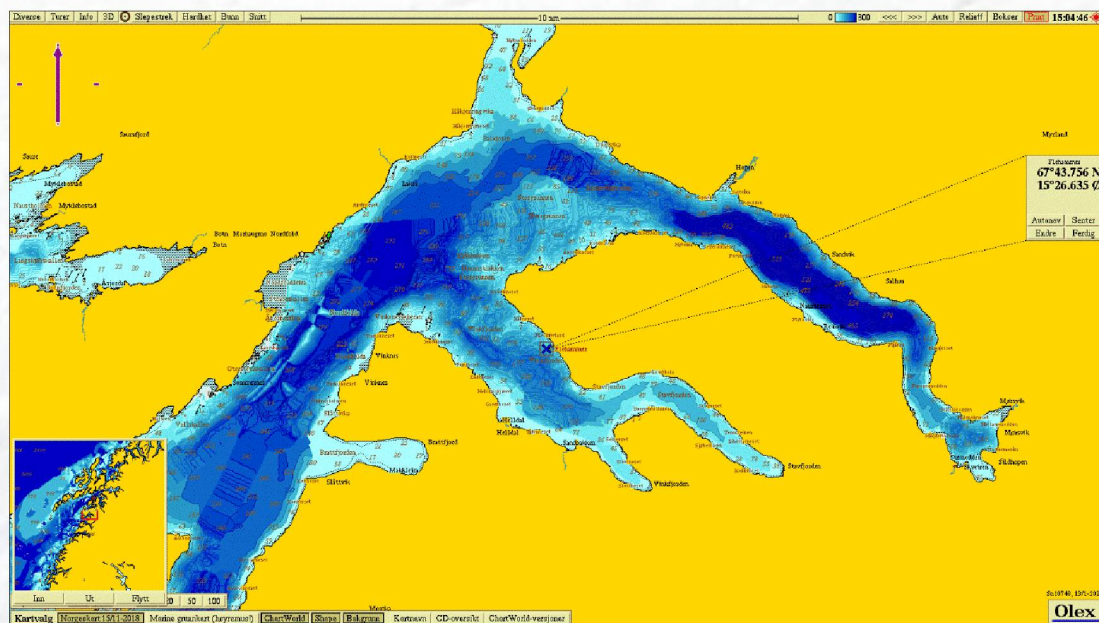


Cermaq Norway AS

Strømmålinger Flehammer

Bunnstrøm 48 m



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:	Cermaq Norway AS. Strømmålinger Flehammer. Bunnstrøm 48 m		
Rapportnummer (s):	61709.01 (10 + vedlegg)	Lokalitetsnavn:	Flehammer
Lokalitetsnummer:	30176	Kartkoordinater:	67°43.752 N 15°26.659 Ø
Fylke:	Nordland	Kommune:	Steigen
Kontaktperson:	Driftsleder/kontakt: Ingunn S. Johnsen		
Oppdragsgiver:	Cermaq Norway AS		

Resultat fra strømmålinger (hovedresultater)

Dybde (m)	Maks hastighet (cm/s)	Gjennomsnittshastighet (cm/s)	Hovedretning vanntransport (grader)	Temperaturgjennomsnitt (grader)
48	16,0	3,6	285 - 300	7,5
Data for produksjon av rapport				
Målere ut/inn:	27.11.19	07.01.2020	Dato rapport:	15.01.2020
Ansvarlig feltarbeid:	Vera Remen	Signatur:	<i>Vera Remen</i>	
Rapport skrevet av:	Stine Hermansen	Signatur:	<i>Stine Hermansen</i>	
Kvalitetskontroll	Thomas Heggem	Signatur:	<i>Thomas Heggem</i>	

© 2020 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 48 m dyp (bunnstrøm)	11
6.2 Riggskjema	16

1 Innledning

Akvaplan-niva AS har på oppdrag fra Cermaq Norway AS foretatt strømmålinger på lokalitet Flehammer, Steigen kommune i Nordland. Strømmålingene er utført for å tilfredsstille de krav som stilles i Fiskeridirektoratets søknadsskjema *Akvakultur i Flytende anlegg (20.01.2012)*, samt de krav som stilles i *NS 9415:2009 – Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift*. Det var et anlegg på lokaliteten, men det var ikke produksjon på anlegget. Siden målingen er foretatt på 48 meter (under merddyp på 29 meter) så vurderes det til at installasjonene ikke har hatt noen påvirkning på strømrøtning og strømsstyrke.

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

Skjema for strømmålinger som skal brukes i akkreditert arbeid:

Henvisning	Forutsetninger	Status
NS 9415:2009 5.2.1	Posisjon for utsett er representativt for hele lokalitet	Ok
NS 9415:2009 5.2.1	Posisjon for antatt høyes strømhastighet på lokalitet	Ok
NS 9415:2009 5.2.1	Logging av strøm min hvert 10. minutt	Ok
NS 9415:2009 5.2.1	Tid, fart og retning er registret i hele perioden	Ok
NS 9415:2009 5.2.3	Måleperioden er på minimum 28 dager (en månefase)	Ok
NYTEK	Eksterne forhold som har påvirket målingene	Nei*
APN Prosedyrer	Prosedyre for strømmålere og strømmålinger er fulgt	Ok

**Strømriggeren hadde festet seg til et anker i løpet av måleperioden som har ført til bevegelse og tilt på måleren. Dette er diskutert videre i kapittel 3.6.*

2 Metode

2.1 Utsett og opptak av målere

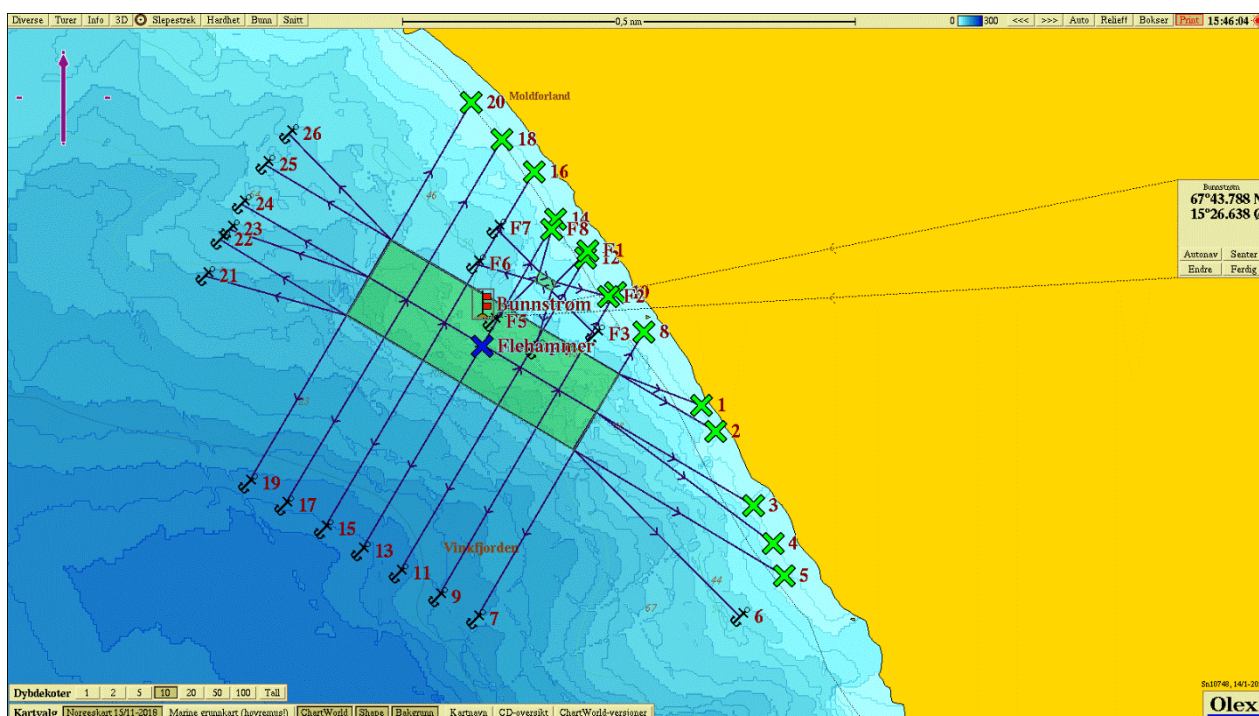
Målerne er satt ut og tatt opp av personell fra Akvaplan-niva AS.

2.2 Plassering og dyp.

Strømmåleren var festet i en rigg som var plassert inne i anlegget. Det er relativt grunt under anlegget med lett kupert terreng og ved posisjon for strømmålerrikk var det rundt 50 meter dypt. Begrunnet i dyp for posisjon og planlagt dybde på nøter på 29 meter (pers. med, Ramsvatn) ble bunnstrømmen målt på 48 meter. 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.

Måledyp	48 meter
Posisjon	N67°43,788 Ø15°26,638
Dyp posisjon	53 meter
Dato måleserie	27.11.2019-29.12.2019
Reell målerperiode	31 døgn
Dato start - stopp	27.11.2019-07.01.2020
Registreringsavbrudd	Nei
Målerintervall	10 min
Navigasjonssystem	gps
Bestemmelse av dyp	Olex



Figur 1. Plassering av strømmålerigg i forhold til lokaliteten Flehammer.

2.3 Beskrivelse av rigg

Måleren ble satt ut på en rigg på 48 meters dyp (vedlegg 6.2).

2.4 Strømmålinger

Strømmåleren er plassert nært midten av anlegget og vurderes som representativ for 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 27.11.19-03.01.20.

Resultatene fra den harmoniske analysen ble brukt til å reprodusere tidevannsbidraget i måleserien ved hjelp av en tidevannsmoell (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 48 meters dyp (bunnstrøm) viser at hovedstrømsretning og massetransport av vann er definert mot vest-nordvest (285 - 300 grader), med en returstrøm mot sørøst (150 grader). Gjennomsnittlig strømhastighet er 3,6 cm/s. 1,2 % av målingene er > 10 cm/s, 51,6 % av målingene er mellom 10 og 3 cm/s, 37,0 % av målingene er mellom 3 og 1 cm/s og 10,3 % av målingene er < 1 cm/s.

Maksimal strømhastighet i den målte perioden på 48 m var 16,0 cm/s.

3.2 Tidevannsstrøm

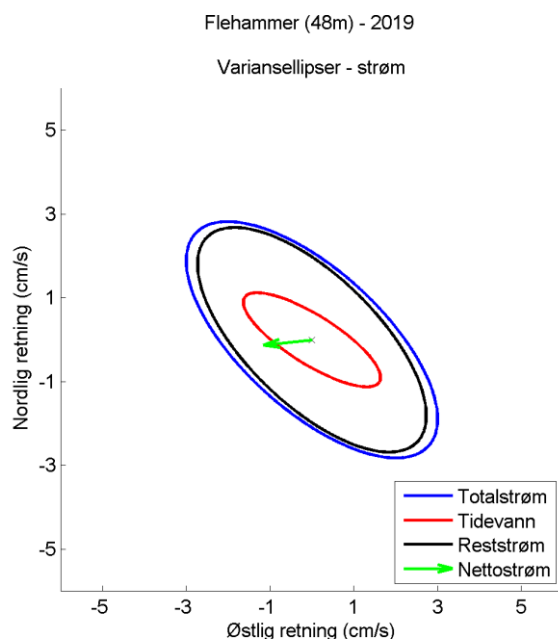
I hovedsak er det meste av strøm i nordnorske fjorder styrt av tidevannsstrømmen. Men det varierer sterkt hvor store de sykliske endringene er innenfor gitt tidsperiode (en tidevannsperiode eller en månefase). Strømmålingene som er utført på lokaliteten viser at tidevannskomponenten er liten i forhold til reststrømmen. Tabell 2 viser resultater fra variansanalysen for 48 meter 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. Det estimerte tidevannet for strøm på 48 meter kan forklare 18,5 % i Ø-V-retning, og 10,4 % 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 48 m
Øst-Vest	18,5 %
Nord-Sør	10,4 %

Resultatet i Tabell 2 gjenspeiles i Figur 2, hvor man ser at ellipsen til tidevannet er forholdsvis liten sammenlignet med variansellipsen til totalstrømmen. Dette viser at tidevannet bidrar til det totale strømbildet, men er ikke en dominerende faktor.



Figur 2. Variansellipse for totalstrøm, tidevannsstrøm og reststrøm på 48 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 27.11.19-03.01.20. 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 at strøm på 15 meter og dypere skal påvirkes nevneverdig er det nødvendig med sterk vind fra samme retning over lengre perioder. Dette ser man sjeldent inne i fjorder og kystnære strøk hvor anlegg er lokalisert. Siden målingen er foretatt på 48 meters dyp har vindpåvirkning blitt utelatt i denne rapporten.

3.4 Utbrudd av kyststrøm

Kyststrømmen går i de dypere deler av vannsøylen og vises sjeldent på dyp opp mot 15 meter. Innblanding av kyststrøm kan sees som en plutselig endring i temperatur, retning og/eller hastighet. Målingen på 48 meter viser en relativt jevn temperatur kurve, med noen større variasjoner i begynnelsen av perioden. Endringene i den første uken i desember sammenfaller med endring i trykket på målingen. Det var mye vind i perioden slik at det har vært bevegelse i riggen. Grunnet i at det var mye vind i perioden skyldes trolig temperaturendringen at andre vannmasser har blitt blandet inn på måledypet i tillegg til at det har vært bevegelse i riggen. I denne perioden har det blitt rensert bort data grunnet usikkerhetene. Det er ingen indikasjoner på at endringene skyldes et utbrudd av kyststrømmen.

3.5 Vårflom og snø- og issmelting

Strømmålingene er gjennomført i november-januar, en periode hvor det ikke forekommer snø- og issmeltinger. Det er ingen store ferskvannskilder som kan ha påvirket målingene.

3.6 Datakvalitet

Riggen hadde festet seg i et ankertau underveis i måleperioden. Dette har ført til bevegelse i riggen og perioder med tilt. Målingen på 48 meter hadde 828 målinger hvor instrumentet hadde for høyt singelping standardavvik. For hvert målepunkt blir det målt strøm i 2,5 minutter som representativ for en 10 minutters måling. Et høyt singelping standardavvik betyr at det er et høyt sprik i strømhastighet og -retning innenfor midlingsperioden. Dette kan skyldes hurtige endringer i strømforholdene, men kan også være feilaktige registreringer som følge av partikler i vannmassenen. På grunn av usikkerheten tilknyttet disse målingene har de blitt renset bort. Det var også 255 målinger med høy tilt. Etter rensekriterier fra produsent har disse verdiene blitt renset bort.

Rensing av data kan ha fjernet maksimumsverdien på strømmen på 48 meter, men har i liten grad påvirket gjennomsnittsstrømmen.

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 renset 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 en Seaguard punktmåler fra Aanderaa. Instrumentbeskrivelse finnes i Tabell 3.

Tabell 3. Instrumentbeskrivelse.

Måledyp	48 m
Produsent	Aanderaa
Modell	Seaguard 4420
Målerprinsipp	Punktdoppler
Serienr	1984
Nøyaktighet	$\pm 1 \%$
Oppløsning	0,5 mm/s
Responsområde	0 – 3 m/s
Varighet midlingsperiode	2,5 min
Antall rådatamålinger pr. aggregert dataverdi	4
Modifikasjon	Ingen
Kalibrering	APN-logg
Instrumentlogg	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 9415: 2009. Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift.

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

Personlige meddelelser Silje Ramsvatn, Cermaq Norway AS

6 Vedlegg

6.1 Strømmålinger

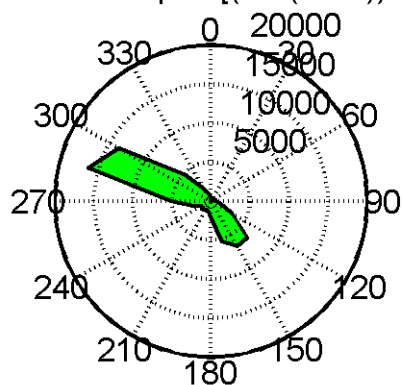
6.1.1 48 m dyp (bunnstrøm)

Oppsummering resultater Flehammer 48 meter

	Strøm (cm/s)	Temperatur (°C)
Max	16	8.8
Min	0	6.6
Gj.snitt	3.6	7.5
% 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	1.2	
% av målinger < 10 > 3 cm/s	51.6	
% av målinger < 3 > 1 cm/s	37	
% av målinger < 1 cm/s	10.3	
95-prosentil (95 % av målingene er lavere enn denne verdien)	8.1	
Residual strøm	1.3	
Residual retning	264	
Varians	5.5	0.3
Standardavvik	2.3	0.5
Stabilitet (Neumanns parameter)	0.36	

Flehammer (48m) - 2019

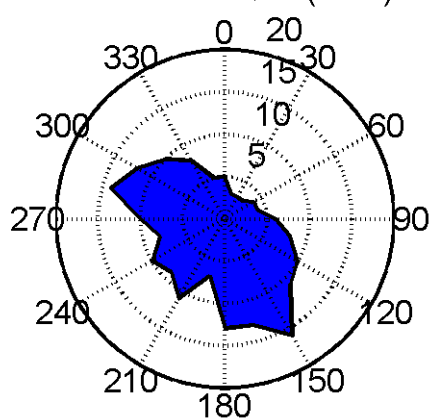
Total vanntransport $[(m^3/(m^2*s))*døgn]$



Total vanntransport

Flehammer (48m) - 2019

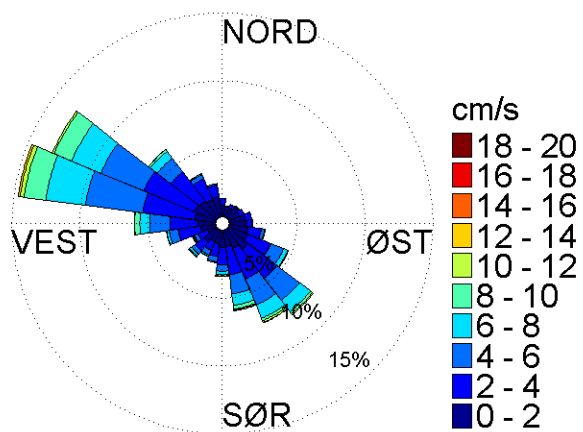
Maksimumsstrøm (cm/s)



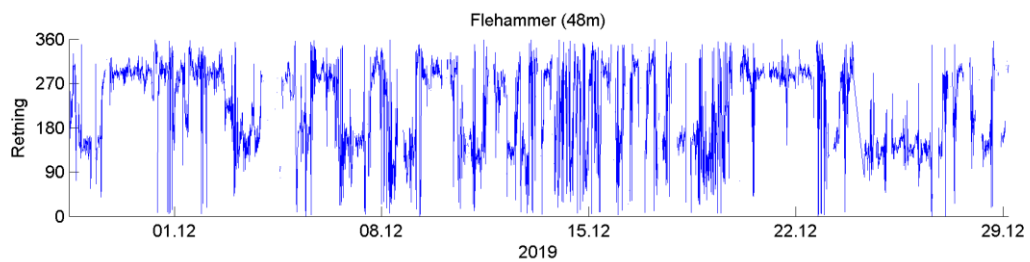
Maksimal hastighet

Flehammer (48m) - 2019

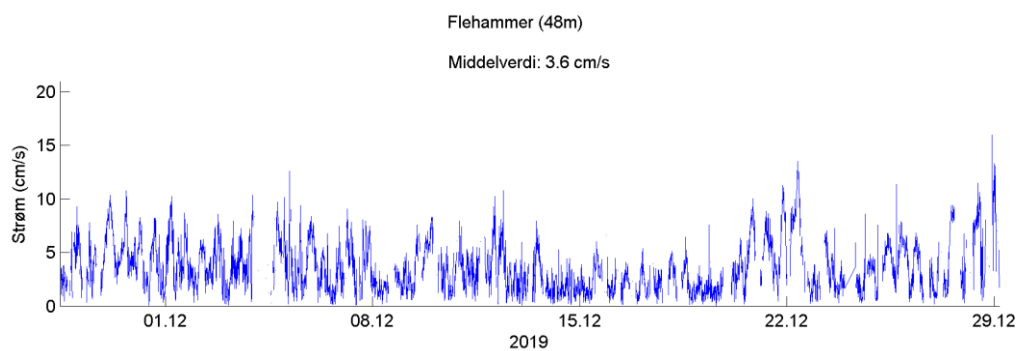
Strømrose



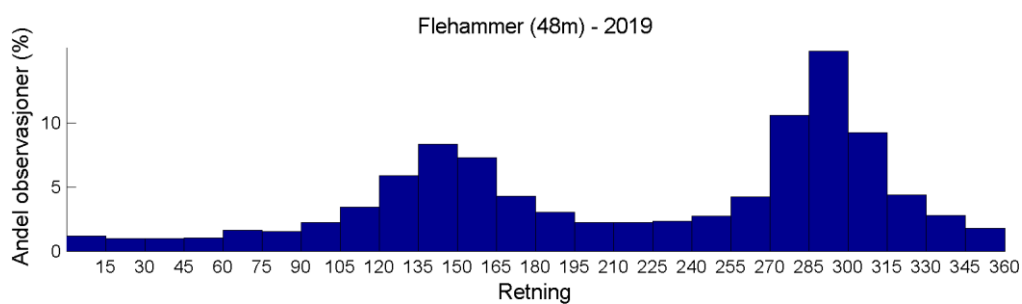
Strømstyrke og retningsfordeling. Totallengden på sektorene indikerer andel målinger (%) i respektive retninger i løpet av måleperioden. Lengden på hvert fargesegment i hver sektor bestemmer videre den relative andelen av målinger med korresponderende strømstyrke innenfor hver enkelt sektor.



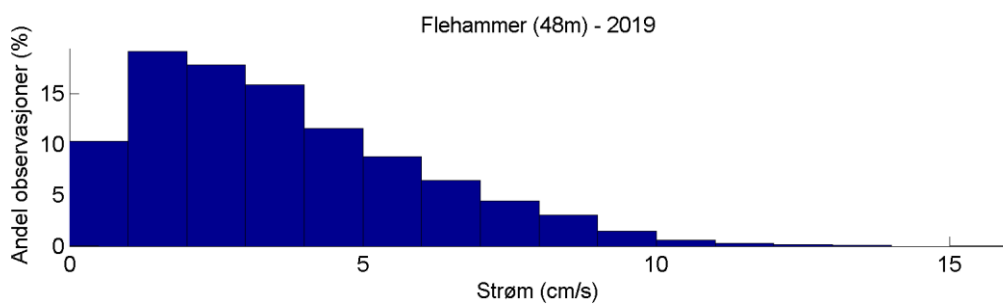
Retning vs. tid



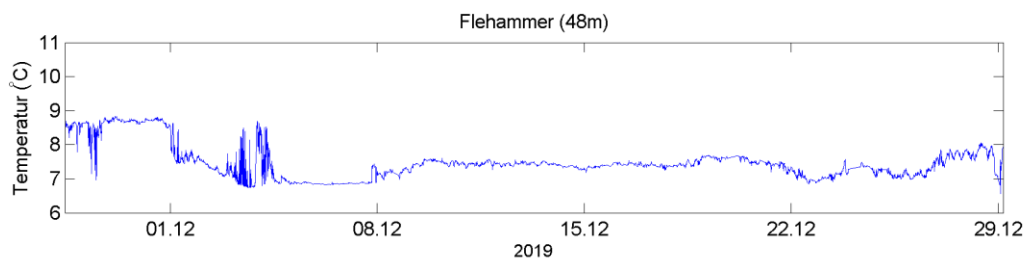
Strømhastighet (tidsserieplott)



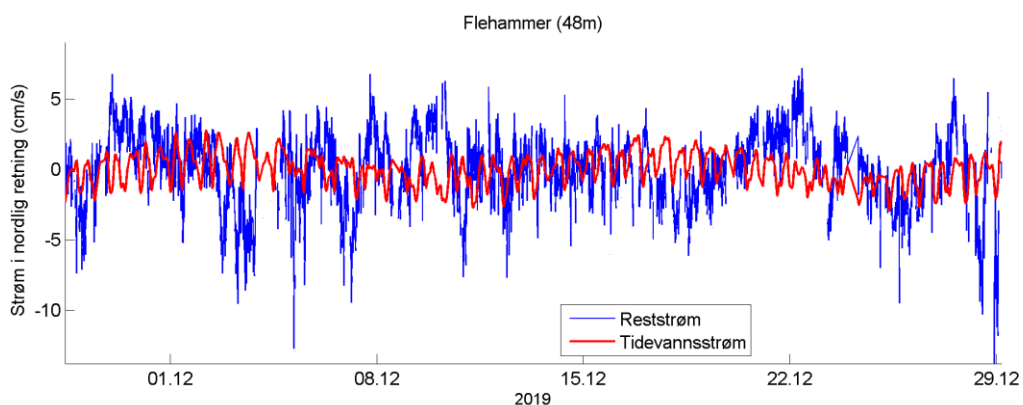
Retningshistogram



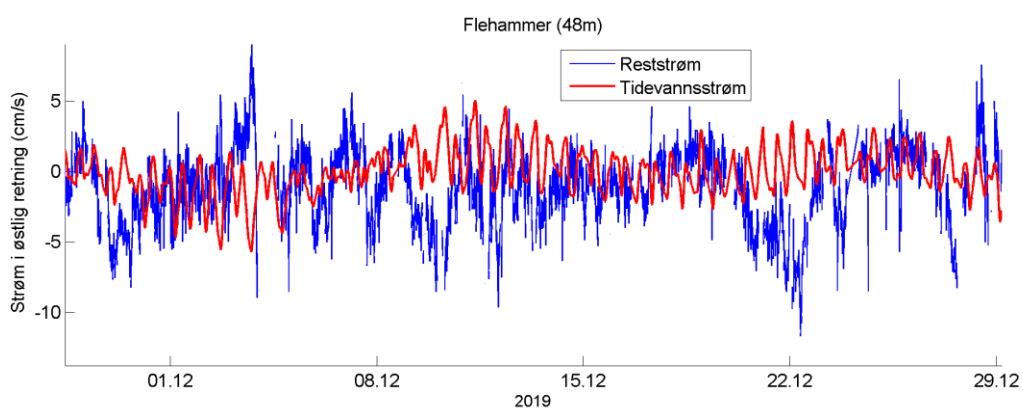
Strømstyrkehistogram



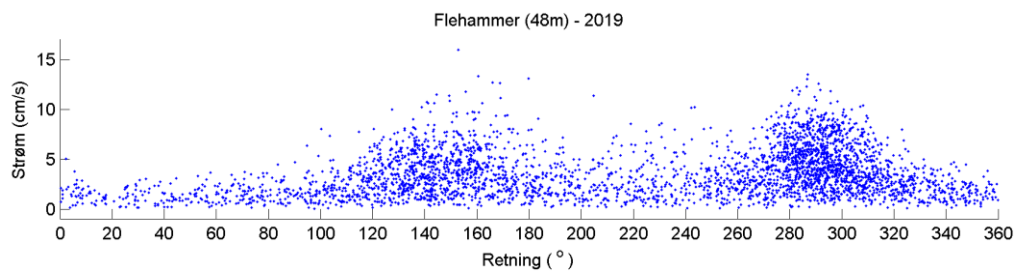
Temperatur



Estimert tidevannsstrøm i nord/sør-retning på 48 m dyp. Negative verdier indikerer strøm mot sør. Rød kurve viser tidevannsstrøm og blå kurve viser reststrøm.



Estimert tidevannsstrøm i øst/vest-retning på 48 m dyp. Negative verdier indikerer strøm mot vest. Rød kurve viser tidevannsstrøm og blå kurve viser reststrøm.



Spredningsplott 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 ³ /(s m ²))	Vanntransport per døgn (m ³ /(s m ²))
352.5 - 7.4	49	5	502.1	15.8
7.5 - 22.4	30	2.8	225.5	7.1
22.5 - 37.4	36	3	298.8	9.4
37.5 - 52.4	41	3.1	292.4	9.2
52.5 - 67.4	45	3.7	432.3	13.6
67.5 - 82.4	61	3.7	584.2	18.4
82.5 - 97.4	64	6.4	704.4	22.2
97.5 - 112.4	98	8.1	1285.1	40.5
112.5 - 127.4	171	10	3182.2	100.3
127.5 - 142.4	293	10.8	6682.7	210.6
142.5 - 157.4	269	16	6707	211.3
157.5 - 172.4	220	13.3	5422.8	170.9
172.5 - 187.4	124	13.1	2294.2	72.3
187.5 - 202.4	90	7.2	1408.4	44.4
202.5 - 217.4	78	11.4	1286.7	40.5
217.5 - 232.4	97	8.6	1615.1	50.9
232.5 - 247.4	70	10.2	1278.7	40.3
247.5 - 262.4	134	8.1	2407.6	75.9
262.5 - 277.4	218	10.4	5136.2	161.8
277.5 - 292.4	535	13.5	16387.6	516.4
292.5 - 307.4	478	11.8	13595.4	428.4
307.5 - 322.4	234	10.4	4904.7	154.5
322.5 - 337.4	127	8	1881.1	59.3
337.5 - 352.4	90	4.7	992.7	31.3

6.2 Riggskjema

