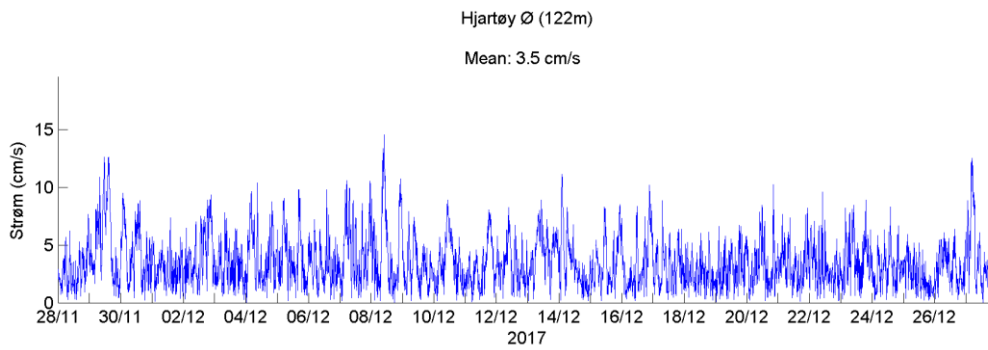
Strømrose



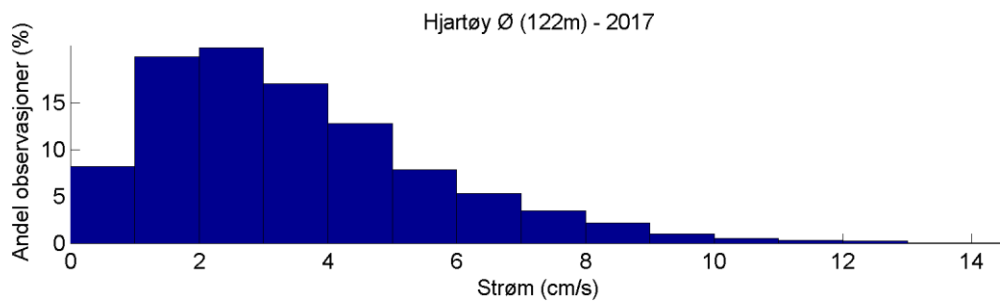
*Strømstyrke og retningsfordeling. Totallengden på sektorene indikerer andel målinger (%) i respektive retninger i løpet av måleperioden. Lengden på hvert fargesegment i hver sektor bestemmer videre den relative andelen av målinger med korresponderende strømstyrke innenfor hver enkelt sektor.*



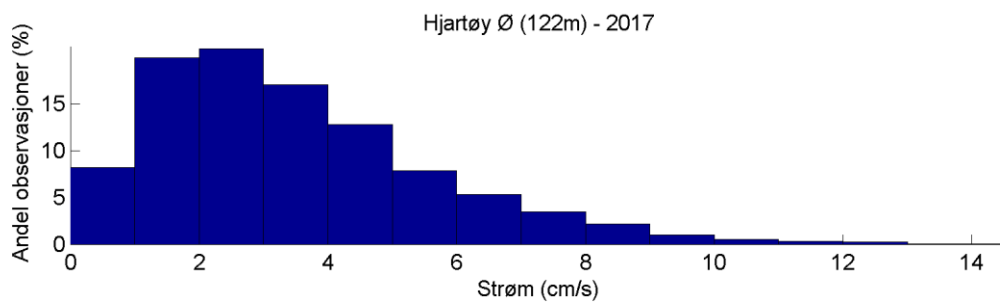
*Retning vs. tid*



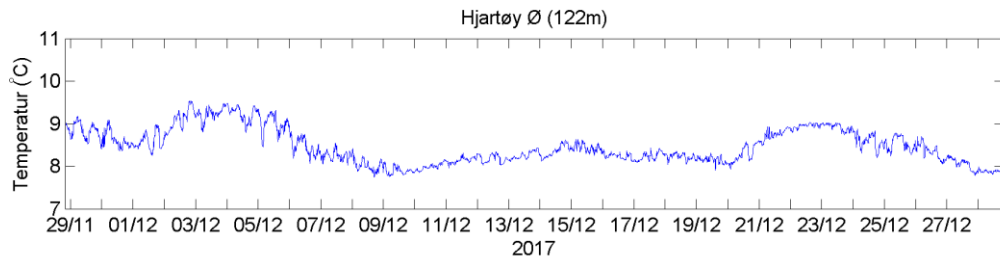
*Strømhastighet (tidsserieplott)*



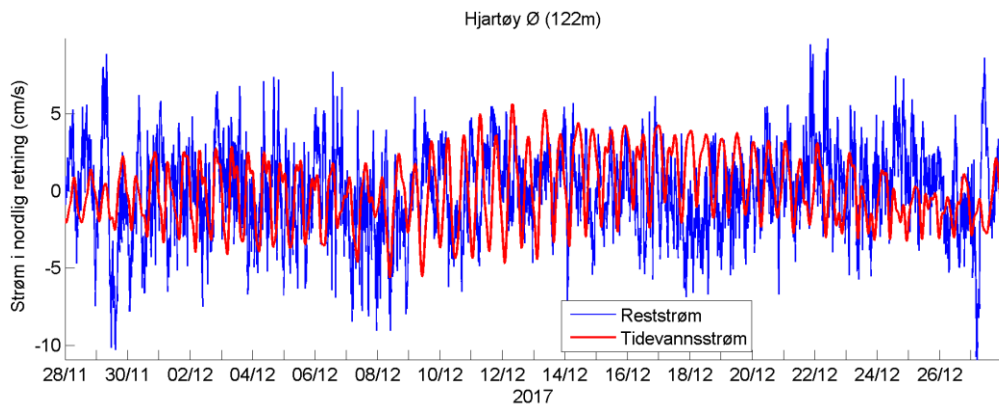
*Retningshistogram*



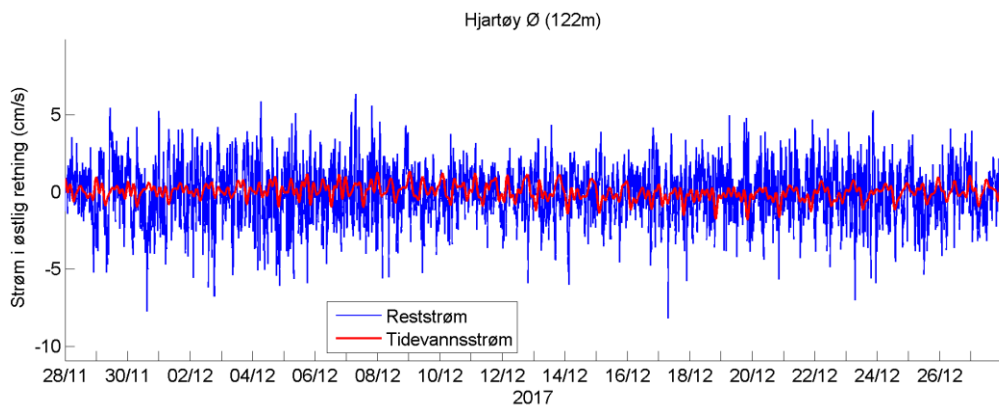
*Strømstyrkehistogram*



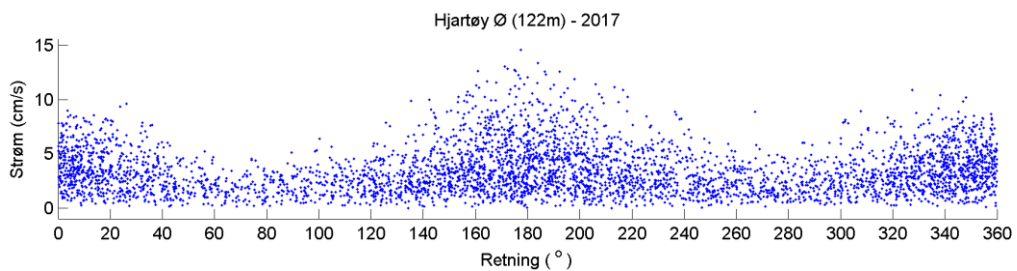
Temperatur



Estimert tidevannsstrøm i nord/sør-retning på 122 m dyp. Negative verdier indikerer strøm mot sør. Rød kurve viser tidevannsstrøm og blå kurve viser reststrøm.



Estimert tidevannsstrøm i øst/vest-retning på 122 m dyp. Negative verdier indikerer strøm mot vest. Rød kurve viser tidevannsstrøm og blå kurve viser reststrøm.



Scatterplott for registreringer hastighet vs. retning

Tabell som viser antall målinger, maks hastighet, total vanntransport og daglig vanntransport i de ulike sektorene.

Retning	Antall målinger (N)	Maks. strøm (cm/s)	Total vanntransport (m <sup>3</sup> /(s m <sup>2</sup> ))	Vanntransport per døgn (m <sup>3</sup> /(s m <sup>2</sup> ))
352.5 - 7.4	349	9	8349.8	278.4
7.5 - 22.4	244	8.6	5594.6	186.5
22.5 - 37.4	168	9.6	3183.3	106.1
37.5 - 52.4	102	6.1	1540.2	51.4
52.5 - 67.4	77	5.2	965.4	32.2
67.5 - 82.4	68	4.5	777.4	25.9
82.5 - 97.4	82	5.1	1019	34
97.5 - 112.4	86	6.4	1253.4	41.8
112.5 - 127.4	139	7.9	2099.5	70
127.5 - 142.4	160	10	2624.2	87.5
142.5 - 157.4	227	10.7	5248.6	175
157.5 - 172.4	308	13	8225.8	274.3
172.5 - 187.4	344	14.6	9360	312.1
187.5 - 202.4	286	12.6	7474.3	249.2
202.5 - 217.4	222	11.4	4788.6	159.7
217.5 - 232.4	169	10.2	3314	110.5
232.5 - 247.4	130	8.9	2287.3	76.3
247.5 - 262.4	123	6.4	1810.9	60.4
262.5 - 277.4	101	8.9	1342.2	44.8
277.5 - 292.4	106	6	1500.6	50
292.5 - 307.4	118	8.1	1953	65.1
307.5 - 322.4	159	8.9	2934	97.8
322.5 - 337.4	226	10.9	4714.2	157.2
337.5 - 352.4	323	10.4	7835.6	261.2



## 6.2 Riggskjema

